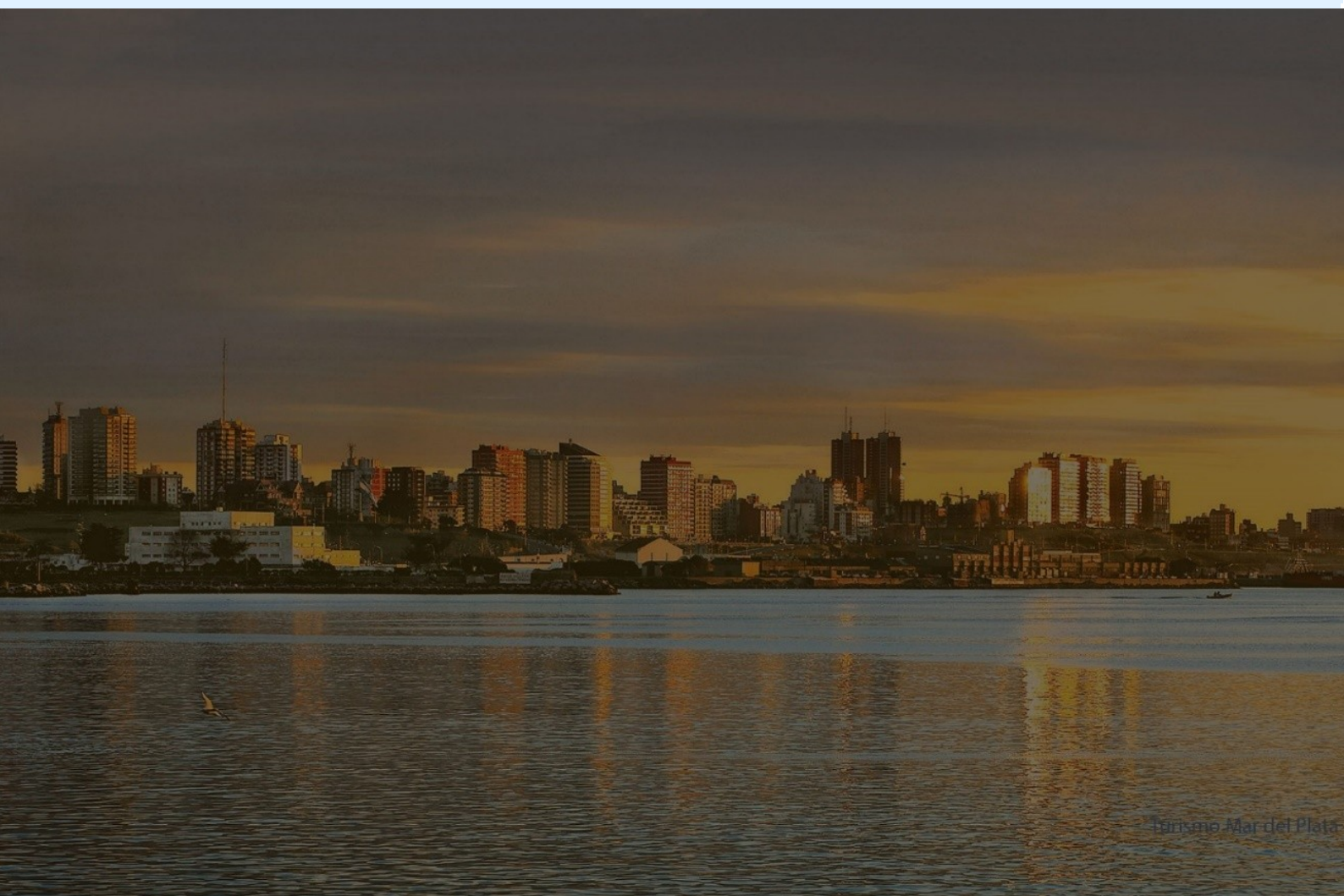


CoNaIISI 2018

Libro de Trabajos Seleccionados del VI Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información

Mar del Plata, noviembre 29 y 30 de 2018



Turismo Mar del Plata



UAA
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
CAECE



UNIVERSIDAD
FASTA

FACULTAD DE
INGENIERÍA



FACULTAD DE
INGENIERIA

CoNaIISI 2018

Libro de Trabajos Seleccionados del VI
Congreso Nacional de Ingeniería
Informática / Sistemas de Información

COMPILADORES

Roberto Sotomayor
Lucía Rosario Malbernat
Miguel Méndez Garabetti
Felipe Evans.

2018



Indice

Ejes tematicos	4
Aplicaciones informaticas y de sistemas de informacion.....	4
Aspectos legales y profesionales	5
Bases de datos.....	5
Educacion en ingenieria.....	6
Ingenieria de sistemas, ingenieria de software y gestion de proyectos	6
Redes - sistemas operativos - fundamentos informaticos - seguridad informatica	7
Trabajos estudiantiles	8
Organizacion.....	9
Autoridades.....	9
Comision permanente riisic	9
Comision organizadora.....	9
Comite logistico.....	10
Comite academico	11
Aplicaciones informaticas y de sistemas de informacion.....	11
Chairs.....	11
Evaluadores	11
Aspectos legales y profesionales	13
Chairs.....	13
Evaluadores	13
Bases de datos.....	14
Chairs.....	14
Evaluadores	14
Educacion en ingenieria.....	15
Chairs.....	15
Evaluadores	15
Ingenieria de sistemas, ingenieria de software y gestion de proyectos	17
Chairs.....	17
Evaluadores	17
Redes - sistemas operativos - fundamentos informaticos - seguridad informatica	20
Chairs.....	20
Evaluadores	20
Trabajos estudiantiles	22
Chairs.....	22
Evaluadores	22
Auspiciantes.....	26
Declaraciones de interes	26
Actividades	26
Acto de apertura.....	27
Conferencia plenaria: nuevos escenarios, nuevos desafios en la formacion de los ingenieros.	28
Talleres y charlas	30
Taller: la estructura de los articulos cientificos	30
Charla: el rol del ingeniero	30
Taller: software de simulacion victoria	31
Taller: test driven development	32

Charla: bicoín & blockchain.....	32
Panel: mujeres en ingeniería.....	33
Entrega de premios	36
Trabajos presentados	40
Aplicaciones informáticas y de sistemas de información.....	43
Simulación de un proceso computacional distribuido para la evaluación de costos computacionales	48
Desafíos para datos educativos abiertos en argentina	52
Verificación de actas y certificados usando una red blockchain	61
Utilización de una interfaz cerebro- computadora en domótica.....	72
Sintonización estática de es-sim-de(lr) para acelerar y mejorar la predicción de incendios forestales.....	77
Planificación de centros turísticos en ciudad del este bajo un enfoque multiobjetivo	91
Predicción de disponibilidad de estacionamiento en la vía pública	100
Sistema de información turística basado en un modelo integral	113
Modelo de decisión multicriterio apoyado en herramientas sig para definir prioridades en la gestión sustentable del recurso hídrico subterráneo en el partido de gral. pueyrredon, provincia de buenos aires,.....	124
Beneficios del uso de big data en la justicia. análisis de su aplicación sobre el software investiga	131
Modelo de ensamble de clasificadores homogéneos basado en la integración de técnica de reducción de instancias y atributos de manera simultánea.....	139
Aplicación de criterios para la evaluación de un repositorio institucional en implementación. el caso del repositorio digital universitario (rdu) del cruc -iua	145
Metodología de generación automática de perímetros de Área quemada usando imágenes satelitales modis para su aplicación en un sistema de predicción de propuesta de incendios.....	156
Cálculo de áreas y perímetros con realidad aumentada.....	169
Diseño de una interfaz hombre - máquina para un sistema disco stirling	175
Diseño de un algoritmo para la detección eficaz de ciclos de activación en la aplicación de monitoreo de carga por métodos no invasivos (nilm).....	180
Provincias y capitales de argentina con realidad aumentada.....	194
Automatización de evaluación de madurez ósea a través de técnicas de aprendizaje profundo	200
Análisis de resultados de búsquedas en la web: un enfoque semántico	206
Diseño automático de un clasificador para filtrado de ruido en imágenes binarias utilizando análisis del discriminante lineal.....	216
Mapas autoorganizados para el descubrimiento de patrones fisiológicos de ventilación pulmonar	243
Sistema integral para el cuidado de ancianos en el hogar mediante la potencia de recepción de señales wifi (rssi)	248
Proceso de selección de arquitectura a fin de implementar un modelo predictivo inteligente.....	253
Análisis y diseño de un simulador basado en autómatas celulares para el análisis de tráfico vehicular.....	265
Aplicación del algoritmo vortex para optimizar la selección de componentes en filtros bicuadráticos.....	277
Modeling and simulation of generative process of biological complex adapting systems using model driven engineering	285
Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de datos de grafos dirigidos.....	295
Comparación de algoritmos de clasificación para predecir la condición de una persona como fumador/no fumador, a partir de una encuesta	302
Análisis y desarrollo de un proceso de implementación de un sistema de gestión en cooperativas de salud a partir de tecnología gnu health	309
Interaction with intelligent conversation agents: a case study	317
Modelo de redes neuronales convolucionales profundas para la clasificación de lesiones en ecografías mamarias.....	323
Análisis de temporalidad de imágenes con técnicas de detección, tracking y proyección de posición de un objeto.	329

Aplicación de tecnología energías renovables en la argentina.....	337
Robótica aplicada a la enseñanza de la pediatría.....	343
Propuesta de análisis de sentimientos de sitios web comunicacionales de educación superior. un estudio del contexto regional.....	350
An approach to automatic information extraction in social aid texts.....	356
Juegos serios como herramienta de interacción y participación en el aprendizaje: propuesta "proyecto 1810".....	363
Predicción de la frecuencia fundamental de la voz con redes neuronales convolucionales.....	374
Coprocesador fpga para la aceleración del diagnóstico precoz en cáncer de mama.....	380
Método para la construcción de un corpus periodístico mediante expresiones regulares.....	389
Aspectos legales y profesionales.....	398
Caracterización de los.....	399
Protocolo de actuación para recolección y preservación de la evidencia digital móvil en el sistema procesal penal de santiago del estero.....	407
Que el bosque no tape los árboles: el uso de software en la investigación criminal.....	413
Análisis de herramientas para protección de datos personales.....	419
Bases de datos.....	425
Estableciendo las bases para el análisis de datos en la lotería chaqueña.....	426
Modelo de detección de niebla en ruta mediante aplicación de modelos estadísticos y de minería de datos con herramienta de software libre.....	435
Clasificación de modelos para recuperación de información.....	446
Determinación de perfiles de clientes de un centro unificado de frontera utilizando la combinación de técnicas de minería de datos.....	459
Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático al análisis del churn en planes de ahorro.....	471
Aplicación de algoritmos de minería de secuencias a una vista minable de exámenes aprobados.....	482
Minería de datos para la detección de factores de influencia en el test apgar.....	488
Desarrollo de aplicación para la recolección de tweets para proyecto de agenda setting.....	497
Educación en ingeniería.....	508
Rendimiento de los redictados de elementos de programación.....	511
Uso de instagram como herramienta didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje.....	516
Fortalecimiento de competencias genéricas con uso de tic.....	524
Apoyando el ejercicio de metacognición en el Ámbito universitario.....	532
Aprendizaje por proyectos: un modelo intercátedras.....	546
Aplicación del método de coaching y su evaluación, en el seguimiento de los proyectos de la cátedra proyecto fin de carrera.....	556
Aportes para la innovación curricular.....	563
El smartphone en el aula de matemática discreta como herramienta de aprendizaje.....	575
Técnicas de gamificación aplicadas a una experiencia práctica como factor de fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje de programación.....	582
Aprendizaje centrado en el estudiante aplicado en la asignatura investigación operativa javier raúl alejandro cantó.....	588
De los tradicionales juegos manuales a problemas de ingeniería para un primer año universitario.....	594
Vinculación 3.0: una solución integrada para disminuir las brechas educativas regionales.....	603
E-portfolio: análisis para su aplicación en la cátedra de ingeniería de software.....	617
Evaluación por competencias en ingeniería. desarrollando un estudio de caso.....	628
Generación de preguntas para exámenes mediante la aplicación de redes neuronales de aprendizaje profundo.....	634
Una herramienta educativa y lúdica para motivar y propiciar el desarrollo de las competencias en los estudiantes universitarios.....	646
Uso de tecnologías semánticas en e-portfolios en contextos universitarios: un análisis del estado del arte.....	652

Propuesta de acciones para la implementación del modelo aprendizaje centrado en el estudiante en la universidad tecnológica nacional - facultad regional tucumán	666
El t-learning y las aplicaciones verdes	671
Estrategia de enseñanza de la programación: mef como modelo de sistemas embebidos y su implementación utilizando técnica de búsqueda en tablas.....	678
Proyecto final: innovación en el proceso de enseñanza aprendizaje aplicando project management institute	685
Estilos de aprendizaje en estudiantes de ingeniería informática	693
Estrategia pedagógica interdisciplinaria para abordar problemas contextualizados	700
Programa de tutorías de inicio de carrera: experiencia del departamento de ingeniería en sistemas de información.....	706
Experiencias de actividades formativas para el desarrollo de competencias de orden superior	713
Estudio de herramientas y metodologías disponibles para la implementación de chatbots como tutores virtuales.....	722
Enseñanza de programación con el método aula invertida, una experiencia motivadora	736
Ingeniería de sistemas, ingeniería de software y gestión de proyectos	745
Diseñando una revisión sistemática de literatura sobre ontologías de testing de software	748
Estimación del esfuerzo del proceso de implantación de software basada en el método de puntos de caso de uso	761
Un método de evaluación para modelo de gestión de calidad en empresas de	769
Medición, monitoreo y evaluación de la calidad de los productos de software y los servicios de tecnología basado en iso 25000.....	783
Implementación de un sistema de autenticación centralizado de alta disponibilidad utilizando tecnologías de código abierto	797
Una propuesta de red social para dispositivo tablet: mejorando la experiencia de los adultos mayores	807
Adecuación de una propuesta metodológica de enfoque "híbrido" para la gestión de proyectos de ciencia de datos.....	821
Validación de la consistencia lógica de reglas de negocio expresadas en lenguaje natural en el desarrollo de sistemas de software	833
Modelo de calidad mixto para software responsable de la gestión de la movilidad urbana en smart cities.....	840
Un método para medir la calidad de sistemas de gestión del tráfico para flotas dinámicas en una ciudad inteligente	854
Revisión bibliográfica de la literatura de ingeniería de requerimientos para cloud computing	869
Optimización organizacional basada en la aplicación del ciclo de vida bpm completo para la mejora continua de los procesos de negocio	881
La gestión de conocimiento aplicado a la fase de pruebas de la ingeniería de software - revisión sistemática.....	895
La serie square como un aporte a los procesos licitatorios de software en el estado argentino	903
Consumo responsable del agua.....	917
Una herramienta para la evaluación de sistemas de software: aplicación a la evaluación de escáneres de seguridad en aplicaciones web	924
Un caso de estudio de patrones de gobierno electrónico para gestión de consultas de ciudadanos	939
Arçgen: hacia un algoritmo genético de layout automático para visualización de modelos conceptuales	945
Modelo de análisis semántico de contenido web.....	956
Facilitando el análisis formal de código java especificado con uml+ocl	966
Design sprint como marco de trabajo para la gestión de proyectos ágiles en equipos interdisciplinarios	980
Evaluación de calidad en procesos Ágiles desde la perspectiva del trabajo en equipo.....	989
Detección de clusters ocultos en grafos de modelos de ingeniería de requisitos	998
Mobile-ra: método Ágil para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma	1009
Propuesta de validación de modelos conceptuales e interfaces a través de modelos abstractos	1023
Experiencia de integración de react native en una aplicación multiplataforma existente con soporte para android, ios, windows y macos.....	1032

Una propuesta de análisis de problemas utilizando lel y escenarios en entrenamientos de equipos que gestionan situaciones de crisis.	1041
Posicionamiento web: propuesta de un método de medición.....	1049
Una aplicación del modelado de dominio para generar la figura rica	1056
F-iot core, una herramienta para el desarrollo de soluciones iot escalables y flexibles	1062
Medición del nivel wcag 2.0 de los sitios web de la universidad nacional de catamarca	1076
Propuesta metodológica para la simulación de sistemas mediante eventos discretos	1087
Implicit expectations on multiscreen software products	1097
Expressing early behavior specifications with branching visual scenarios	1107
Gestão da qualidade em ecossistemas de software: um mapeamento sistemático da literatura	1114
Un análisis inicial de apis rest de aplicaciones basadas en microservicios	1123
Calidad de datos como valor estratégico de la información	1135
Un enfoque semi-automático para generar diagramas de casos de uso aplicando técnicas de minería de textos	1141
Los métodos Ágiles como propuesta para el desarrollo de modelos de investigación operativa.....	1151
Proceso de vigilancia tecnológica en la gestión de i+d+i.....	1163
Redes - sistemas operativos - fundamentos informáticos - seguridad informática	1177
Autómatas celulares para la conversión criptográfica	1179
Sistema de acceso y autenticación en redes definidas por software	1185
Un servidor de sistema de archivos para un sistema de virtualización distribuido	1192
Modelo descentralizado de comunicación autónoma para dominios de internet de las cosas	1201
A samm-based model for assessing cybersecurity implementations.....	1209
Computing power, key length and cryptanalysis. an unending battle?	1218
Redes definidas por software en un entorno de cloud computing	1225
Sincronización dinámica de datos de discos virtuales replicados	1242
Red de sensores inalámbrica para la detección, alerta, monitoreo y provisión de datos a sistema de predicción de incendios forestales.....	1254
Análisis de nuevas tecnologías para brindar comunicaciones rurales a costos razonables	1261
El modelo de mobile cloud computing aplicado al desarrollo de un sistema de alertas	1269
Detección de errores sintácticos bajo el algoritmo de earley. informe final	1276
Tendencias en criptografía simétrica: cifrado autenticado y criptografía liviana.....	1286
Generador de código de estructuras jerárquicas de procesos emparentados en ejecución concurrente	1300
Atenos: un programa para mejorar la seguridad en wsdl	1307
Refinamiento de los procesos de recuperación de sufragios y generación de votos planos en otp-vote.....	1317
Método de reducción de incertidumbre aplicado a la predicción del comportamiento de incendios forestales bajo una implementación heterogénea mpi/cuda	1327
Virtualización de funciones de red de una telco en argentina 2018. compartí tu wi-fi, un caso de estudio.....	1336
Actividades de seguridad en la cadena de valor del software.	1344
Agro y telemetría: singularidades de impacto en la ruralidad del nea.....	1350
Computación en la nube: ventajas y desventajas de la aplicación y el uso de contenedores y microservicios, contextualizándolos en un caso de estudio	1359
Una propuesta para la selección de protocolo de comunicación seguro para internet de las cosas	1371
Trabajos estudiantiles cátedra.....	1378
Aprendizaje de los conceptos introductorios a la inteligencia artificial mediado por recursos digitales	1379
Herramientas de digitalización en la administración pública nacional	1386
Impacto de las vulnerabilidades meltdown y spectre en las grandes empresas.....	1393
Análisis de la digitalización de la educación.....	1401
Vehículos autónomos en la república argentina	1407
Sol ottaviani - lucrecia luciano - ezequiel lee - lucia gómez - leticia siani	1414

Seguridad informática empresarial: nociones para una red segura	1423
Estrategias para la conformación, preservación y acrecentamiento del patrimonio digital	1431
Nuevas tecnologías en el ámbito de la discapacidad: su aplicación en niños con trastornos del espectro autista.....	1439
La tecnología en las ciudades inteligentes.....	1447
Un recorrido por los biosensores y sus aplicaciones en latinoamérica.....	1455
Diseño y construcción de una impresora 3d auto-replicable controlada inalámbricamente: prototipado de piezas plásticas mediante software libre.....	1464
La influencia de los videojuegos en el desarrollo cognitivo	1472
El tratamiento de información sensible en hospitales y la estructura cloud.....	1481
Implementación de sistema de reconocimiento facial para combatir el.....	1486
Neutralidad de la red.....	1492
Desarrollo de las telecomunicaciones en argentina	1498
Seguridad amigable: seguridad utilizando emojis	1504
Seguridad en internet de las cosas	1510
Peligro en las redes sociales por "términos y condiciones de uso"	1518
Web scraping, la profundidad en la recolección de la información	1524
La economía sostenible ¿funcional o utópica?	1529
Accidentes producidos por vehículos autónomos	1535
Estudio de factibilidad de mecanismos de seguridad de las criptomonedas	1541
Bots y la manipulación de la información en twitter: impacto y contramedidas	1549
La basura electrónica: como afecta a la salud, su principal causa y su tratamiento en el mundo	1557
Herramientas para la inclusión social de la comunidad sorda.....	1567
Blockchain: la red del futuro	1575
Riesgos del almacenamiento de datos en una nube informática	1580
Análisis del impacto y funcionamiento de los bots en las campañas políticas.....	1588
Impacto del uso de la telefonía móvil en la población	1596
Privacidad del usuario en un entorno informático.....	1604
El quehacer ético en las tics y la informática	1609
La inteligencia artificial y su implementación en el ámbito empresarial para la optimización en la toma de decisiones.....	1617
Aplicación de técnicas de big data para el análisis del crecimiento poblacional según el nivel de instrucción en provincia de buenos aires.....	1631
Obsolescencia tecnológica.....	1639
Implementación de nanotecnología en fármacos.....	1645
Identificación de provincias argentinas mediante redes neuronales artificiales.....	1650
Aislamiento profesional del desarrollador de software: operando en solitario.	1655
Analizando la relación del bitcoin con el cibercrimen	1660
Streaming, medio contra la piratería informática	1664
Contaminación y reutilización de residuos electrónicos en la república argentina	1671
La criptografía y la seguridad informática	1677
Vehículos autónomos y su impacto en la sociedad	1684
Seguridad informática en las redes sociales	1690
Evolución y aplicación de los avances tecnológicos en el hogar	1695
GestiÓN de riesgos en la nube	1703
Sistema de planificación de uso de medios de transporte público por medio de una aplicación móvil.....	1710
Educhain	1716
Análisis de flujos de público	1722

Diseño e implementación de una aplicación integrada de juegos con sistema de registro y recompensas	1730
Registro, compra y venta de automotor a través de blockchain	1738
Desarrollo de un sistema para la elaboración y gestión de reclamos municipales	1744
El riesgo de invertir en bitcoins	1752
Deep learning, la tecnología del mañana.....	1757
B-way: sistema de localización de interiores para aeropuertos	1765
Simulación de riesgo de padecer enfermedad cardiovascular	1770
Cifrado de información mediante generación de claves se~nuelos temporales.....	1778
Contenedores inteligentes de residuos.....	1785
Algoritmos genéticos para el análisis de clusters	1788
Compactación y codificación mediante códigos huffman y hamming.....	1796
Virtuniversidad: orientando a los alumnos en la vida universitaria usando técnicas de realidad virtual	1804
Software libre vs. software propietario.....	1807
Software libre y propietario en la educación	1815
E-commerce en argentina	1823
Utilización de up + notación z como modelo de proceso de desarrollo aplicado a un sistema crítico	1829
Desarrollo de una aplicación móvil para localización de sitios de emergencia.	1837
Simulación de un ascensor en el edificio de la universidad tecnológica nacional facultad regional rosario	1844
Comparación de un algoritmo genético en python y lisp	1851
Aplicación móvil para denuncias por violencia de género.....	1855
Implementación de una estación meteorológica.....	1859
Comunicación y diagnóstico automotriz con escenarios físicos y simulados	1866
Beneficios de implementar vnf junto a cloud computing.....	1874
Trabajos estudiantiles - conaiisi 2018	1881
Prioridades en la blockchain.....	1887
Brazo robot controlado por emg.	1891
Predicción con redes neuronales artificiales: un caso de estudio en caimancito, jujuy, argentina.....	1896
Redes neuronales artificiales aplicadas al fútbol, análisis, evaluación y predicción utilizando la red neural back propagation.....	1906
Trabajos estudiantiles extra cátedra.....	1914
Tarjeta personal medicinal Única	1915
Diseño de un sistema de control de energía	1921
Feedback implícito del usuario: un modelo neuronal.....	1929
Propuesta de un framework basado en software libre para facilitar el proceso de ense~nanza-aprendizaje en asignaturas de ciencias exactas en carreras de grado	1936
Búsqueda de entidades en documentos con extensión .doc.....	1944
Programación de aplicaciones de robótica para educación	1952
El porqué de las rúbricas para la evaluación y la autoevaluación	1958
Cuatro tecnologías para promover la autonomía de personas con discapacidad.....	1965
Uso de ibm watson en el establecimiento de rankings de documentos para la toma de decisiones estratégicas	1975
Análisis comparativo de plataformas de cloud computing.....	1983
Ares galaxy: estudio de comportamiento y análisis forense.....	1988
Importación de datos en bases de datos nosql orientadas a grafos: arango, neo4j, orientdb y graphdb.....	1995
Documentación de escenarios de calidad empleando una wiki semántica.....	2003
Desarrollo de un material de trabajo para aprender a programar con un robot arduino y robomind	2011
Categorization of text-based forum posts using neural networks.....	2019
Prototipo de valoración para la calificación de clientes en el Área de soporte	2027
Mitigación de los efectos de la procrastinación en los estudiantes universitarios mediante la optimización de	

tiempos.....	2036
Uaibase: arquitectura diseñada para dar una solución ubicua colaborativa.....	2043
Reducción de errores en la lectura de una señal de onda cuadrada por software mediante gpio en gnu/linux	2051
Ares galaxy: estudio de comportamiento, análisis y traducción del código.....	2056
Sistemas gestores de base de datos de código abierto para servicios altamente disponibles	2061
Análisis de herramientas de crawling para extracción de tweets.	2069
Desarrollo de modelo híbrido para la interacción con gpc	2074
Difusión y transferencia educativa de herramientas tic para estudiantes con disminución visual saenz kotyk, juan manuel vargas, karina soledad	2082
Implementación web de herramienta de seguridad informática nmap	2086
Desarrollo de herramienta de modelado basado en dsl utilizando emf y gmf de eclipse aplicado al dominio de gestión sanitaria	2091
Sistema para el relevamiento de daños estructurales.....	2099
Experiencia de aplicación de patrones de usabilidad en el diseño de software.....	2106
Geounne: aplicativo móvil con geolocalización, de una institución universitaria	2110
Trabajos estudiantiles trabajo final.....	2116
Deletreador con diccionario basado en el potencial evocado p300.....	2117
Helpo: una plataforma online con fines sociales	2123
Estetoscopio digital inalámbrico con compartimiento de auscultaciones realizadas	2131
Herramienta para agilizar y centralizar el estudio y análisis de malware utilizando grafos.....	2138
Enseñanza virtual automatizada y personalizada de matemática	2144
Captura y procesamiento de eventos para obtención de funciones probabilísticas	2154
Loglyzer: detección automática de anomalías de comportamiento mediante el análisis de logs.....	2160
Sigra: un sistema de gestión de redes de fibra Óptica y aprovisionamiento de clientes	2168
Presentación de trabajos estudiantiles - conaiisi 2018.....	2173
Aplicación para la difusión de contenido de artistas independientes	2183
Modelado y diseño de dispositivo integrado para la alimentación e interacción remota y el cuidado de las mascotas.....	2189
Bosi, nicolás maximiliano - cerrutti, josé santiago - chincho, braian ismael - pucheta moyano, fernanda noel.....	2196
Construcción de un sistema de escaneo de dispositivos móviles para la obtención de estadísticas en tiempo real (kelawar).....	2202
Desarrollo de un traductor de lengua de señas argentina (.....	2208
Ataxia visión: sistema de asistencia en la rehabilitación del miembro superior para ataxia adquirida.....	2216
Sleep appnea: construcción de un sistema de detección de apnea obstructiva del sueño.....	2222
Smartcart.....	2229
Sistema de marcación de imágenes tac mediante el uso de redes neuronales convolucionales	2233
Osint-investiga: inteligencia de recursos abiertos, al alcance de un clic	2240
Desarrollo de analizador de relevancia de términos en internet	2246
Seguridad en dispositivos móviles android	2253
Aula inteligente.....	2261
Cluster raspberry pi	2269
Sistema de registro de senderistas y su ubicación mediante google nearby.....	2275
Aplicación móvil para autogestión universitaria	2280
Desarrollo de una aplicación móvil para la enseñanza básica de lsa.....	2286
Impresora braille basada en software y hardware libre	2293
Architecture virtual reality tool - avroo	2299
Synaptive rehabilitation	2305
S.i.o.s. sistema integral de ofertas de servicios.	2313

Sistema de gestión y seguimiento de alumnos en transportes escolares	2318
Construcción de un sistema de asistencia a personas con limitaciones motrices basado en tecnología bci y arduino	2322
Vantrack: un sistema de gestión de reservas para vehículos de corta y mediana distancia.....	2330
Identificación de grupos de usuarios en sistemas de distribución de energía eléctrica para la detección de pérdidas no técnicas mediante data science.....	2336
Accesibilidad web en sitios proveedores informáticos del estado argentino	2344
Brazo robótico programable basado en open source platform, construido a partir de materiales de computación y otros reciclados en desuso	2352
CareÜ: sistema de gestión y control de dietas	2359
Redciclemos.....	2365
Plataforma web/mobile para la gestión y administración de un laboratorio remoto para practicas del campo de ingeniería de la universidad de la marina mercante	2371
LingÜini app:.....	2379
Sistema de seguimiento de proyectos financiados por el ministerio de ciencia, tecnología e innovación productiva de la provincia de santa fe (minctip)	2384
Pooka: sistema de rescate, recuperación y adopción de mascotas.....	2392
Desarrollo de sistema experto para asesoramiento de emprendimientos de industrias creativas.....	2399

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

CoNaIISI 2018, Libro de Trabajos Seleccionados del VI Congreso Nacional de Ingeniería Informática -Sistemas de información / Compilado por Roberto Sotomayor, Lucía Rosario Malbernat, Miguel Méndez Garabetti, Felipe Evans - 1a ed . - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : edUTecNe, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4998-15-6

1. Sistemas de Información. 2. Ingeniería Informática. 3. Información. I. Sotomayor, Roberto, comp. II. Título.

CDD 004.0711

ISBN 978-987-4998-15-6



Cómo referenciar un trabajo publicado en este libro:

| Apellido, Inicial., Apellido, Inicial., Apellido, Inicial. (2018). Título del Trabajo. En Roberto Sotomayor, Lucía Rosario Malbernat, Miguel Méndez Garabetti; Felipe Evans (Comps.), CoNaIISI 2018 - Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información, Mar del Plata, Argentina, 2018, pp. P inicio-P fin, ISBN 978-987-4998-15-6

6º CoNaIISI 2018

El Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información (CoNaIISI) es una iniciativa de la Red de Carreras de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información del Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería de la República Argentina (RIISIC del CONFEDI) que constituye un espacio para la divulgación de las actividades de investigación de docentes y alumnos de dichas carreras.

La 6º edición del CoNaIISI tuvo lugar el 29 y el 30 de noviembre de 2018 en la ciudad de Mar del Plata, organizado por las facultades de ingeniería de las universidades locales: Universidad Atlántida Argentina, Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata y Universidad CAECE. Esta última fue la sede del congreso, en sus instalaciones de Olavarría y Gascón.

El CoNaIISI se realiza desde el año 2013. En dicho año se llevó a cabo en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba; el segundo CoNaIISI (2014) tuvo como sede la Universidad Nacional de San Luis, la tercera edición, llevada a cabo en 2015, fue realizada en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, sede Medrano, la cuarta, en la Universidad Católica de Salta y la siguiente, V CoNaIISI (2017), en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe.

La comunidad académica participó, en 2018, presentando trabajos, enviando artículos científicos originales sobre ideas innovadoras, soluciones desarrolladas para abordar problemas reales, trabajos empíricos, estudios de caso, entre otros, en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información, ordenados en los siguientes ejes temáticos cuyos temas de interés se reportan a continuación.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

El lenguaje oficial del congreso fue el español y se admitieron trabajos en inglés y portugués.

Ejes temáticos

Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información

Temáticas:

Administración y Gestión de Recursos

Aplicaciones Móviles y para la Televisión Digital

Gobierno electrónico y Sistemas de Gestión en la Administración Pública

Juegos y Entretenimiento

Simulación

Sistemas de Banca Electrónica y Comercio Electrónico

Sistemas de Gestión Administrativa, Comercial, Marketing

Sistemas de Gestión y de Control Industrial

Sistemas de Información Especiales

Sistemas de Información Geográfica

Sistemas de Tiempo Real y Embebidos

Sistemas Inteligentes Artificiales y procesamiento de Imágenes

Software y Sistemas para Robótica Industrial, Doméstica y Comercial

Aspectos legales y profesionales

Temáticas:

Aspectos Legales, Profesionales, éticos, y Sociales
Auditoria y peritaje (Informática forense, peritajes y garantías procesales en pruebas informáticas)
Contratos. Patentes y licencias
Ejercicio y ética Profesional
Gestión Ambiental, Protección Ambiental
Legislación laboral y comercial
Redes Sociales e Internet
Delitos Informáticos (aspectos penales y procesales)
Aspectos legales de nuevos desarrollos informáticos (drones, criptomonedas, criptografía, robots, entre otros)
La bioinformática: problemas éticos y legales

Bases de Datos

Temáticas:

Base de Datos y XML
Bases de Datos en Web
Bases de Datos Temporales, Espaciales y Espacio-Temporales
Bases de Datos Textuales y Multimedia
Data Mining
Data Warehouse
Diseño, administración y gestión de bases de datos
Modelos de bases de datos
Práctica de Gestión de la Información (BD)
Teoría de Gestión de la Información (BD)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Educación en Ingeniería

Temáticas:

Aplicación y desarrollos de TICs orientadas a la Educación

Aportes para la innovación curricular

Competencias del profesional docente del área Informática /
Sistemas de Información

Cursos en línea abiertos masivos (MOOC)

Experiencias de Cátedra

Experiencias y metodologías Innovadoras

Juegos serios aplicados a la educación

Laboratorios Virtuales

Metodologías innovadoras

Nuevos Modelos y Estrategias Educativas

Procesos Colaborativos

Retención y Motivación

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos

Temáticas:

Administración de recursos de proyectos

Economía de Ingeniería de SW

Estimaciones de proyectos

Formulación y evaluación de proyectos

Gerenciamiento de proyectos: Conceptos, herramientas y técnicas

Gestión de Configuración

Gestión de la Organización de Sistemas de Información

Gestión de Riesgos

Oficina de Gestión de proyectos – PMO

Proyectos y procesos

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Visión estratégica de la organización y modelo de Negocio

Administración de Sistema

Metodologías de Análisis y Diseño

Arquitectura de Sistemas

Métricas del Software

Calidad de Software

Modelado, evaluación y Simulación

Comercio electrónico

Modelos de procesos de Negocio

Desarrollo de Software

Patrones y arquitecturas de Software

Diseño de Sistemas de Información y de Software

Evolución del Software (Mantenimiento)

Sistemas de integración web

Gestión de Requerimientos

Sistemas Distribuidos

Ingeniería Reversa

Teoría de la Decisión

Integración de Sistemas

Verificación y Validación de Software

Interacción Hombre-Máquina

Visualización y Gráfica

Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática

Temáticas:

Administración y monitoreo de redes y servicios

Configuración y Empleo de Redes

Dispositivos y Enlaces

Principios y Diseño Basados en Redes

Protocolos y Servicios

Redes móviles e inalámbricas

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Teoría de la información y la comunicación
Tratamiento Digital de Señales
Computación de Altas Prestaciones
Configuración y Empleo de Sistemas Operativos
Plataformas Tecnológicas
Principios y Diseño de Sistemas Operativos
Sistemas Distribuidos. Middleware
Análisis y diseño de algoritmos
Autómatas, Gramáticas y lenguajes formales
Complejidad Computacional
Estructuras Discretas
Lógica simbólica
Matemática Discreta
Paradigmas y lenguajes de programación
Teoría de la Computación y Computabilidad
Teoría General de Sistemas
Análisis de técnicas de ataques y detección de intrusiones
Análisis y detección de vulnerabilidades
Cifrado de datos
Gestión de incidentes y Planes de Contingencia
Implementación y Gestión de la Seguridad en los Sistemas de Información
Infraestructura para firma digital y certificados digitales
Seguridad en Bases de Datos
Seguridad en redes sociales y en Internet
Técnicas de control de acceso y autenticación

Trabajos Estudiantiles

Temáticas:

Trabajo final de carrera
Trabajo de cátedra
Trabajo de Investigación de Alumnos extra-cátedra

Organización

Autoridades

Comisión Permanente RIISIC

Dr. Ing. Marcelo Marciszack (UTN FR Córdoba)

Ing. Luis Perna (UTN FR Delta)

Ing. Andrés Bursztyn (UTN FR BA)

Dr. Daniel Riesco (UNSL)

Ing. Beatríz Gallo (UCASAL)

Ing. Roberto Muñoz (UTN Regional Córdoba)

Comisión Organizadora

Coordinador General: CC. Liliana Rathmann (Universidad Atlántida Argentina)

Coordinador RIISIC: Ing. Osvaldo Marcovecchio (Universidad Atlántida Argentina)

Coordinador Comité Académico: Ing. Roberto Sotomayor (Universidad FASTA)

Coordinador Local: Mg. Lucía Rosario Malbernat (Universidad CAECE)

Coordinador Comité Organizador: Esp. Lic. Gustavo Bacigalupo (Universidad CAECE)

Esp. Ing. Roberto Giordano Lerena (Universidad FASTA)

Ing. Felipe Evans (UNMDP)

Lic. María Martínez Palacios (Universidad FASTA)

Ing. María Alejandra Rivero (Universidad Atlántida Argentina)

DI. Noelia Cassineri (Universidad Atlántida Argentina)

Mg. Ing. Miguel Méndez Garabetti (Universidad Atlántida Argentina)

Lic. Analía Varela (Universidad CAECE)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Comité Logístico

Integrantes y colaboradores

Mayra Fullana (UCAECE)

Natalia Teixeira (UCAECE)

Alicia Lescano (UCAECE)

Ana Espiñeyra (UCAECE)

Andrea Froschauer (UCAECE)

Luciana Ruiz (UCAECE)

Julian Fernandez Cisilino (UCAECE)

Rubén Ciancaglini (UCAECE)

Estefania Kuks Pertiné (UCAECE)

Cristian Gonzalez (UCAECE)

Cristian Ferreyra (UCAECE)

Soledad Ruiz Diaz (UAA)

Iris Pinto (UNMDP)

Sergio Perez (UAA)

Sergio Laxalde (UAA)

Agustina Agrelo (UAA)

Ignacio Centis (UAA)

Comité Académico

Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información

Chairs:

Nelson Roberto Sotomayor (UFASTA)

Ana Nardin (UCAECE)

Lucía Rosario Malbernat (UCAECE)

Evaluadores:

Mgter. Corina Abdelahad (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Pablo Abratte (Universidad Nacional del Litoral)
Mgter. Martín Agüero (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Lic. Jesus Aguirre (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Eduardo Amar (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Rosario)
Dr. Leonardo Javier Amet (Universidad Nacional Arturo Jauretche)
Dr. Javier Apolloni (Universidad Nacional de San Luis)
Lic. Fernando Barié (Universidad Kennedy, Grupo IRSA)
Mgter. Nicolas Battaglia (Universidad Abierta Interamericana)
Dr. Germán Bianchini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Ing. María Julia Blas (INGAR - CONICET)
Dr. Verónica Bogado (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Villa María)
Ing. José Luis Cabrera (Universidad de Buenos Aires)
Ing. Néliida Raquel Cáceres (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. María Laura Caliusco (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)
Dra. Mercedes Canavesio (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Lic. Alejandra Carolina Cardoso (Universidad Católica de Salta)
Dra. María Celeste Carignano (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Dr. Agustín Casamayor (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Dr. Carlos Casanova (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Mgter. Marcelo Castro (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. Alejandra Cechich (Universidad Nacional del Comahue - GIISCo)
Ing. Leticia Edith Constable (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Cynthia Lorena Corso (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Anabella Cecilia De Battista (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Ing. María Eugenia De San Pedro (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)
Dr. Eduardo Destéfanis (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Marta Cristina Fennema (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Universidad Católica de Santiago del Estero)
Lic. Jacqueline Fernández (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Mario M. Figueroa de la Cruz (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Esp. Lic. Jorge Finochietto (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Ing. Ramiro Walter Garbarini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Dra. Veronica Gil Costa (Universidad Nacional de San Luis)
Esp. Alejandra Jewsbury (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Raúl Oscar Klenzi (Universidad Nacional de San Juan)
Ms. C. Ariel Leiva (Mercado Libre)
Mgter. Lucas Leiva (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Ing. Horacio Loyarte (Universidad Nacional del Litoral)
Mgter. Rosa Eufracia Macaione (Universidad Católica de Salta; Universidad Nacional de Salta)
Mgter. Lic. Lucía Malbernat (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Mgter. Alejandra Malberti (Universidad Nacional de San Juan)
Ing. Osvaldo Marcovecchio (Universidad Atlántida Argentina)
Ing. José Antonio Marone (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. Roxana Martínez (Universidad Abierta Interamericana)
Mgter. Sergio Luis Martínez (Universidad Nacional de Jujuy)
Dr. Ing. Gustavo Meschino (Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata)
Mgter. Silvia Molina (Universidad Nacional de San Luis)
Esp. Ing. José Oscar Mugetti Mare (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Esp. Patricia NAZAR (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Mgter. Claudia Monica Necco (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Guillermina Rosana Nieves (Universidad Católica de Salta)
Dr. Wilson Padua (Universidad Federal de Minas Gerais - Brasil)
Mgter. Marisa Daniela Panizzi (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Arq. María Victoria Paredes (Universidad Nacional del Litoral)
Esp. Ing. Mario Gabriel Peralta (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Norma Beatriz Perez (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Nilda Perez Otero (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Luis Horacio Perna (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Delta)
Mgter. María Florencia Pollo-Cattaneo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Matías Presso (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Dr. Pablo Pytel (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. José Rolando Quispe (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. Mariela Rico (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)
Mgter. Fernando Rivera Bernsdorff (Universidad Católica de Salta)
Dr. Sebastián Rodríguez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán - (GITIA))
Dr. Daniel Romero (Universidad Nacional de Asunción - Paraguay)
Dr. Lucila Romero (Universidad Nacional del Litoral, GIDIS)
Mgter. Diego Rubio (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Dr. Mariano Rubiolo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco - CIDISI)
Ing. Lucas Javier Saclier (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Juan Leonardo Sarli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco, INGAR - CONICET)
Dr. Elías Todorovich (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Universidad FASTA)
Esp. Sandra Fabiana Valla (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Dr. Martín Osvaldo Vazquez (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Universidad FASTA)
Dr. Adrián Will (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán - (GITIA) - F.A.C.E.T., U.N.T.)
Ing. Paula Andrea Zanetti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Lic. Eduardo Pablo Zúñiga (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Aspectos legales y profesionales

Chairs:

Ana Di Iorio (UFASTA)

Sabrina Lamperti (UFASTA)

Evaluadores:

Dr. José Francisco Arce (Universidad Católica de Córdoba)

Abog. Analía Aspis (Universidad de Buenos Aires, CONICET, Universidad de Estocolomo - SUECIA)

Dr. Lic. Sergio Daniel Conde (Universidad de la Marina Mercante.)

Ing. Bruno Constanzo (Universidad FASTA)

Esp. Ana Di Iorio (Universidad FASTA)

Dra. Ana Garis (Universidad Nacional de San Luis)

Esp. Abog. Sabrina Bibiana Lamperti (Universidad FASTA)

Mg. Abog. Bibiana Luz Clara (Universidad FASTA)

Ing. Gaston Martin (Universidad Nacional del Litoral)

Dr. Daniel Romero (Universidad Nacional de Asunción - Paraguay)

Bases de Datos

Chairs:

Miguel Mendez Garabetti (UAA)

Soledad Ruiz Díaz (UAA)

Evaluadores:

Dr. Carlos Alvez (Universidad Nacional de Entre Ríos)
Ing. Nélide Raquel Cáceres (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. María Laura Calusco (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)
Ing. Claudio Carrizo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Mgter. Marcelo Castro (Universidad Nacional de Jujuy)
Mgter. Anabella Cecilia De Battista (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Dra. Mariana del Fresno (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, PLADEMA - CIC-PBA)
Dr. Ing. Mario José Diván (Universidad Nacional de La Pampa)
Dr. Pablo Fillottrani (Universidad Nacional del Sur)
Dra. Veronica Gil Costa (Universidad Nacional de San Luis)
Esp. Rosana Hadad Salomon (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Dr. Carlos Kavka (ESTECO SpA - ITALIA)
Dr. David Luis La Red Martínez (Universidad Nacional del Nordeste, Universidad Tecnológica Nacional)
Ing. Edgardo Luis Lacquaniti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Héctor Pedro Liberatori (Universidad Nacional de Jujuy)
Mgter. Marcelo Ubaldo Lopez Nocera (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Lic. Veronica Ludueña (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Calixto Alejandro Maldonado (Universidad Tecnológica Nacional, Universidad Siglo 21)
Ing. Roberto Miguel Muñoz (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Dr. Carlos Gerardo Neil (Universidad Abierta Interamericana)
Ing. Herminia Beatriz Parra de Gallo (Universidad Católica de Salta)
Ing. Andres Jorge Pascal (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Ing. José Rolando Quispe (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Hugo Ramon (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Cal. Liliana Estela Rathmann (Universidad Atlántida Argentina / UCALP)
Mgter. Fernando Rivera Bernsdorff (Universidad Católica de Salta)
Dra. Luciana Roldán (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CONICET (INGAR))
Dr. Daniel Romero (Universidad Nacional de Asunción - Paraguay)
Mgter. Luis Roqué (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Giovanni Daian Rottoli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Lic. Arturo Carlos Servetto (Universidad de Buenos Aires)
Mgter. María Eugenia Stefanoni (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)

Educación en Ingeniería

Chairs:

Sandra Cirimelo (UFASTA)

Roberto Giordano Lerena (UFASTA)

Evaluadores:

Lic. Jesus Aguirre (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Eduardo Amar (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Rosario)
Ing. Daniel Ambort (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Lic. Verónica Inés AUBIN (Universidad Nacional de la Matanza)
Dra. Ing. Virginia Ballarín (Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata)
Mgter. Nicolas Battaglia (Universidad Abierta Interamericana)
Dr. Francisco Bavera (Universidad Nacional de Río Cuarto)
Ing. Ignacio Bengochea (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Esp. Marcela Paola Bentin (Universidad Atlántida Argentina)
Dr. Mario Berón (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Oscar R. Bruno (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Andrés Bursztyn (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. José Luis Cabrera (Universidad de Buenos Aires)
Lic. Marta Castellaro (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Lic. Sandra Cirimelo (Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata, Universidad CAECE)
Dr. Lic. Sergio Daniel Conde (Universidad de la Marina Mercante.)
Ing. Leticia Edith Constable (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Cynthia Lorena Corso (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Patricia Susana Crotti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Liliana Raquel Cuenca Pletsch (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Mgter. Uriel Cukierman (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Hugo Curti (Universidad FASTA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. Marcela E. Daniele (Universidad Nacional de Río Cuarto)
Esp. Sara Ester De Federico (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Rosario)
Ing. María Eugenia De San Pedro (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)
Dra. Mariana del Fresno (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, PLADEMA - CIC-PBA)
Ing. Alejandro Luis Echazú (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Marta Cristina Fennema (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Universidad Católica de Santiago del Estero)
Lic. Jacqueline Fernández (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Pablo Fillottrani (Universidad Nacional del Sur)
Esp. Lic. Jorge Finochietto (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Ing. Soledad Fabiana Flores (Universidad Católica de Salta)
Ing. Alvaro Luis Fraga (INGAR - CONICET)
Esp. Berta Garcia (Universidad Nacional de San Luis)
Dra. Ana Garis (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Gerardo Gabriel Gentiletti (Universidad Nacional de Entre Ríos)
Dra. Roxana Silvia Giandini (Universidad Nacional de La Plata)
Ing. Roberto Giordano Lerena (Universidad FASTA)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Lic. Renata Silvia Guatelli (Universidad Nacional de la Matanza)
Dra. MARÍA JOSELEVICH (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)
Lic. Andrés Ricardo Kabusch (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Ing. Victor Andrés Kowalski (Universidad Nacional de Misiones, Universidad Nacional de Chaco Austral)
Ing. Edgardo Luis Lacquaniti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Marta Lasso (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)
Mgter. Héctor Pedro Liberatori (Universidad Nacional de Jujuy)
Mgter. Gustavo Lopez (Universidad de Buenos Aires)
Ing. Horacio Loyarte (Universidad Nacional del Litoral)
Ing. Calixto Alejandro Maldonado (Universidad Tecnológica Nacional, Universidad Siglo 21)
Ing. Gaston Martin (Universidad Nacional del Litoral)
Dra. Lic. Stella Massa (Universidad Nacional de Mar del Plata)
Mgter. Virginia Mauco (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Dr. Ricardo Medel (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Ing. Oscar Carlos Medina (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
"Dr. Ing. Gustavo Meschino (Universidad FASTA
Universidad Nacional de Mar del Plata)"
Lic. Natalia Carolina Mira (Instituto Universitario Aeronáutico)
"Lic. Pablo Montini (Universidad FASTA
Universidad Nacional de Mar del Plata)"
Esp. Ing. José Oscar Mugetti Mare (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Ing. Roberto Miguel Muñoz (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Ing. Jorgelina Cecilia Nadal (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Dr. Carlos Gerardo Neil (Universidad Abierta Interamericana)
Dr. Pablo Novara (Universidad Nacional del Litoral)
Mgter. Marisa Daniela Panizzi (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Dra. María Fernanda Papa (Universidad Nacional de La Pampa)
Ing. Herminia Beatriz Parra de Gallo (Universidad Católica de Salta)
Cal. Liliana Estela Rathmann (Universidad Atlántida Argentina / UCALP)
Mgter. Marcela Natividad Ridao (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Universidad FASTA)
Mgter. Fernando Rivera Bernsdorff (Universidad Católica de Salta)
Dr. Daniel Romero (Universidad Nacional de Asunción - Paraguay)
Dr. Lucila Romero (Universidad Nacional del Litoral, GIDIS)
Esp. Alvaro Ruiz de Mendarozqueta (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba - Fundación Sadosky)
Esp. Mercedes Suarez (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Ing. Gabriela Tomaselli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Ing. Patricia Paola Zachman (Universidad Nacional de Chaco Austral)
Ing. Paula Andrea Zanetti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos

Chairs:

Miguel Mendez Garabetti (UAA)

Liliana Rathmann (UAA)

Evaluadores:

Lic. Patricia Aballay (Universidad Católica de Salta)
Ing. Pablo Abratte (Universidad Nacional del Litoral)
Mgter. Martín Agüero (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Lic. Jesus Aguirre (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Natalia Andriano (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Paula María Angeleri (Universidad de Belgrano)
Mgter. Lorena Baigorria (Universidad Nacional de San Luis)
Dra. Luciana Ballejos (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)
Mgter. Nicolas Battaglia (Universidad Abierta Interamericana)
Dr. Francisco Bavera (Universidad Nacional de Río Cuarto)
Ing. Edgardo Aníbal Belloni (Universidad Gastón Dachary, Misiones)
Lic. Hernán Bernardis (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Mario Berón (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. María Julia Blas (INGAR - CONICET)
Dr. Verónica Bogado (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Villa María)
Ing. María Alejandra Boggio (Instituto Universitario Aeronáutico)
Dra. Verónica Andrea Bollati (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia - CONICET)
Ing. Andrés Bursztyn (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Nélica Raquel Cáceres (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. Mercedes Canavesio (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Dra. María Celeste Carignano (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Dra. INES CASANOVAS (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
MBA. Ing. Angel Fabian Castillo (Universidad Nacional de Jujuy)
Mgter. Marcelo Castro (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. Alejandra Cechich (Universidad Nacional del Comahue - GIISCo)
Esp. Gabriel Cerutti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Dr. Lic. Sergio Daniel Conde (Universidad de la Marina Mercante.)
Lic. Alberto Cortez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza - Universidad de Mendoza)
Ing. PATRICIA RAQUEL CRISTALDO (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Mgter. Marcela E. Daniele (Universidad Nacional de Río Cuarto)
Mgter. Aristides Dasso (Universidad Nacional de San Luis)
Esp. Sara Ester De Federico (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Rosario)
Dr. Ing. Mario José Diván (Universidad Nacional de La Pampa)
Mgter. DIEGO ENCINAS (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)
Prof. Mg. Roberto Angel Eribe (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Esp. Juan Pablo Ferreyra (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Dr. Pablo Fillottrani (Universidad Nacional del Sur)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Ing. Soledad Fabiana Flores (Universidad Católica de Salta)
Ing. Alvaro Luis Fraga (INGAR - CONICET)
Mgter. Ana Funes (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Gabriela Gaetán (Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Unidad Académica Caleta Olivia)
Dra. Roxana Silvia Giandini (Universidad Nacional de La Plata)
Dr. Silvio Gonnet (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - INGAR)
Esp. Rosana Hadad Salomon (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Ing. Edgardo Luis Lacquaniti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Gustavo Lopez (Universidad de Buenos Aires)
Dr. Luis Lujan Vega (Instituto Tecnológico de Delicias, Chihuahua, México, Universidad Autónoma de Chihuahua, Mexico)
Mgter. Rosa Eufracia Macaione (Universidad Católica de Salta; Universidad Nacional de Salta)
"Ing. Calixto Alejandro Maldonado (Universidad Tecnológica Nacional Universidad Siglo 21)"
Dra. Claudia Marcos (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Ing. Osvaldo Marcovecchio (Universidad Atlántida Argentina)
Ing. Gaston Martin (Universidad Nacional del Litoral)
Mgter. Liliana Inés Martinez (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. Roxana Martinez (Universidad Abierta Interamericana)
Dra. Lic. Stella Massa (Universidad Nacional de Mar del Plata)
Dr. Ricardo Medel (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Lic. Natalia Carolina Mira (Instituto Universitario Aeronáutico)
Lic. Enrique Alfredo Miranda (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Claudia Monica Necco (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Carlos Gerardo Neil (Universidad Abierta Interamericana)
Dr. Pablo Novara (Universidad Nacional del Litoral)
Dr. Luis Olsina (Universidad Nacional de La Pampa)
Ing. Gastón Pablo Paccor (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Dr. Wilson Padua (Universidad Federal de Minas Gerais - Brasil)
Dra. María Fernanda Papa (Universidad Nacional de La Pampa)
Esp. Ing. Mario Gabriel Peralta (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Claudia Pereira (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Prof. Dr. Manuel Pérez Cota (Universidad de Vigo - (España))
Ing. Nilda Perez Otero (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Noelia Pinto (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Dra. Claudia Pons (Universidad Abierta Interamericana)
Ing. Rosana Marcela Portillo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Ing. Sergio Quinteros (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Ing. José Rolando Quispe (Universidad Nacional de Jujuy)
Mgter. Ulises M. A. Rapallini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay, Universidad Autónoma de Entre Ríos)
Dr. Sebastián Rodríguez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán - (GITIA))
Dra. Luciana Roldán (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CONICET (INGAR))
Dr. Daniel Romero (Universidad Nacional de Asunción - Paraguay)
"Dr. Lucila Romero (Universidad Nacional del Litoral GIDIS)"
Mgter. Luis Roqué (Universidad Nacional de San Luis)
Lic. Javier José Rosenstein (Universidad Champagnat)
Dr. Mariano Rubiolo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco - CIDISI)
Esp. Alvaro Ruiz de Mendarozqueta (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba - Fundación Sadosky)
Mgter. Alicia Guillermina Salamon (Instituto Universitario Aeronáutico)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Mgter. Alejandro Sánchez (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. María Laura Sanchez Reynoso (Universidad Nacional de La Pampa)
Ing. Víctor David Sánchez Rivero (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Valeria Celeste Sandobal Verón (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Ing. Juan Leonardo Sarli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco, INGAR - CONICET)
Mgter. Miguel Solinas (Universidad Nacional de Córdoba)
Ing. Rossana Elizabeth Sosa Zitto (Universidad Autónoma de Entre Ríos)
Ing. Luciano Nicolas Straccia (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Ana Carolina Tolaba (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Gabriela Tomaselli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Ing. Laura Veronica Varela (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Alejandro Vázquez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Dr. Santiago Vidal (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Ing. Patricia Paola Zachman (Universidad Nacional de Chaco Austral)
Ing. Paula Andrea Zanetti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Sergio Gustavo Zapata (Universidad Nacional de San Juan)
Lic. Eduardo Pablo Zúñiga (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos

Informáticos – Seguridad informática

Chairs:

Hernan Hinojal (UNMDP)

Bruno Constanzo (UFASTA)

Evaluadores:

Ing. Pablo Abratte (Universidad Nacional del Litoral)
Dr. Ruben Apolloni (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Alejandro Arroyo Arzubi (Instituto Universitario del Ejército)
Mgter. Lorena Baigorria (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Francisco Bavera (Universidad Nacional de Rio Cuarto)
Dra. María Lorena Bergamini (Universidad Abierta Interamericana)
Lic. Hernán Bernardis (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Mario Berón (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Germán Bianchini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Ing. Tomas Bracalenti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Dra. María Celeste Carignano (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Lic. Alicia Castro (Universidad Nacional de San Luis)
MSc. Ing. Antonio Ricardo Castro Lechtaler (Instituto Universitario del Ejército - Universidad de Buenos Aires)
Ing. Norberto Gaspar Cena (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Villa María)
Esp. Marcelo Cipriano (Instituto Universitario del Ejército)
Ing. Leticia Edith Constable (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Ing. Bruno Constanzo (Universidad FASTA)
Mgter. Abel Crespo (Universidad Nacional de La Pampa)
Mgter. Patricia Susana Crotti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Hugo Curti (Universidad FASTA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Esp. Ana Di Iorio (Universidad FASTA)
Ing. Alejandro Luis Echazú (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Jorge Esteban Eterovic (Universidad Nacional de la Matanza)
Mgter. Ana Funes (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. José Luis Galoppo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Dr. Mario A. Groppo (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba)
Dr. David Luis La Red Martínez (Universidad Nacional del Nordeste, Universidad Tecnológica Nacional)
Ing. Edgardo Luis Lacquaniti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Marta Lasso (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)
Mgter. Héctor Pedro Liberatori (Universidad Nacional de Jujuy)
Lic. Julio César Liporace (Instituto Universitario del Ejército)
Ing. José Antonio Marone (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Dra. María de los Angeles Martín (Universidad Nacional de La Pampa)
Dr. Ricardo Medel (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Miguel Méndez-Garabetti (Universidad Atlántida Argentina)
Dra. Natalia Carolina Miranda (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Silvia Molina (Universidad Nacional de San Luis)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Ing. Miguel Montes (Instituto Universitario Aeronáutico, Universidad Nacional de Córdoba)
Esp. DIEGO MONTEZANTI (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)
Dr. Ing. Martín Morales (Universidad Nacional Arturo Jauretche)
Esp. Ing. José Oscar Mugetti Mare (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Ing. Sebastián Norberto Mussetta (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Villa María)
Esp. Patricia NAZAR (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Sr. Federico Pacheco (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Norma Beatriz Perez (Universidad Nacional de San Luis)
Prof. Dr. Manuel Pérez Cota (Universidad de Vigo - (España))
Ing. Luis Horacio Perna (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Delta)
Mgter. Pablo Pessolani (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Ing. Matías Presso (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. Ulises M. A. Rapallini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay, Universidad Autónoma de Entre Ríos)
Lic. Carlos Rico (Universidad Nacional de Mar del Plata)
Mgter. Fernando Rivera Bernsdorff (Universidad Católica de Salta)
Mgter. Miguel Solinas (Universidad Nacional de Córdoba)
Dr. Mario Storti (CIMEC (CONICET-Univ. Nac. Litoral))
Lic. Marcela Alejandra Toba (Universidad de Buenos Aires)
Mgter. Alejandro Vázquez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Ing. Hernán Vitri (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Rosario)

Trabajos estudiantiles

Chairs:

Lucia Rosario Malbernat (UCAECE)

Patricia Clemens (UCAECE)

María Gabriela Degiampietro (UFASTA)

Federico Escudero (UAA)

Leonel Guccione (UNMDP)

Evaluadores:

Lic. Patricia Aballay (Universidad Católica de Salta)

Mgter. Corina Abdelahad (Universidad Nacional de San Luis)

Ing. Pablo Abratte (Universidad Nacional del Litoral)

Lic. Jesus Aguirre (Universidad Nacional de San Luis)

Prof. María Claudia Albornoz (Universidad Nacional de San Luis)

Mgter. Natalia Andriano (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)

Mgter. Paula María Angeleri (Universidad de Belgrano)

Ing. Sergio Andrés Antonini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. La Plata)

Dr. Javier Apolloni (Universidad Nacional de San Luis)

Dr. Ruben Apolloni (Universidad Nacional de San Luis)

Ing. Norberto Aramayo (Universidad Católica de Salta)

Ing. Alejandro Arroyo Arzubi (Instituto Universitario del Ejército)

Mgter. Lorena Baigorria (Universidad Nacional de San Luis)

"Dra. Ing. Virginia Ballarín (Universidad FASTA

Universidad Nacional de Mar del Plata)"

Dra. Luciana Ballejos (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)

Lic. Fernando Barié (Universidad Kennedy, Grupo IRSA)

Mgter. Nicolas Battaglia (Universidad Abierta Interamericana)

Ing. Edgardo Aníbal Belloni (Universidad Gastón Dachary)

Ing. Ignacio Bengochea (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Esp. Marcela Paola Bentín (Universidad Atlántida Argentina)

Dr. Luis Berdun (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)

Dra. María Lorena Bergamini (Universidad Abierta Interamericana)

Lic. Hernán Bernardis (Universidad Nacional de San Luis)

Ing. María Julia Blas (INGAR - CONICET)

Ing. María Alejandra Boggio (Instituto Universitario Aeronáutico)

Dra. Verónica Andrea Bollati (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia - CONICET)

Ing. Tomas Bracalenti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)

Dr. Oscar R. Bruno (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Ing. Andrés Bursztyn (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

Ing. José Luis Cabrera (Universidad de Buenos Aires)

Ing. Néliida Raquel Cáceres (Universidad Nacional de Jujuy)

Dra. María Laura Caliusco (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)

Ing. Marina Cárdenas (Universidad Tecnológica Nacional - F. R. Córdoba)

Lic. Alejandra Carolina Cardoso (Universidad Católica de Salta)

Ing. Claudio Carrizo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)

Dr. Carlos Casanova (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)

Ing. Eduardo Casanovas (Instituto Universitario Aeronautico)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

MBA. Ing. Angel Fabian Castillo (Universidad Nacional de Jujuy)
Dr. Ing. Lic. Julio Castillo (Universidad Tecnológica Nacional - F. R. Córdoba)
MSc. Ing. Antonio Ricardo Castro Lechtaler (Instituto Universitario del Ejército - Universidad de Buenos Aires)
Lic. Alicia Castro (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. Marcelo Castro (Universidad Nacional de Jujuy)
Dra. Paola Guadalupe Caymes Scutari (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Ing. Norberto Gaspar Cena (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Villa María)
Mg. Karina Cenci (Universidad Nacional del Sur)
Esp. Gabriel Cerutti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Dr. Gustavo Chiodi (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba - Universidad Católica de Córdoba)
Esp. Marcelo Cipriano (Instituto Universitario del Ejército)
Lic. Maria Patricia Clemens (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Dra. Maria Laura Cobo (Universidad Nacional del Sur)
Dr. Lic. Sergio Daniel Conde (Universidad de la Marina Mercante.)
Lic. Alberto Cortez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza - Universidad de Mendoza)
Ing. PATRICIA RAQUEL CRISTALDO (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Mgter. Aristides Dasso (Universidad Nacional de San Luis)
Esp. Sara Ester De Federico (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Rosario)
Ing. María Eugenia De San Pedro (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)
Ing. Maria Gabriela Degiampietro (Universidad FASTA)
Esp. Gustavo Dejean (Universidad Atlántida Argentina, Universidad Nacional del Oeste)
Ing. Alejandro Luis Echazú (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Ana María Ehuleche (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Mgter. DIEGO ENCINAS (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)
Prof. Mg. Roberto Angel Eribe (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Lic. Federico Nicolás Escudero (Universidad Atlántica Argentina)
Mgter. Jorge Esteban Eterovic (Universidad Nacional de la Matanza)
Mgter. Marta Cristina Fennema (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Universidad Católica de Santiago del Estero)
Esp. Juan Pablo Ferreyra (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Mgter. Mario M. Figueroa de la Cruz (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Mg. Lic. José Luis Filippi (Universidad Nacional de La Pampa)
Dr. Pablo Fillottrani (Universidad Nacional del Sur)
Esp. Lic. Jorge Finochietto (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Mgter. Gabriela Gaetán (Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Unidad Académica Caleta Olivia)
Mgter. José Luis Galoppo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Ing. Fabian Alejandro Gibellini (Universidad Tecnológica Nacional - F. R. Córdoba)
Dra. Veronica Gil Costa (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Carlos Gualberto Giorgetti (Universidad Nacional del Litoral)
Dr. Silvio Gonnet (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - INGAR)
Mgter. Marcela Paula Gonzalez (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Dr. Mario A. Groppo (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba)
Lic. Renata Silvia Guatelli (Universidad Nacional de la Matanza)
Ing. Leonel Domingo Guccione (Universidad Nacional de Mar del Plata)
Dra. María Milagros Gutiérrez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CIDISI)
Esp. Rosana Hadad Salomon (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Dra. MARÍA JOSELEVICH (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Lic. Andrés Ricardo Kabusch (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Raúl Oscar Klenzi (Universidad Nacional de San Juan)
Mgter. Silvana Ines Lado (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Ing. Marta Lasso (Universidad Nacional de la Patagonia Austral, U.A. Caleta Olivia)
Mgter. Lucas Leiva (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. Carmen Leonardi (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. María del Carmen Lucotti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Dr. Luis Lujan Vega (Instituto Tecnológico de Delicias, Chihuahua. México, Universidad Autónoma de Chihuahua. Mexico)
Mg. Abog. Bibiana Luz Clara (Universidad FASTA)
Mgter. Lic. Lucía Malbernat (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Ing. Calixto Alejandro Maldonado (Universidad Tecnológica Nacional, Universidad Siglo 21)
Mgter. Marcelo Martín Marciszack (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Dra. Claudia Marcos (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Dra. Adriana Elba Martín (Universidad Nacional de la Patagonia Austral)
Ing. Gaston Martín (Universidad Nacional del Litoral)
Dra. Lic. Stella Massa (Universidad Nacional de Mar del Plata)
Mgter. Virginia Mauco (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Dr. Ricardo Medel (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Ing. Judith Meles (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Miguel Méndez-Garabetti (Universidad Atlántida Argentina)
Ing. Erica Milin (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Lic. Natalia Carolina Mira (Instituto Universitario Aeronáutico)
Lic. Enrique Alfredo Miranda (Universidad Nacional de San Luis)
Dra. Natalia Carolina Miranda (Universidad Nacional de San Luis)
Dr. Jorge Marcelo Montagna (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CONICET)
Ing. Miguel Montes (Instituto Universitario Aeronáutico, Universidad Nacional de Córdoba)
Esp. Lic. Leonardo Rafael Martín Montesinos (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Esp. DIEGO MONTEZANTI (Universidad Nacional Arturo Jauretche - Instituto de Ingeniería y Agronomía)
Lic. Pablo Montini (Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata)
Dr. Ing. Martín Morales (Universidad Nacional Arturo Jauretche)
Ing. Oscar Antonio Morcela (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Mgter. Juan Carlos Moreno (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Esp. Ing. José Oscar Mugetti Mare (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Ing. Roberto Miguel Muñoz (Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Córdoba)
Ing. Sebastián Norberto Mussetta (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Villa María)
Ing. Jorgelina Cecilia Nadal (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Lic. Augusto José Nasrallah (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Dr. Carlos Gerardo Neil (Universidad Abierta Interamericana)
Ing. Guillermina Rosana Nieves (Universidad Católica de Salta)
Dr. Luis Olsina (Universidad Nacional de La Pampa)
Dr. Wilson Padua (Universidad Federal de Minas Gerais - Brasil)
Dra. María Fernanda Papa (Universidad Nacional de La Pampa)
Mgter. María Alejandra Paz Menvielle (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Córdoba)
Mgter. Claudia Pereira (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mgter. Norma Beatriz Perez (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Sofía Beatriz Perez (Instituto Universitario Aeronautico)
Ing. Natalia Pérez López (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Nilda Perez Otero (Universidad Nacional de Jujuy)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Ing. Luis Horacio Perna (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Delta)
Mgter. Pablo Pessolani (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Lic. Irma Pianucci (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Noelia Pinto (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Lic. María Valeria Poliche (Universidad Nacional de Catamarca)
Dra. Claudia Pons (Universidad Abierta Interamericana)
Ing. Rosana Marcela Portillo (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Dr. Pablo Pytel (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Silvia Quiroga (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Ing. Hugo Ramon (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Ulises M. A. Rapallini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay, Universidad Autónoma de Entre Ríos)
Cal. Liliana Estela Rathmann (Universidad Atlántida Argentina / UCALP)
Ing. Esteban Rivetti (Universidad Católica de Salta)
Ing. CRISTINA ROJAS (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Dra. Luciana Roldán (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe - CONICET (INGAR))
Ing. Aníbal Julio Romandetta (Universidad Nacional de Tres de Febrero)
Mgter. Luis Roqué (Universidad Nacional de San Luis)
Mgter. María Verónica Rosas (Universidad Nacional de San Luis)
Ing. Giovanni Daian Rottoli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Concepción del Uruguay)
Mgter. Cecilia Ruz (Universidad CAECE - Sede Mar del Plata)
Ing. Javier Saldarini (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco)
Mgter. Ernesto Sanchez (Universidad Católica de Salta)
Ing. Víctor David Sánchez Rivero (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Juan Leonardo Sarli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. San Francisco, INGAR - CONICET)
Lic. Arturo Carlos Servetto (Universidad de Buenos Aires)
Ing. Rossana Elizabeth Sosa Zitto (Universidad Autónoma de Entre Ríos)
Ing. Antonio Sottile (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Mgter. María Eugenia Stefanoni (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Lic. Lorena Talamé (Universidad Católica de Salta)
Dr. Elías Todorovich (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Universidad FASTA)
Ing. Ana Carolina Tolaba (Universidad Nacional de Jujuy)
Ing. Gabriela Tomaselli (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Resistencia)
Dra. Ana Rosa Tymoschuk (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Santa Fe)
Esp. Sandra Fabiana Valla (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán)
Ing. Laura Verónica Varela (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Mgter. Pablo Vargas (Universidad Católica de Salta)
Mgter. Alejandro Vázquez (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Mendoza)
Ing. Cinthia Vegega (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)
Dr. Santiago Vidal (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires)
Mg. María Mercedes Vitturini (Universidad Nacional del Sur)
Dr. Adrián Will (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Tucumán - (GITIA) - F.A.C.E.T., U.N.T.)
Ing. Patricia Paola Zachman (Universidad Nacional de Chaco Austral)
Ing. Paula Andrea Zanetti (Universidad Tecnológica Nacional - F.R. Buenos Aires)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Auspiciantes

El 6º CoNaIISI 2018 fue auspiciado por la Fundación Weiba para el desarrollo social a través de la tecnología. Weiba es una organización no gubernamental argentina. Busca a través de sus áreas de trabajo visibilizar, promover y potenciar proyectos tecnológicos de impacto positivo e innovador.



Declaraciones de Interés

El 6º CoNaIISI ha sido declarado de interés turístico por el Ente Municipal de Turismo del Partido de General Pueyrredón, de interés municipal por el Honorable Concejo Deliberante del mismo Partido y de interés legislativo por el Honorable Senado de la Provincia de Buenos Aires.

Actividades

Acto de Apertura

El Acto de apertura se llevó a cabo en el Aula Magna de la Universidad CAECE el jueves 29 de noviembre a partir de las 9:30 horas con la presencia de alrededor de 200 asistentes, disertantes, conferencistas, profesores, investigadores y estudiantes.



Presidieron el acto, la Coordinadora General del comité organizador, Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Atlántida Argentina, Calculista Científico Liliana Rathmann, el Coordinador saliente de la Red de Carreras de Ingeniería en Informática - Sistemas de Información del CONFEDI (RIISIC), Ingeniero Osvaldo Marcovecchio, el Coordinador del Comité Académico, Ingeniero Roberto Sotomayor, la Coordinadora del Comité Local, Directora de las Carreras de Sistemas de la Universidad CAECE Mar del Plata, Magíster Licenciada Lucía Rosario Malbernat, el Especialista Ingeniero Roberto Giordano Lerena, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad FASTA, integrante del Comité Local de

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

CONAIISI y el Doctor Ingeniero Guillermo Lombera, Decano de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP.

Se encontraban presentes los miembros del Comité Local. Entre ellos, el Especialista Licenciado Gustavo Bacigalupo, de la Universidad CAECE, el Ingeniero Felipe Evans, de la Universidad Nacional de Mar del Plata, la Licenciada María Martínez Palacios, de la Universidad FASTA, la Ingeniera María Alejandra Rivero (Universidad Atlántida Argentina, la Diseñadora Industrial Noelia Cassineri, de la Universidad Atlántida Argentina y la Licenciada Analía Varela, de la Universidad CAECE.

Acompañaron también en este Acto el Secretario de Tecnología e Innovación de General Pueyrredón, Ingeniero Sergio Andueza, en representación del Señor Intendente de la ciudad de Mar del Plata, Doctor Carlos Fernando Arroyo, el Vicepresidente de la Asociación de Tecnologías de la Información y la Comunicación de Mar del Plata (ATICMA) Ingeniero Bernardo Martínez Saenz, autoridades de las Universidad Atlántida Argentina, Universidad FASTA, Universidad CAECE y Universidad Nacional de Mar del Plata así como también de otras organizaciones de la ciudad.

Conferencia Plenaria: Nuevos Escenarios, nuevos desafíos en la formación de los ingenieros.

Finalizado el Acto protocolar Apertura del Congreso, se desarrolló la primera Conferencia Plenaria denominada “Nuevos Escenarios, nuevos desafío en la formación de los Ingenieros” a cargo del Ingeniero Roberto Giordano Lerena quién estimuló la reflexión, ante nuevos escenarios y desafíos del mundo actual, sobre el ejercicio profesional de la ingeniería, las capacidades necesarias para desarrollarse con solvencia e innovación en un mundo en permanente transformación que demanda cada vez más calidad de vida para una sociedad mejor y más inclusiva, que plantea nuevos

roles del ejercicio profesional y motiva cambios en los paradigmas de la formación, lo que también impulsa la transformación de las instituciones que deben acompañar a los actuales y futuros ingenieros.

La conferencia, que invitó a comenzar a transitar un camino de oportunidades de mejora de las carreras que requiere re-pensar “el ingeniero que queremos” y diseñar los procesos de formación que lo consigan, estuvo organizada en torno a 4 cuestiones: El marco actual, los nuevos escenarios global y local, los nuevos desafíos que surgen a partir de ellos y el Libro Rojo del Confedi, propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina, como marco para innovación en la formación de ingenieros.

En relación al nuevo escenario global, se focalizó en la Educación de Calidad como un Objetivo para el Desarrollo Sostenible y en las demandas sociales en relación al desarrollo de competencias profesionales de los graduados universitarios mientras que el nuevo escenario local fue analizado desde la necesidad de consistencia y equiparabilidad de las acreditaciones a nivel internacional (reconocimiento de títulos y movilidad profesional), la acreditación de actividades y competencias producto de la movilidad nacional o la experiencia laboral, la necesidad de articulación con el nivel secundario, la incorporación a la oferta educativa nacional de universidades extranjeras que proponen carreras a distancia, el reconocimiento de las actividades de desarrollo tecnológico con impacto social y los doctorados con perfil tecnológico que retroalimentan la docencia, el Sistema Nacional de Reconocimiento Académico (TF y RTF), el Suplemento de título, las nuevas Actividades Reservadas Profesionales y los nuevos criterios para su determinación y los nuevos procesos de acreditación, que imponen nuevas condiciones e indicadores con foco en las carreras.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

El desafío de innovar en la formación de ingenieros fue abordado en su paradigma conceptual, reflejado en el Libro Rojo de propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de las carreras de ingeniería y en la práctica, aspecto para el cual ha trabajado el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, Confedi, con el apoyo de la Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) en el Programa de Capacitación de Docentes para el Desarrollo de un Aprendizaje centrado en el Estudiante de las carreras de Ingeniería, ideado para capacitar a más de 300 docentes de todo el país en un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante, formando los ingenieros del futuro.

Talleres y Charlas

Taller: La estructura de los Artículos Científicos

Disertante: Ing. Carlos Neil (Universidad Abierta Interamericana)

Duración: 2 horas

Fecha y horario: jueves 29/11 de 11:00 a 13 hs.

Una de las capacidades deseables de los ingenieros e informáticos es la de poder comunicar con formato de artículo científico sus avances en investigación y su experiencias prácticas llevadas a cabo. En este taller se desarrollaron los lineamientos generales para la escritura de un Paper.

Charla: El rol del Ingeniero.

Disertantes: Mg. Ing. Beatriz Parra de Gallo (Universidad Católica de Salta); Dr. Ing. Sergio Conde (Universidad Nacional de la Matanza), Ing. Luis Perna (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta); Ing. Osvaldo Marcovecchio (Universidad Atlántida Argentina)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Duración: 2 horas

Fecha y horario: jueves 29/11 de 14:30 a 15:30 hs.

El ingeniero es un hacedor; está capacitado para proyectar, planificar, diseñar y buscar la mejor solución a un problema; así, la Ingeniería cumple un papel importante en el desarrollo de la calidad de vida del hombre. ¿Qué ingenieros formamos? En esta charla se invita a pensar en la necesidad de formar profesionalmente a los ingenieros desde un punto de vista humanístico como complemento de la formación científico-tecnológica que habitualmente se brinda en las universidades argentinas y plantea que la formación por competencias es un eje central en el debate académico actual en la formación de nuevos graduados de las ingenierías.

Taller: Software de Simulación Victoria

Disertantes: Ing. Erica M. Milin, Ing. Silvia M. Quiroga, Leandro M. Goldin (Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires)

Duración: 2 horas

Fecha y horario: jueves 29/11 de 16:30 a 18:30 hs

Lugar: Laboratorio

Capacidad: 20/25 lugares a ocupar por estricto orden de llegada a partir de las 16:15 hs.

Victoria es un software para la simulación de eventos discretos, que permite modelar, analizar, visualizar y optimizar cualquier proceso.

Permite realizar modelos generales de diversos tipos, simularlos y explotar los resultados del mismo. Con una plataforma amigable, sin necesidad de poseer conocimientos específicos de programación.

Permite plasmar en el mismo software las condiciones iniciales del modelo y un análisis previo, que luego llevarán a la realización de

forma automática del diagrama de flujo, existiendo la posibilidad de editar el diagrama del modelo obtenido con el fin de ajustarlo a la necesidad de cada una de las simulaciones en particular, y a partir del modelo de flujo se podrá llevar a cabo la ejecución de la simulación.

Es, además una herramienta educativa que le permite tanto al alumno como al docente resolver ejercicios de simulación desde la computadora, descubrir errores y obtener la corrección correspondiente de los mismos.

Taller: Test Driven Development

Disertante: Ing. Nicolás Paez (Universidad Nacional de Tres de Febrero)

Duración: 3 horas

Fecha y horario: viernes 30/11 de 11:00 a 14:00 hs

Requisitos: Los asistentes deben traer sus propias computadoras configuradas según las indicaciones que luego de la preinscripción serán descriptas por el disertante.

Test Driven Development es una técnica desarrollada por Kent Back a fine de los años '90. Es parte de Extreme Programming, popularizada junto con los métodos ágiles a partir de 2005. Se trata de una técnica de desarrollo que propone comenzar a partir de escribir tests que especifiquen el comportamiento esperado.

El taller tuvo un desarrollo teórico-práctico. Se vieron algunas técnicas complementarias, tales como el diseño emergente, la integración continua y la pair-programming.

Charla: Bicoín & Blockchain

Disertante: Julian Drangosch (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Duración: 2 horas

Fecha y horario: viernes 30/11 de 15:00 a 17:00 hs

En esta charla se realizó una introducción a las monedas digitales descentralizadas, criptomonedas, con especial foco en la red Bitcoin. Blockchain es una base de datos pública de registros crecientes (sólo se pueden agregar nuevos registros; no se pueden borrar entradas anteriores). Estos nuevos registros se llaman bloques y pueden tener contener cualquier tipo de información. Bitcoin es la primera blockchain; en cada uno de sus bloques se escriben las transacciones de todos los participantes de la red; entre sus posibles beneficios pueden encontrarse mayor transparencia en los procesos, el fin de los intermediarios, reducción de costos, etc.

Panel: "Mujeres en Ingeniería"

Panelistas: Liliana Rathmann (UAA); Ana Di Iorio (UFASTA, UNMDP); Lucia Coppes (UNMDP)

Moderador: Roberto Giordano Larena.

Como actividad de clausura del CONAIISI 2018 y en el marco del Programa de Mujer en Ingeniería del CONFEDI, se realizó un panel cuyo eje fue "Mujeres en Ingeniería". Participaron del mismo la CC Liliana Rathmann, decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Atlántida Argentina, la Esp. Ing. Ana Di Iorio, Directora del Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense de la Universidad FASTA y la Srta. Lucía Coppes, alumna de Ingeniería en Informática de la Universidad Nacional de Mar del Plata. La moderación estuvo a cargo del Esp. Ing. Roberto Giordano Larena, decano de la Facultad de Ingeniería de la universidad FASTA.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)



El panel transcurrió en un clima de conversación entre las invitadas que, una a una, fueron reflexionando sobre algunos disparadores propuestos por la moderación, tales como "Breve síntesis autobiográfica", donde las disertantes, además de su trayectoria estudiantil y profesional, destacaron cuándo y cómo surgió la vocación ingenieril en cada una; "Obstáculos que pudo haber encontrado en su vida profesional por ser mujer" donde cada una comentó anécdotas de su experiencia personal y señaló las diferencias en función de las épocas y la evolución de la sociedad en este sentido; luego cada una transmitió un mensaje a las jóvenes que evalúan su decisión sobre los estudios superiores y a las alumnas de ingeniería presentes, coincidiendo en la satisfacción por haber optado por la ingeniería y las satisfacciones personales del ejercicio profesional. Por último, el panel reflexionó sobre "Las Mujeres en Ingeniería" con un mensaje sumamente optimista respecto del posicionamiento de las mujeres en la profesión y el reconocimiento social a las ingenieras.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Actividad de clausura y Acto de Cierre

El cierre del CONAIISI 2018 se llevó a cabo en el Aula Magna de la Universidad CAECE el viernes 30 de noviembre a las 18 horas con la presencia de alrededor de 200 asistentes.

Como actividad de clausura se llevó a cabo el mencionado Panel “Mujeres en Ingeniería”.

A continuación se realizó el Acto de Cierre en el que se comunicaron los trabajos destacados de investigadores y estudiantiles y los mejores pósteres; también se hizo un reconocimiento al docente motivador y a los evaluadores con mayor contribución.

Participaron de este ameno acto que antecedió al brindis final del evento, el Coordinador del Comité Académico, Roberto Sotomayor, la Coordinadora del Comité Local, Lucía Rosario Malbernat, la Coordinadora General del comité organizador, Liliana Rathmann, el Ingeniero Felipe Evans y el Magíster Ingeniero Miguel Mendez Garabetti, acompañados por gran parte del Comité organizador y colaboradores del evento.



Entrega de Premios

TRABAJOS DESTACADOS DEL VI CoNaIISI

Trabajos DESTACADOS de investigadores del VI CoNaIISI

- Planificación de centros turísticos en Ciudad del Este bajo un enfoque multiobjetivo (Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información) – Autor: Carlos Domingo Almeida Delgado - Universidad Nacional del Este (Paraguay)
- Predicción de disponibilidad de estacionamiento en la vía pública (Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información) – Autores: Hugo Agustín Chirichigno, Santiago Vidal, J. Andres Diaz-Pace, Claudia Marcos - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, CONICET, CIC
- Diseño Automático de un Clasificador para Filtrado de Ruido en Imágenes Binarias utilizando Análisis del Discriminante Lineal (Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información) – Autores: Agustina Bouchet, Susana Cristina Guevara Cruz, Emilio José Robalino Trujillo, Marcel Brun, Virginia Ballarin - Universidad Nacional de Mar del Plata
- Transferencia de estilo entre audios mediante redes neuronales. Comparativa de métodos de análisis/síntesis y procesamientos convolucionales (Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información) – Autores: Gabriel Martin Barrera, Hernán Ordiales - Universidad de Palermo
- Aplicación de Algoritmos de Aprendizaje Automático al Análisis del Churn en Planes de Ahorro (Bases de Datos) – Autores: Ariel Fernando Deroche, Diego Basso, María Florencia Pollo-Cattaneo - UTN Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Nacional de La Matanza
- Minería de datos para la detección de factores de influencia en el test Apgar (Bases de Datos) – Autores: Soledad Retamar, Anabella

De Battista, Lautaro Ramos, Juan Pablo Nuñez, Francisco Savoy,
Laura De Gracia - UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay,
Universidad Nacional de Entre Ríos

- Desarrollo de Aplicación para la Recolección de Tweets para Proyecto de Agenda Setting (Bases de Datos) – Autores: Cristhian Richard, Ramiro Rivera, Esteban Alejandro Schab, Lautaro Ramos, Patricia Cristaldo, Soledad Retamar, Anabella De Battista, Leticia Cagnina, Norma Edith Herrera - UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Nacional de San Luis
- De los tradicionales juegos manuales a problemas de ingeniería para un primer año universitario (Educación en Ingeniería) - Autores: María Fernanda Golobisky, Marta Dominga Castellaro, María Julia Blas, Patricia Torresán - UTN Facultad Regional Santa Fe, INGAR UTN – CONICET
- Computing Power, Key Length and Cryptanalysis. An Unending Battle? (Redes, Sistemas Operativos, Fundamentos de Informática, Seguridad Informática) – Autores: Aristides Dasso, Ana Funes, Daniel Riesco, Germán Montejano - Universidad Nacional de San Luis
- Sincronización Dinámica de Datos de Discos Virtuales Replicados (Redes, Sistemas Operativos, Fundamentos de Informática, Seguridad Informática) – Autores: Pablo Pessolani, Mariela Alemandi, Constanza Quaglia - UTN Facultad Regional Santa Fe

Trabajos estudiantil DESTACADO del VI CoNaIISI

Utilización de UP + Notación Z como Modelo de Proceso de Desarrollo aplicado a un Sistema Crítico (Trabajos estudiantiles) – Autores: Gabriel Andrés Dehner, Gabriel José Candia, Edgardo Belloni - Universidad Gastón Dachary

MEJORES TRABAJOS DEL VI CoNaIISI

Mejores trabajos de investigadores del VI CoNaIISI

- Aplicación del Algoritmo Vortex para Optimizar la Selección de Componentes en Filtros Bicuadráticos (Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información) – Autores: Mónica Andrea Lovay, Gabriela Peretti, Eduardo Romero - UTN Facultad Regional Villa María, Universidad Nacional de Córdoba
- Evaluación de Calidad en Procesos Ágiles desde la Perspectiva del Trabajo en Equipo (Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de Proyectos) – Autores: César J. Acuña, Noelia Pinto, Blas Cabas Geat, Nicolas Tortosa - UTN Facultad Regional Resistencia
- Un Servidor de Sistema de Archivos para un Sistema de Virtualización Distribuido (Redes, Sistemas Operativos, Fundamentos de Informática, Seguridad Informática) – Autores: Pablo Andrés Pessolani, Diego Padula - UTN Facultad Regional Santa Fe

Mejor trabajo estudiantil del VI CoNaIISI

Identificación de Grupos de Usuarios en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para la Detección de Pérdidas no Técnicas Mediante Data Science – Autores: Mariano Nicolas Yavorski, José Enrique Luis Flores - Universidad Gastón Dachary

MEJORES POSTERS CATEGORÍA TRABAJO ESTUDIANTIL DEL VI CoNaIISI

Poster científico categoría trabajo estudiantil del VI CoNaIISI - MENCIÓN ESPECIAL

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Análisis del impacto y funcionamiento de los Bots en las campañas políticas – Autores: Martín Mouriño, Ignacio Garay, Lautaro Puchol, Wilson Cruz, Lucas Battaglia – UTN FRBA

Mejor poster científico categoría trabajo estudiantil del VI CoNaIISI

Utilización de UP + Notación Z como Modelo de Proceso de Desarrollo aplicado a un Sistema Crítico (Trabajos estudiantiles) – Autores: Gabriel Andrés Dehner, Gabriel José Candia, Edgardo Belloni - Universidad Gastón Dachary

Poster científico categoría trabajo estudiantil del VI CoNaIISI - RECONOCIMIENTO AL DOCENTE MOTIVADOR Y SUS CÁTEDRAS

Mg. Ing. María Florencia Pollo-Cataneo

EVALUADORES

Evaluadores con mayor contribución al VI CoNaIISI

- Lucia Rosario Malbernat (Universidad CAECE)
- María Gabriela Degiampietro (Universidad FASTA)
- Patricia Paola Zachman (Universidad Nacional de Chaco Austral)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CoNaIISI 2018)

Trabajos Presentados

El 6º CoNaIISI aceptó presentaciones de trabajos en dos categorías: Trabajos de docentes-investigadores graduados y trabajos de alumnos.

Todos los trabajos fueron objeto del “*blind review*” por lo menos por dos miembros del comité evaluador de la temática respectiva. Las exposiciones podían ser orales o con formato póster.

Para el envío de trabajos, la gestión de las revisiones y los intercambios con autores y revisores se utilizó el OCS (Open Conference System).

Estadísticas

	Trabajos Aceptados	Trabajos Rechazados	Total de trabajos recibidos
Total general	315	97	412

Categoría Docentes-Investigadores

Los trabajos presentados por docentes-Investigadores podían corresponder a trabajos concluidos o consolidados de I+D y debían encuadrarse en una de las temáticas de la conferencia.

Se muestra a continuación los totales de trabajos recibidos, aceptados y rechazados a partir del resultado de las evaluaciones que realizaron los pares evaluadores.

Categoría	Trabajos Aceptados	Trabajos Rechazados	Total de trabajos recibidos
Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información, Artículos de investigación	43	8	51
Aspectos Legales y Profesionales, Artículos de investigación	4	2	6
Bases de Datos, Artículos de investigación	8	3	11
Educación en Ingeniería, Artículos de investigación	27	17	44
Ingeniería de Sistemas y de Software, Artículos de investigación	37	12	52
Redes-SO-FI, Artículos de investigación	23	9	32
Total general Categoría Docentes-Investigadores	142	51	196

Categoría Alumnos:

Los trabajos de alumnos se recibieron bajo las siguientes modalidades:

- Trabajo final de Carrera, Tesinas o Trabajo Integrador Final;
- Trabajo de Cátedra (debían indicar el nombre de la Cátedra y el nivel de cursado de la carrera).
 - Se dividieron en dos sub-categorías: De 1º a 3º Año y de 4º a 6º Año;
- Trabajo de I+D+i de alumnos extra-cátedra (debían indicar el marco en que se desarrollaba la investigación).

<i>Categoría</i>	<i>Trabajos Aceptados</i>	<i>Trabajos Rechazados</i>	<i>Total de trabajos recibidos</i>
<i>Trabajo de cátedra, Trabajos desde 1er año hasta 3er año</i>	56	9	65
<i>Trabajo de cátedra, Trabajos desde 4to año en adelante</i>	30	10	40
<i>Trabajo de Investigación de Alumnos extra-cátedra</i>	33	7	40
<i>Trabajo final de carrera, Trabajos en desarrollo, no finalizados</i>	39	10	49
<i>Trabajo final de carrera, Trabajos Finalizados</i>	15	7	22
Total general Categoría Alumnos	173	43	216

Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información

Título	Autores	Institución
Encadenamiento de Procesos Geoespaciales y Publicación Automática de Productos	Gabriel Martín Barrera, Gabriel José Bazán	Universidad de Palermo
Simulación de un proceso computacional distribuido para la evaluación de costos computacionales	Mariela Azul Gonzalez, Marcelo Nicolás Guzmán, Pablo Montini, Lucía Isabel Passoni	Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET
Diseño de una Interfaz Hombre - Máquina para un Sistema Disco Stirling	Daniel Juan José Monferrán, Daniel Alberto Zambrano, Gustavo Jimenez Placer, Gustavo Real	Universidad Nacional General Sarmiento
Proceso de Selección de Arquitectura a fin de Implementar un Modelo Predictivo Inteligente	Cinthia Vegega, Pablo Pytel, Luciano Straccia, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Aplicación de tecnología blockchain como incentivo para la adopción y gestión de energías renovables en la Argentina.	Guillermo Andrés Chinni	Universidad del Salvador
Predicción de la frecuencia fundamental de la voz con redes neuronales convolucionales	Mario Alejandro García, Lorena Rosset, Eduardo Atilio Destéfanis, Valeria Pereyra, José Cerrutti	UTN Facultad Regional Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba
Coprocador FPGA para la Aceleración del Diagnóstico Precoz en Cáncer de Mama	Lucas Leiva, Jordina Torrents-Barrena, Martín Vázquez	Universidad FASTA, Universidad Rovira i Virgili (España), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Método para la construcción de un Corpus periodístico mediante Expresiones Regulares	Osvaldo Sposito, Gastón Procopio, Julio Bossero	Universidad Nacional de La Matanza
Desafíos para Datos Educativos Abiertos en Argentina	María Fernanda Golobisky, Víctor Hugo Ruchinsky, Melina Vidoni	UTN Facultad Regional Santa Fe, Universidad Nacional de Formosa, INGAR CONICET-UTN,
Verificación de actas y certificados usando una red blockchain	Miguel Montes	Universidad de la Defensa Nacional - IUA, Universidad Nacional de Córdoba
Utilización de una Interfaz Cerebro-Computadora en Domótica	Nahuel Gonzalez, Augusto Michelli, Fernando Pose, Nahuel Martinez, Juan Geria	UTN Facultad Regional Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Sintonización Estática de ESSIM-DE(Ir) para Acelerar y Mejorar la Predicción de Incendios Forestales	María Laura Tardivo, Paola Caymes-Scutari, Germán Bianchini, Miguel Méndez-Garabetti	Universidad Nacional de Río Cuarto, UTN Facultad Regional Mendoza, CONICET
Planificación de centros turísticos en Ciudad del Este bajo un enfoque multiobjetivo	Carlos Domingo Almeida Delgado	Universidad Nacional del Este (Paraguay)
Predicción de disponibilidad de estacionamiento en la vía publica	Hugo Agustín Chirichigno, Santiago Vidal, J. Andres Diaz-Pace, Claudia Marcos	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, CONICET, CIC
Sistema de Información Turística basado en un Modelo Integral	Susana Isabel Herrera, María Mercedes Clusella, Silvia Sánchez Zuaín, José David Cheein, Fernando Leturia, Stefano Trejo, Sergio Rocabado Moreno	Universidad Católica de Santiago del Estero
Modelo de Decisión Multicriterio apoyado en herramientas SIG para definir Prioridades en la Gestión Sustentable del Recurso Hídrico Subterráneo en el Partido de Gral. Pueyrredon, Provincia de Buenos Aires, Argentina.	María Lourdes Lima, Barbara Corleto, Agustina Barilari, Paula Fresta, Victoria Asili, Daniel Albornoz, Natalia Veras, Ignacio Pertini	Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET
Beneficios del uso de Big Data en la Justicia. Análisis de su aplicación sobre el software INVESTIGA	Ariel Oscar Podesta, Sergio Viera, Sabrina Lamperti, Diego Caparra, Pedro Asis, Ana Di Iorio	Universidad FASTA, UTN Facultad Regional Delta
Modelo de ensamble de clasificadores homogéneos basado en la integración de técnica de reducción de instancias y atributos de manera simultánea.	Curso Cynthia, Calixto Maldonado, Luque Claudio, Casatti Martín, Martínez Gimena, Sarmiento Leandro	UTN Facultad Regional Córdoba
Aplicación de criterios para la evaluación de un repositorio institucional en implementación. El caso del RDU del CRUC -IUA	María Elena Ciolli, Judith Diseri	Universidad de la Defensa Nacional - IUA
Propuesta de Metodología de Generación Automática de Perímetros de Área Quemada usando Imágenes Satelitales MODIS para su Aplicación en un Sistema de Predicción de Incendios.	Agustín Zúñiga, José Aranciba, Miguel Méndez-Garabetti, Germán Bianchini, Paola Caymes-Scutari, María Laura Tardivo	UTN Facultad Regional Mendoza, CONICET, Universidad Nacional de Río Cuarto
Cálculo de áreas y perímetros con Realidad Aumentada	José Rolando Quispe	Universidad Nacional de Jujuy
Diseño de un algoritmo para la detección eficaz de ciclos de activación en la aplicación de monitoreo de carga por métodos no invasivos (NILM)	Diego Alejandro Cocconi, Rebeca Yuan, Micaela Mulassano, Nicolás Ferrero, Matías Beltramone, Andrea Biasco	UTN Facultad Regional San Francisco
Provincias y capitales de Argentina con Realidad Aumentada	José Rolando Quispe	Universidad Nacional de Jujuy
Automatización de evaluación de madurez ósea a través de técnicas de aprendizaje profundo	Santiago Diez, Pablo Pistilli, Franco Ferrero, Clarissa Paro, Gino Emiliozzi Isafas, Juan Lucas Pajín, Matías Marani, Nicolas Scandolo, Tomas	UTN Facultad Regional Rosario

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

	Corti	
Análisis de resultados de búsquedas en la Web: un enfoque semántico	Mariano Minoli, Manuel Lucero, Milton Weinhold	UTN Facultad Regional Resistencia
Diseño Automático de un Clasificador para Filtrado de Ruido en Imágenes Binarias utilizando Análisis del Discriminante Lineal	Agustina Bouchet, Susana Cristina Guevara Cruz, Emilio José Robalino Trujillo, Marcel Brun, Virginia Ballarin	Universidad Nacional de Mar del Plata
Transferencia de estilo entre audios mediante redes neuronales	Gabriel Martin Barrera, Hernán Ordiales	Universidad de Palermo
Comparativa de métodos de análisis/síntesis y procesamientos convolucionales		
Sistema de Estimación de Peso en vehículos de carga	Gabriel Martin Barrera, Gabriel Ureta	Universidad de Palermo
Mapas autoorganizados para el descubrimiento de patrones fisiológicos de ventilación pulmonar	Gustavo Javier Meschino, Gerardo Tusman, Lucía Isabel Passoni	Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata, Hospital Privado de Comunidad (MdP)
Sistema integral para el cuidado de ancianos en el hogar mediante la potencia de recepción de señales WiFi (RSSI)	Javier Carugno, Federico Andrés Orlando, Leandro Javier Cymberknop, Ricardo Luis Armentano Feijoo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Análisis y Diseño de un Simulador basado en Automatas Celulares para el Análisis de Tráfico Vehicular	Julio Monetti, Cristian Tissera, Oscar León	UTN Facultad Regional Mendoza, Universidad Nacional de San Luis
Aplicación del Algoritmo Vortex para Optimizar la Selección de Componentes en Filtros Bicuadráticos	Mónica Andrea Lovay, Gabriela Peretti, Eduardo Romero	UTN Facultad Regional Villa María, Universidad Nacional de Córdoba
Modeling and simulation of generative process of Biological Complex Adapting Systems using Model Driven Engineering	José Oscar Angelini, Milagros Gutierrez, Javier Omar Romagnoli, Ernesto Carlos Martínez, Tomás Molas Giménez	Universidad Nacional de Entre Ríos, UTN Facultad Regional Santa Fe, Universidad Adventista del Plata, INGAR (CONICET-UTN)
Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de datos de grafos dirigidos	María Alejandra Paz Menvielle, Cinthya Lorena Corso, Analía Guzmán, Martín Gustavo Casatti, Karina Ligorria	UTN Facultad Regional Córdoba
Comparación de algoritmos de clasificación para predecir la condición de una persona como Fumador/No Fumador, a partir de una encuesta	Jose Federico Medrano	Universidad Nacional de Jujuy
Análisis y desarrollo de un proceso de implementación de un Sistema de Gestión en Cooperativas de Salud a partir de tecnología GNU-Heatlh	Mariana del Fresno, Gonzalo Aranda, Manuela Rago, Cesar Tynik, José Fantasía, Mario Ferreyra, Martín Santiago, José María Massa	Universidad Nacional del Centro, GENEOS Cooperativa de Software Libre Ltda, CONICET, Comisión de Investigaciones

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

		Científicas de la Provincia de Buenos Aires
Interaction with Intelligent Conversation Agents: A case study	Victor Brito Villar, Guillermo Rodriguez, Fábio Gomes Rocha	Universidade Tiradentes (Brasil), Universidad Nacional del Centro
Modelo de Redes Neuronales Convolucionales Profundas para la Clasificación de Lesiones en Ecografías Mamarias	Hugo German Chanampe	Universidad Nacional de La Rioja
Análisis de temporalidad de imágenes con técnicas de detección, tracking y proyección de posición de un objeto.	Leonardo Martín Bustamante, Marcos Maciel, Daniela López De Luise	Universidad Abierta Interamericana, CI2S Labs
Robótica Aplicada a la Enseñanza de la Pediatría	Jorge Buabud, Mario Marcelo Figueroa de la Cruz, Francisco Alderete, José Alejandro Macedo, Alejandro Alicata, Gerardo Sebastián Pérez, Gabriel Camaño	UTN Facultad Regional Tucumán
Análisis de sentimientos de sitios web comunicacionales educativos. Un estudio del contexto regional.	Sonia I. Mariño, Silvina Podesta, Jaquelina Escalante	Universidad Nacional del Nordeste.
An Approach to Automatic Information Extraction in Social Aid Texts	Braian R. Varona, Claudio Aciti, Maria R. Dos Reis, Moisés E. Bueno	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, CONICET
Juegos Serios como Herramienta De Interacción y Participación en el Aprendizaje: Propuesta "Proyecto 1810"	Christian Parkinson, Roxana Martinez	Universidad Abierta Interamericana

Aspectos legales y profesionales

Título	Autores	Institución
Caracterización de los Millennials y el desafío del mercado laboral	Valeria Ortiz Quiroz, Ivana Patricia Sosa	UTN Facultad Regional Córdoba, Consultora Phifactor
Protocolo de actuación para recolección y preservación de la evidencia digital móvil en el Sistema Procesal Penal de Santiago del Estero	Graciela Viaña, Liliana María Figueroa, Cecilia Cristina Lara, Alfredo Corvalán, Norma Beatriz Lesca Gomez.	Universidad Nacional de Santiago del Estero, Ministerio Público Fiscal de Santiago del Estero
Que el bosque no tape los árboles: el uso de software en la investigación criminal	Martín Rodríguez, Bruno Constanzo, Sebastián Lasia, Ariel Podestá, Ana Di Iorio	Universidad FASTA, Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, Municipio de General Pueyrredon.
Análisis de herramientas para protección de datos personales	Enzo Notario, Luz Clara Bibiana, Beatriz Parra de Gallo	Universidad Católica de Salta

Simulación de un proceso computacional distribuido para la evaluación de costos computacionales

Mariela Azul González¹, Marcelo Nicolás Guzmán¹, Pablo Montini², Lucía Isabel Passoni¹

¹ Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica (CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). ICyTE. Laboratorio de Bioingeniería.- Universidad Nacional de Mar del Plata.

mazulgonzalez@fi.mdp.edu.ar, marnicguz1979@hotmail.com, lpassoni@fi.mdp.edu.ar

² Facultad de Ingeniería. Grupo de investigación de Inteligencia Artificial aplicada a Ingeniería.- Universidad Nacional de Mar del Plata

montini@fi.mdp.edu.ar

Abstract

La reducción del costo computacional es de gran importancia en aplicaciones que manejan grandes volúmenes de datos (Data Mining, Big Data, etc.). En estos casos, aumenta el costo computacional del entrenamiento en Redes Neuronales Artificiales, lo que limita la eficiencia de todo el proceso. El objetivo de éste trabajo es comparar diferentes métodos para la identificación de regiones de interés en imágenes de video de patrones dinámicos. Como hipótesis, suponemos que la disminución de la cantidad de datos de entrenamiento de una red neuronal no supervisada (mapas auto-organizados) permite una reducción del costo computacional, manteniendo su eficiencia. Los costos computacionales se evalúan usando parámetros estadísticos de la simulación de casos.

Palabras Clave: Gran volumen de datos, Redes auto-organizadas, Agrupamiento, Reducción de costos computacionales.

1. Introducción

Siempre que las Redes Neuronales Artificiales se aplican a tareas de reconocimiento de patrones que se ocupan de grandes volúmenes de datos, el costo computacional del entrenamiento se incrementa limitando la eficiencia de todo el proceso. En este trabajo proponemos un nuevo enfoque para el diseño de un sistema que segmenta regiones de interés (ROI) en secuencias de vídeo de gran volumen de patrones

dinámicos. Las características extraídas de las secuencias de imágenes se utilizan como entrada a una red neuronal no supervisada, mapas auto-organizados (SOM), para realizar el reconocimiento del ROI [1].

El diseño del sistema considera el uso de múltiples estaciones de adquisición y pre-procesamiento de vídeos cuyos resultados se transmitirán al procesador central.

En esta dirección Matharage *et al.* propusieron un método que entrena múltiples redes SOM con particiones de datos, y luego realiza una proyección de todas las redes en una red 2D [2]. Consideramos que esta solución no es suficiente porque no se optimiza la cantidad de información que se debe enviar desde las estaciones locales al procesador central. En otro sentido, Bedregal combina los SOM con los Métodos de Acceso Métrico (MAM) durante la etapa de entrenamiento, lo que minimiza el costo computacional en el procesador central [3]. Map Reduce divide grandes conjuntos de datos y los analiza de manera distribuida obteniendo una reducción del costo computacional [4]. En nuestra propuesta utilizamos un enfoque similar con un diseño novedoso al combinar herramientas del tipo *k-means clustering* y SOM [5].

2. Materiales y métodos

2.1 Speckle Láser Dinámico (SLD)

El SLD se observa cuando una superficie ópticamente rugosa, iluminada por una fuente de luz coherente,

presenta algún tipo de actividad local. La intensidad y las características del patrón de interferencia observado cambian con el tiempo en función de la actividad de la muestra. El cambio en estas imágenes es consecuencia de movimientos microscópicos o cambios locales en el índice de refracción de la muestra. Tanto la evolución temporal de la intensidad de cada píxel como su distribución espacial en una imagen muestran variaciones aparentemente aleatorias.

Los patrones SLD se han utilizado para evaluar cuestiones de interés en diferentes campos, como la Agronomía (análisis de semillas, calidad de las frutas, motilidad de los espermatozoides), Medicina (flujo sanguíneo capilar), industria (secado de la pintura, control de la fusión del helado, pan de levadura, geles), entre otros [6-9].

2.2 Identificación de ROI en imágenes utilizando SOM

El SOM o mapa auto-organizado es un tipo de red neuronal no supervisada que mapea el espacio de datos del conjunto de entrenamiento preservando la topología del espacio de datos. La elección de esta red neuronal se basa en que el SOM ha mostrado un buen desempeño en el agrupamiento natural de los datos, como así también eficacia en la visualización y segmentación de regiones de interés en imágenes [10].

A partir de la adquisición de la secuencia de imágenes de SLD obtenidos de varios estadios de una muestra de secado de pintura, se construye una imagen sintética de muestras con un nivel de actividad creciente. Con el fin de caracterizar eficazmente las diferencias de actividad en las regiones de interés (ROI), se entrena el SOM con vectores de características extraídas de la serie temporal de cada píxel [11]. En este sentido se han desarrollado varios descriptores de imágenes a partir de videos SLD para mejorar el reconocimiento de ROI [12].

Para visualizar la ROI se colorea el libro de códigos o *codebook* del SOM y se genera una imagen pseudocoloreada que segmenta las regiones del SLD según su actividad [13].

2.3. Comparación de esquema distribuido y centralizado

Se propone el diseño de un proceso distribuido que comprende la etapa de extracción de características y su pre-procesamiento culminando en el entrenamiento centralizado de una red neuronal no supervisada. Este proceso distribuido se compara con uno totalmente centralizado, donde la red neuronal se entrena con los datos originales provenientes de todas las estaciones de adquisición de videos (ver Figura 1). El proceso centralizado típico utilizado en el reconocimiento de ROIs entrena al SOM con el conjunto completo de

descriptores, mientras que el proceso distribuido entrena a la red neuronal solo con los centros de agrupamiento que se generan en cada estación de trabajo.

En el proceso distribuido cada estación de trabajo computa los algoritmos de extracción de características y realiza un proceso de agrupamiento utilizando el algoritmo *k-means clustering*.

El proceso propuesto es un proceso distribuido que comprende dos pasos (ver Figura 1):

1. Procesos paralelos en n estaciones de trabajo donde se lleva a cabo la adquisición de los videos, la extracción de características (descriptores) utilizando algoritmos en el dominio del tiempo, generando por cada píxel de la secuencia de imágenes un vector de tres dimensiones que caracteriza la dinámica de la muestra en ese punto. Con el fin de no transmitir tantos vectores como píxeles de la imagen existan, se realiza agrupamiento en k conjuntos de descriptores.

2. Entrenamiento de un SOM centralizado con los k -centroides calculados desde cada uno de los n puestos de trabajo paralelos. El objetivo de la presente propuesta es la mejora del rendimiento del entrenamiento SOM dentro de la estación central, donde confluyen todos los datos proporcionados por los puntos locales. En nuestra propuesta, se parte del supuesto de que las estaciones locales cuentan con dispositivos sensores y procesadores integrados con capacidades para adquirir y extraer características de secuencias de video.

El diseño de un modelo de procesamiento distribuido tiene como finalidad la disminución del costo computacional de todo el sistema de reconocimiento de patrones. El preprocesamiento en las estaciones locales disminuirá la carga del canal de transmisión y en adición como el entrenamiento del SOM se lleva a cabo con una menor cantidad de datos, se reduce la complejidad computacional del proceso.

El uso del SOM en la identificación de regiones de interés ha mostrado su eficacia en relación a otros métodos de reconocimiento [13]. Como caso particular, exploramos los beneficios del diseño distribuido aplicado a la detección de ROI en secuencias de video de Speckle Láser Dinámico (SLD).

2.4. Simulación estadística del proceso distribuido

Cada imagen analizada contiene 5 bandas verticales con el fin de identificar las diferentes ROIs asociadas a diferencias de actividad en la muestra. La extracción de características se realizó utilizando tres descriptores en el dominio temporal. Los 3 descriptores que mejor caracterizan el tipo de actividad bajo estudio son los denominados Autocorrelación, Fuzzy y Fuji [12].

Cada una de las bandas en las tres imágenes, corresponde al mismo intervalo de secado de pintura: la banda izquierda es la más seca (de menor actividad), y

hacia la derecha la más fresca que corresponde a mayor actividad en el SLD.

Los costos computacionales se evalúan mediante un la simulación de parámetros estadísticos. En la misma se emplearon funciones de distribución de tiempo de los algoritmos obtenidas repitiendo 1000 veces el proceso en cada una de ellas con fin de considerar la componente aleatoria del algoritmo de pre-procesamiento, dado que el algoritmo de agrupamiento k-means tiene un componente aleatorio dado por su inicialización.

Se simula el trabajo paralelo de 10 estaciones de trabajo donde se capturan los videos y se computa la extracción de características de los mismos. En esta simulación se realizan 50 iteraciones.

Para estimar los tiempos totales de preprocesamiento se utilizó el algoritmo de generación de números pseudo-aleatorios GPSS World para simular casos que aporten datos para mejorar la robustez de las estadísticas de costos computacionales. Este generador pseudo-aleatorio se basa en el algoritmo congruente multiplicativo de Lehmer, con un período máximo. El algoritmo produce números pseudo-aleatorios en el intervalo abierto de 0 a 2.147.483.647 y genera 2.147.483.646 números aleatorios únicos antes de repetirse [14].

El generador de números aleatorios de Lehmer (llamado así por DH Lehmer), también denominado generador de números aleatorios Park-Miller (después de Stephen K. Park y Keith W. Miller), es un tipo de generador congruente lineal (LCG) que opera en grupo multiplicativo de módulos enteros n.

La expresión general es:

$$X_{(k+1)} = g * (X_k * k \bmod n)$$

donde k: 0, ..., N y el módulo n es un número primo o una potencia de un número primo, el multiplicador g es un elemento de alto módulo de orden multiplicativo n (por ejemplo, un módulo de raíz primitivo n), la semilla X0 es coprimo de n, N es la cantidad total de elementos simulados. Por lo tanto, se calcularon 10,000 eventos simulados para ampliar la base estadística.

3. Resultados

Se probó el comportamiento del modelo distribuido y del centralizado para el reconocimiento de regiones correspondiente a una experiencia sintética de secado de pintura, evaluado con SLD, utilizando el esquema presentado en la Figura 1.

Se llevaron a cabo 50 iteraciones totales de cada proceso realizando mediciones de los costos computacionales y del error. Se evaluó el comportamiento del modelo distribuido y del centralizado para el reconocimiento de regiones correspondiente a las muestras de pinturas evaluadas.

La extracción de características se realizó utilizando tres descriptores en el dominio temporal. Los 3 descriptores que mejor caracterizan el tipo de actividad bajo estudio son los denominados Autocorrelación, Fuzzy y Fuji [12].

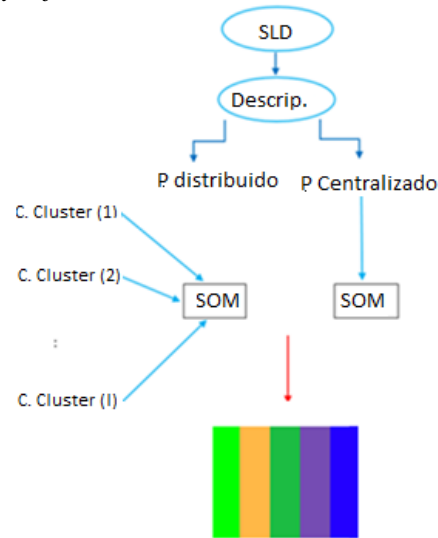


Figura 1: Esquema de los procesos simulados

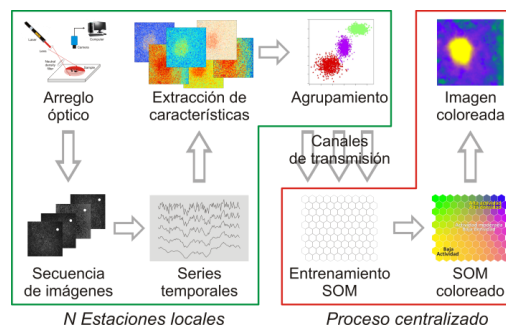


Figura 2: Esquema del proceso distribuido propuesto

Luego de las 50 iteraciones totales de cada proceso se evaluaron los costos computacionales (Fig. 3). Una vez que el mapa está entrenado, se realiza una prueba con un conjunto de datos diferentes a los utilizados para el entrenamiento del SOM. Para evaluar la precisión de los datos de prueba se compara los centros de cluster obtenidos con los del SOM ya entrenado. Es decir, se realiza mediante el cálculo de la distancia de los centros originales de cada banda (del SOM entrenado) respecto de los centros obtenidos durante la consulta obteniendo un error medio de 0.3151.

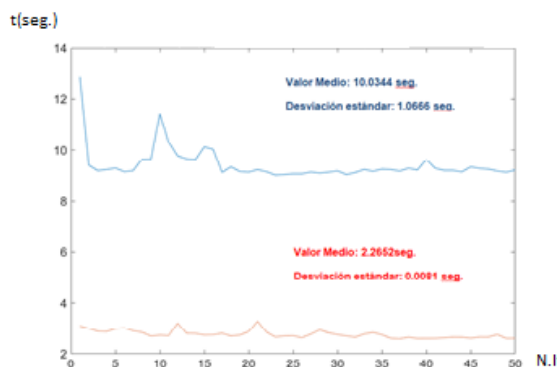


Figura 3: Variación del costo computacional de las 50 ejecuciones. En Azul se muestra el proceso centralizado y en Rojo el Distribuido

Finalmente, una vez que el mapa está entrenado, la consulta se realiza con un conjunto de datos diferentes a los utilizados para el entrenamiento.

4. Conclusiones

El modelado de los costos computacionales se realiza usando parámetros estadísticos obtenidos a partir de diseños experimentales de ensayos de extracción de ROI de vídeo SLD. La principal contribución de este trabajo preliminar es la reducción del costo computacional en comparación con el entrenamiento SOM con todos los datos y la liberación de ancho de banda en los canales de transmisión desde las estaciones de trabajo a la unidad de procesamiento. En futuros trabajos, abordaremos otras aplicaciones para probar la eficiencia, los requisitos de costos computacionales y los montos de los datos.

Referencias

- [1] Kohonen T. (1995): *Self-Organizing Map*. Springer-Verlag.
- [2] Matharage S., Ganegedara H. y Alahakoon D.(2013): "A scalable and dynamic self-organizing map for clustering large volumes of text data," The 2013 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Dallas, TX, pp. 1-8.
- [3] Bedregal C. E. Y Lizárraga C. E. (2008): "Agrupamiento de Datos utilizando técnicas MAM-SOM", Tesis profesional.UCSP - Universidad Católica San PablBraga R.A. Y Silva W.S.
- [4] MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters by Jeffrey Dean and Sanjay Ghemawat COMMUNICATIONS OF THE ACM January 2008/Vol. 51, No. 1.
- [5] MacQueen J. B., (1967) Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations. Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability pp. 281–297.

[6] R.A. Braga; W.S. Silva; T. Safadi (2008) Time history speckle pattern under statistical view, C.M.B. Nobre. Optics Communications No.281, pp.2443–2448.

[7] J. D., Briers, Laser speckle contrast imaging for measuring blood flow OpticaApplicata, (2) No. 1–2, 2007.

[8] Rabal, H. J. and Braga, R. A. Dynamic Laser Speckle and applications (eds.) Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2008.

[9] Zdunek A., Damiak A. A., Pieczywek Kurenda M., A. (2014): "The biospeckle method for the investigation of agricultural crops: A review" Optics and Lasers in Engineering Vol. 52, pp-276–285.

[10] Kohonen, T. (2013): "Essentials of the self-organizing map". Neural Networks, Vol 37, pp. 52–65.

[11] Dai Pra A. L., Meschino G., Guzmán M. N., Scandurra A. G., González M. A., Weber C., Trivi M., Rabal H., Y Passoni L. I. (2016): "Dynamic Speckle Image Segmentation" Journal of Optics Vol. 18), No. 8.

[12] Passoni L. I., Rabal H. J., Meschino G. Y Triv M. (2013): "Probability mapping images in dynamic speckle classification" Applied Optics No. 52 pp. 726–733.

[13] Passoni L.I. et al., In: Estévez P., Príncipe J., Zegers P. (2013) Improvements in the Visualization of Segmented Areas of Patterns of Dynamic Laser Speckle. (eds) Advances in Self-Organizing Maps. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 198. Springer, Berlin, Heidelberg

[14] Payne W.H, Rabung J.R. Y Bogyo T.P. (1969) "Coding the Lehmer pseudo-random number generator" Communications of the ACM. Vol. 12, No. 2, pp. 85–86.

Desafíos para Datos Educativos Abiertos en Argentina

Víctor Hugo Ruchinsky¹, Melina Vidoni², María Fernanda Golobisky³

¹Universidad Nacional de Formosa, vhuchinsky@hotmail.com

²INGAR CONICET-UTN, melinavidoni@santafe-conicet.gov.ar

³UTN Facultad Regional Santa Fe, mfgolo@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

La calidad y problemáticas del sistema educativo no pueden analizarse de forma aislada. Por esto mismo, resulta imperioso contar con datos de otros aspectos relacionados, tales como la disponibilidad de recursos, localización de las escuelas, distribución de fondos, entre otros. No obstante, a pesar del Plan Estratégico 2016-2021 del Ministerio de Educación, la información disponible se encuentra fragmentada e inconsistente, dificultando su análisis. El presente artículo trabaja esta problemática al proponer el desarrollo de una aplicación que permita extraer los datos, organizarlos, unificarlos y analizarlos, con el objetivo de socializar dicha información.

Palabras Clave. Datos Abiertos, Bases de Datos, Ciencia de Datos, Plataforma Online.

1. Introducción

El sistema educativo en Argentina ha mutado progresivamente, adaptándose a la sociedad actual. Sin embargo, existen muchos factores y desigualdades que afectan el desempeño académico de los educandos, y que deben ser considerados en el marco de la calidad educativa [1]. En particular, la disposición de recursos, la localización de las escuelas y la distribución de fondos son factores a considerarse [2, 3].

La *ciencia de datos* unifica estadísticas, análisis de datos, *machine learning* y métodos relacionados para comprender y analizar un problema real mediante los datos disponibles [4]. No obstante, no resulta posible estudiar las condiciones planteadas, si los organismos pertinentes no distribuyen los datos.

Por esto mismo, el “Plan Estratégico Nacional 2016-2021” del Ministerio de Educación y Deportes de la Nación (MEDN) reconoce esta problemática, requiriendo la evaluación de la información sobre la calidad

educativa para la mejora de la enseñanza y los aprendizajes [5]. Sin embargo, si bien múltiples organizaciones han abierto sus datos [6, 7, 8], la información generada se distribuye de forma fragmentada, aislada, con cada organismo publicando de una forma diferente, con un formato diferente. Por esto, resulta necesario unificar, filtrar y estandarizar los datos, antes de analizarlos. Este proceso previo es fundamental para la ciencia de datos [9], que reconoce la organización y preparación de datos como un paso previo esencial [10].

Este artículo se concentra en las problemáticas circundantes a los datos abiertos del sistema educativo argentino, principalmente en la obtención, limpieza y organización de los datos. Se propone la unificación automatizada de datos usando bases de datos NoSQL, dado que fueron generadas exclusivamente para trabajar con grandes cantidades de datos desestructurados y cambiantes, en situaciones donde la performance de las consultas es prioritaria [11]. Como resultado, son ampliamente utilizadas en la ciencia de datos, debido a su escalabilidad, facilidad de trabajo en la nube, y aptitud para el desarrollo ágil de aplicaciones web [12, 13].

Ésta es la primera iteración en el desarrollo de una plataforma online que permita extraer, organizar y visualizar la información de forma automatizada. El objetivo de la misma es favorecer el análisis del sistema educativo, distribuir la información en la población, y mejorar la toma de decisiones. Se presenta la arquitectura para la plataforma a desarrollar, su flujo de trabajo, y frameworks seleccionados.

2. Caracterización del Sistema Educativo Argentino

En Argentina, en las últimas décadas, se evidencia el crecimiento de la escolarización, una mayor inclusión educativa y una prolongación del periodo escolar obligatorio. Como resultado de esto, los estudiantes han

logrado obtener mayores niveles educativos que en periodos anteriores. Asimismo, la cobertura del sistema educativo también experimentó una expansión, la cual tuvo que ver con distintos factores intervinientes, entre otros, la mencionada ampliación de la obligatoriedad, la expansión de la oferta educativa y distintas acciones orientadas a fomentar la inclusión educativa y a estimular el incremento de la escolarización [14]. Sin embargo, el desempeño académico se ve afectado por la existencia de muchos factores y desigualdades que deben ser considerados en el marco de la calidad educativa. Disponer de esta información es fundamental para poder orientar políticas educativas y superar los déficits.

La Ley de Educación Nacional 26.206, establece que el Sistema Educativo Nacional está formado por un conjunto organizado de servicios y acciones regulados por el Estado, que posibilitan el ejercicio del derecho a la educación [15].

Este sistema se estructura en cuatro *niveles*: educación inicial (de 45 días a cinco años), primaria (a partir de los 6 años), secundaria (aquellos que completaron la primaria) y superior. La obligatoriedad escolar en todo el país se extiende desde la edad de cinco (5) años hasta la finalización de la educación secundaria. En particular, la educación superior comprende universidades e institutos universitarios, e institutos de educación superior, ambos a nivel nacional y provincial.

Además, existen *modalidades*; estas son opciones organizativas o curriculares, que responden a necesidades específicas de formación, tales como educación técnico profesional, artística, intercultural bilingüe, especial, permanente para jóvenes y adultos, rural, domiciliaria, hospitalaria, y en contextos de privación de libertad. Las modalidades pueden ser *desarrolladas* por un sector (privado o público) y en un *ámbito* (urbano o rural).

La educación se imparte en *establecimientos* educativos. Éstos pueden tener uno o más niveles, y pueden enfocarse en una modalidad o incluir varias. Sin embargo, siempre tienen un solo desarrollo y ámbito. Cada establecimiento se identifica por el Código Único de Establecimiento (CUE). Éste consta de siete dígitos, donde los dos primeros corresponden al código de la provincia y el resto a un número adjudicado correlativamente a cada establecimiento de la jurisdicción incluyendo los nacionales [16].

Por otro lado, algunas provincias emplean un número de 9 dígitos como identificador adicional, que no se encuentra extendido a todos los establecimientos educativos del país: el Código Único de Infraestructura (CUI), que registra la infraestructura edilicia del espacio físico donde se desarrollan las actividades y su entorno.

El funcionamiento y estructura del sistema educativo se caracterizan siguiendo diversos parámetros, los cuales pueden agruparse en:

- **Estructurales**: instituciones por jurisdicción, sus

niveles, modalidades, desarrollo y ámbito.

- **Datos Estadísticos de Alumnos**: la *matrícula* (cantidad de alumnos inscriptos y aceptados), cantidad por género, número de promovidos (aquellos que aprueban un año completo) y egresados (los que completan un nivel), y la tasa de *sobre-edad*. Ésta contabiliza a los alumnos de edad superior a la estimada por el sistema, con el ingreso a primaria a los seis años, y aprobando consecutivamente todos los grados.
- **Datos Estadísticos de Docentes**: la cantidad de docentes, la cantidad de cargos cubiertos y vacantes, la cantidad de horas cubiertas, y las secciones.
- **Otros Indicadores Estadísticos**: como ser tasa de promoción efectiva, cantidad de repitentes, cantidad de desertores, entre otros.

3. ESEDAR: Plataforma de Datos Educativos

El “Plan Estratégico Nacional 2016-2021” del MEDN [5] define tres ejes transversales dependientes directamente de los datos abiertos: la innovación y tecnología aplicada a la gestión institucional, la implementación de políticas pedagógicas contextualizadas, y la evaluación y uso de la información para la mejora de la enseñanza. No obstante, la mayoría de las escuelas no se adhiere individualmente a este plan, y los datos disponibles continúan siendo ofrecidos por ministerios u organismos descentralizados. En consecuencia, no publican abiertamente a cabo análisis que impliquen la minería y evaluación de dicha información.

Esto se debe a que la existencia de una base de datos unificada es clave para que diversas agrupaciones, e incluso ciudadanos individuales, puedan estudiar los datos existentes [17]. Sin embargo, ofrecer un análisis para dicha información también es esencial para alcanzar a un público aún mayor [18].

Por esto mismo, se propone a ESEDAR (Estadísticas Educativas Argentinas) como una herramienta online para unificar, persistir, estandarizar y analizar los datos que afectan a la calidad del sistema educativo argentino, para compartirlos de forma online y alcanzando al mayor público posible. ESEDAR tiene cinco requerimientos principales, los cuales determinan su funcionamiento interno. La Figura 1 los resume, destacando distintos actores con los que interactúa.

Web scraping es el proceso por el cual se navega un sitio web y se extrae información, sin la necesidad de intervención humana [19]. Actualmente existen librerías y paquetes que gestionan este proceso en múltiples lenguajes de programación [20, 21]. Por esto, se busca que ESEDAR pueda obtener automáticamente los datos

actualizados desde las diversas fuentes disponibles actualmente. El objetivo de esto es generar una aplicación que sea auto-actualizable y que incorpore nueva información sin la necesidad de nuevas iteraciones de desarrollo.

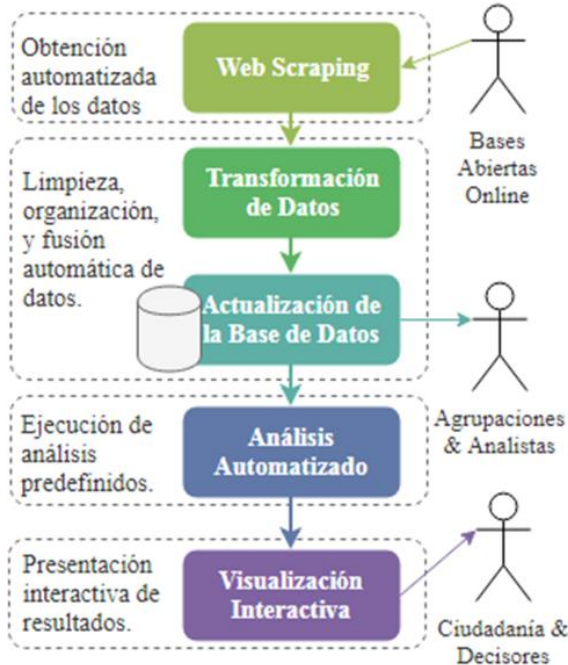


Figura 1. Resumen del funcionamiento interno de ESEDAR.

En la actualidad, es posible socializar el conocimiento fácilmente al ampliar su disponibilidad mediante la web [22]. Por esto, ESEDAR se diseña como una herramienta web, priorizando una navegación intuitiva y la visualización transparente de los datos. Esto se desarrolla en un proceso ágil, con entregas tempranas iterativas e incrementales, como lo es *Feature Driven Development* (FDD) [23]. Esta estrategia de desarrollo permitirá evaluar en forma temprana el producto para determinar si el mismo cumple con las expectativas [24]. Así, se tiene además la posibilidad de controlar la complejidad y los riesgos, desarrollando la plataforma por etapas y actuando como mecanismos de prueba para las funcionalidades en desarrollo [25].

En consecuencia, se proponen tres iteraciones mayores, o hitos:

1. Automatización de la extracción, limpieza y organización de los datos en la Base.
2. Selección de análisis, detección de paquetes y librerías, e implementación de scripts.
3. Desarrollo y perfeccionamiento de la visualización interactiva.

Cada uno de estos hitos se organiza en sub-iteraciones, fragmentando el problema a tratar, para

obtener entregas rápidas que se construyan sobre el trabajo existente.

El patrón arquitectónico más común para plataformas web es multicapas [26]. Así, se pretende que cada hito de FDD se concentre en cada capa, generando una línea base sólida para la siguiente. En consecuencia, resulta importante destacar que la estructura presentada en la Figura 2 constituye el *Modelo General Inicial* propuesto por FDD [23], el cual será refinado en las sucesivas iteraciones, hasta construir una arquitectura del software.

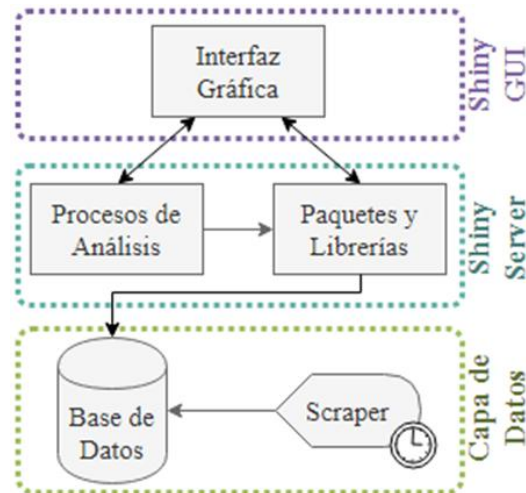


Figura 2. Estructura inicial de la arquitectura de ESEDAR.

R es un entorno y lenguaje de programación con un enfoque al análisis estadístico, ampliamente aceptado y utilizado para la ciencia de datos por sus capacidades [27]. Es un lenguaje extremadamente diverso, ya que posee capacidades para la obtención de datos, en particular el *web scraping* [21] (presente en la Capa de Datos), pasando por la gestión de bases de datos, el análisis como faceta principal, y la visualización [28].

Así, la Capa Lógica incluye los paquetes y librerías R que permiten realizar los procesos de análisis que sean seleccionados, empleando las funcionalidades disponibles en el lenguaje. En particular, paquetes como Shiny permiten crear plataformas web para el análisis interactivo de datos empleando R [29]. Esto se selecciona para la Capa Gráfica.

Otros autores han realizado trabajos similares empleando R. Un ejemplo exitoso es el "Philadelphia School Resource Mapper", que permite visualizar el entorno escolar en la ciudad de Filadelfia, considerando variables sociales [30]. Otro caso es un proyecto estadístico para la visualización de información de Universidades públicas con carreras de cuatro años, ubicadas en Estados Unidos [31].

Por esto, resulta conveniente y positivo seleccionar este lenguaje, ya que es posible desarrollar toda la

aplicación con él.

4. Disponibilidad de Datos Abiertos

La disponibilidad de datos abiertos ha demostrado ser fundamental para alcanzar los beneficios del gobierno abierto [18], tales como mayor participación ciudadana, valor agregado creado por los ciudadanos, mayor transparencia, agentes trabajando en red, y mejor reporte de problemáticas y respuestas del ala política. Actualmente existen diversas fuentes en Argentina, centradas en educación y aspectos sociales, que pueden considerarse. Las más relevantes, son:

- Los resultados de Aprender 2017 son ofrecidos por el gobierno nacional. Los datos solo se encuentran disponibles como reportes pre-procesados [6].
- Los cuadros estadísticos del sistema educativo son generados por INDEC y publicados de forma independiente [7]. A menudo, emplean el formato de archivos CSV.
- Censo Nacional del año 2010, ya que contienen información georreferenciada para un conjunto de variables socioeconómicas básicas. La unidad de menor desagregación es el radio censal y posee una completa cobertura del territorio nacional [16].
- Los datos socio-económicos son presentados por separado por UNICEF, en tres reportes diferentes: “Pobreza Monetaria en la Niñez y Adolescencia” [8], “Bienestar y Pobreza en Niñas, Niños y Adolescentes” [32], y “Estado de la Situación de la Niñez y Adolescencia” [33]. Cada uno de ellos posee una estructura diferente.
- El MEDN difunde las bases de datos de la estructura educativa a nivel país, incluyendo datos de cargos y horas, matrículas, modalidad, género, repitentes y sector de gestión [34]. Estos se encuentran en archivos CSV individuales, desde 2011; un detalle, es que presentan una demora de dos años en subir los datos, y los más recientes pertenecen al año 2016.



Figura 3. Problemas detectados en los datos abiertos del sistema educativo argentino.

Estos datos actualmente presentan varios problemas importantes (ver Figura 3), los cuales deben ser

solucionados para poder generar una base de datos consolidada. En particular, la problemática del Formato Inconsistente será discutida en la Sección 6.

4.1 Criterio de Identificación

No hay un criterio estandarizado de identificación de registros. Esto dificulta la unificación de los datos, ya que se requiere un esfuerzo mayor para consolidarlos. En muchos casos, esto implica un proceso manual que no puede ser automatizado, y que atenta contra el objetivo de una base de datos unificada.

Para los datos disponibles se detectan los identificadores resumidos en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de identificadores empleados, para datos abiertos crudos (no reportes).

Organismo	Dato	Identificador
INDEC	Matrículas Nivel Superior (Pública)	Nombre
	Matrículas Nivel Superior (Privada)	
Ministerio de Educación	Cargos y Horas	Identificador Propio
	Matrícula	
	Trayectoria	CUE

Así, se visualizan dos problemas principales. Primero, a pesar de definir al CUE y CUI como identificadores estandarizados, sólo un reporte lo utiliza; incluso, el propio MEDN emplea un identificador diferente para sus reportes. Segundo, la tabla presenta una gran faltante de datos; esto se debe a que en muchos casos, hay un formato inconsistente. Esto se discute en la siguiente sección.

Ambas problemáticas representan un riesgo, ya que enlazar los datos de forma incorrecta puede llevar a resultados inexactos, dirigiendo la toma de decisiones negativamente.

4.2 Datos Históricos y Distribución

Previo a la publicación del Plan 2016-2021, muchas organizaciones sólo publicaban resúmenes estadísticos de datos, en lugar de los datos sin procesar (denominados *datos crudos*). En muchos casos, estos son reportes ejecutivos en formato PDF, representados como imágenes; estos casos son difíciles de procesar y organizar.

También relacionado a esto, es el hecho de que muchos organismos no tienen la infraestructura requerida para mantener y proveer los datos abiertos [18]. En consecuencia, no todos los datos están disponibles en el mismo rango de años; incluso, esta diferencia ocurre para datos provistos por un mismo organismo.

La Tabla 2 resume la situación para cada uno de los

datos disponibles mencionados en la Sección 5, según organismo.

Tabla 2. Disponibilidad de datos abiertos históricos.

	Dato	Formato	Años
Ministerio de Educación	Pruebas Aprender	Reportes (Nacionales y Jurisdicción)	2017
	Cargos y Horas	Datos Crudos	2011-2016
	Matrícula	Datos Crudos	
	Trayectoria	Datos Crudos	2011-2016
	Establecimientos	Datos Crudos	
INDEC	Educación Común	Reporte por Provincia	2016
	Alumnos Repitentes Matrículas	Reporte por Provincia	
	Primaria/Secundaria (Pública) Matrículas	Reporte por Provincia	2014-2015
	Primaria/Secundaria (Privada) Matrículas	Reporte por Provincia	
	Matrículas Nivel Superior (Pública)	Resumen por Establecimiento	2015-2016
	Matrículas Nivel Superior (Privada)	Resumen por Establecimiento	
	Unidades Servicios (Primario y Secundario)	Reporte por Provincia	2015-2016
	Cargos Docentes (Primario y Secundario)	Reporte por Provincia	
	Horas Cátedra (Primario/Secundario)	Reporte por Provincia	
	UNICEF	Cargos Docentes (Superior, Público)	Reporte por Provincia
Bienestar y Pobreza (Niños y Jóvenes)		Reporte General	
Situación de la Niñez		Anexo Estadístico, Reporte por Provincia	
	Pobreza Monetaria (Niños y Jóvenes)	Reporte General	2017

5. Generación de la Base de Datos

Siguiendo el desarrollo iterativo de ESEDAR, el primer hito implica la generación de una capa de datos sólida, que permita automatizar la obtención de datos, organizarlos y unificarlos en una fuente única. En particular, este trabajo se concentra en la definición de dicha base de datos, la cual también se desarrolla de forma iterativa.

Inicialmente, se trabaja en los datos resumidos en la Tabla 1, que son los que se disponen de forma individual, y no como reportes ejecutivos. Como consecuencia de los problemas estudiados previamente, resulta fundamental definir qué datos se van a emplear y cómo se organizarán, antes de automatizar su lectura.

5.1 Persistencia de Datos

Los datos seleccionados presentan un problema adicional: existe un formato inconsistente, que no puede ser empleado de forma directa en el análisis de datos.

Esto se debe a que los datos provistos por el MEDN acerca de los niveles y modalidades de las escuelas se encuentran presentados como columnas individuales, donde una celda con una cruz indica la pertenencia del establecimiento. La Tabla 3 ejemplifica este formato. Debido a la extensión del archivo original se presenta un extracto del mismo.

Tabla 3. Extracto de datos de estructura, provistos por el MEDN.

ID	Sector	Inicial		Primaria	
		Maternal	Infantes	De 6	De 7
420000707	Estatal		X		
420007007	Privado			X	
420700007	Privado		X		
427000007	Estatal			X	
480001608	Estatal			X	

Cada uno de los niveles se divide en distintos tipos. Así, se obtiene: *inicial* (maternal o infantes), *primaria* (con seis grados o con siete), *secundaria* (ciclo básico de seis o siete grados, completo de seis o siete, o polimodal), junto con otros tipos no agrupados. En particular, si bien en las hojas de cálculo esto no es problema, mantener esta representación consume memoria adicional, y genera dificultades de operación.

Por lo tanto, como parte del proceso de unificación, se propone convertirlos a variables *categoricas*. Éstas toman un valor dentro de un conjunto finito determinado, representando categorías nominales [10]. Con esto, es posible crear una variable categórica por cada nivel, facilitando así su posterior análisis. No obstante, esta propuesta requiere considerar dos características clave:

- Un registro puede tener múltiples categorías para el mismo nivel.
- Dado que un registro puede no tener oferta en un nivel (por ejemplo, ser sólo una escuela primaria), continúan existiendo valores nulos que deben manejarse.

Por otro lado, los datos de cargos docentes tienen dos agrupaciones que deben ser considerados: para cada tipo de cargo (por ejemplo, dirección, apoyo, frente a alumnos), se distinguen aquellos cubiertos de los que están sin cubrir. La Tabla 4 ejemplifica esto mediante un extracto de un archivo.

Tabla 4. Extracto de datos de cargos, provistos por el MEDN.

ID	Cargos			
	Dirección		Frente a Alumnos	
	Cubiertos	Sin Cubrir	Cubiertos	Sin Cubrir
420000707				
420007007	3		12	1
420700007		3		
427000007	3		12	
480001608	4		9	

En este caso no resulta viable emplear variables categóricas, ya que ambos valores tienen que ser almacenados. Por esto, se realizan dos propuestas:

- Dividir la estructura en dos, en la cual una contenga sólo los cargos cubiertos, y otra contenga sólo los cargos no-cubiertos. De esta forma, se simplifica el análisis posterior de los datos, si bien no es la solución más óptima para el almacenamiento.
- Reducir los valores a pares cubierto/no-cubierto para cada clase de cargo (dirección, apoyo, frente a alumnos, etc.). Esto permite reducir valores, mejorando el procesamiento en memoria.

Buscando un balance entre la optimización en la persistencia y una estructura que permita un análisis simplificado, se elige la opción (A).

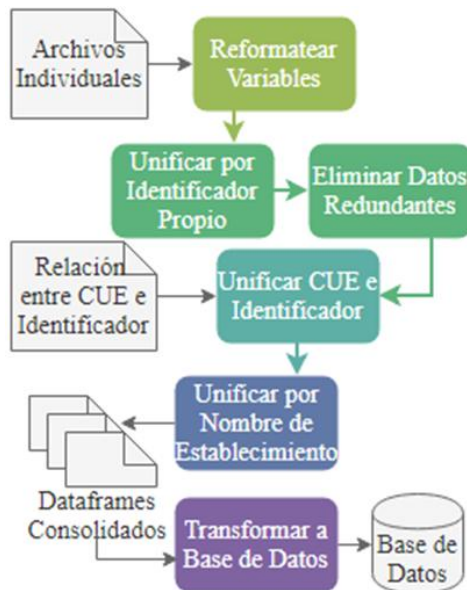


Figura 4. Flujo de actividades con los pasos para generar una base de datos consolidada.

Este procesamiento y conversión de datos se realiza mediante un script escrito en R, y sigue los pasos detallados en la Figura 4. Como se mencionó en la

Sección 5.1, la correspondencia entre los Identificadores y los CUE debe realizarse mediante un archivo externo, obtenido tras consultar directamente al MEDN.

5.2 Modelo de datos NoSQL

Considerando la problemática de la inconsistencia, manipular datos no estructurados y de formato cambiante en formato de tablas es un proceso complejo que requiere muchos recursos [35]. Una alternativa positiva son las bases de datos NoSQL (*Not Only SQL*), generadas exclusivamente para trabajar con grandes cantidades de datos desestructurados y no uniformes, donde la performance de las consultas es prioritaria [11]. Como resultado, NoSQL también es muy utilizado en la ciencia de datos, debido a su escalabilidad, facilidad de trabajo en la nube, y aptitud para el desarrollo ágil de aplicaciones web [12, 13].

Actualmente, existen varias propuestas para gestionar datos gubernamentales y/o educativos mediante este tipo de bases de datos. Hwang y otros [36] propusieron una arquitectura de bases NoSQL para la persistencia y gestión de datos educacionales inteligentes, generados en Corea del Sur. Michalik y colaboradores [37] diseñaron una arquitectura con sistemas relacionales y no relacionales, para gestionar las distintas fuentes de información analítica de una universidad. Finalmente, Demchemko y otros [38] presentaron un framework para definir la estructura de los cursos, su contenido, y modelo de aprendizaje en la Universidad de Amsterdam.

Existen varios tipos de bases NoSQL. En particular, las bases orientadas a documentos resultan equivalentes al concepto de objetos: cada registro se representa como un documento, los cuales no tienen que adherir a un esquema estandarizado, pueden tener campos diferentes, y pueden incluir otros objetos [39]. La base más popular de este tipo es MongoDB, y tanto R como Shiny ofrecen métodos para transparentar la conexión [29].

Debido a la similitud entre el modelo NoSQL orientado a documentos, y el paradigma de programación orientado a objetos, se emplea un diagrama de clases UML para mostrar la estructura lógica de la base de datos de la plataforma (ver Figura 5). Cada clase representa un tipo de documento, pero dado que su estructura interna puede variar los atributos en cursiva son opcionales para todos los documentos de dicho tipo. Por cuestiones de espacio sólo algunas clases se muestran en detalle.

Dado que un atributo puede ser una lista o incluso otro objeto [39], las variables categóricas se convierten en atributos tipo lista, permitiendo tener más de una categoría. Por su parte, los datos de los cargos se representan como atributos opcionales, que sólo existen en aquellos niveles ofrecidos por el establecimiento.

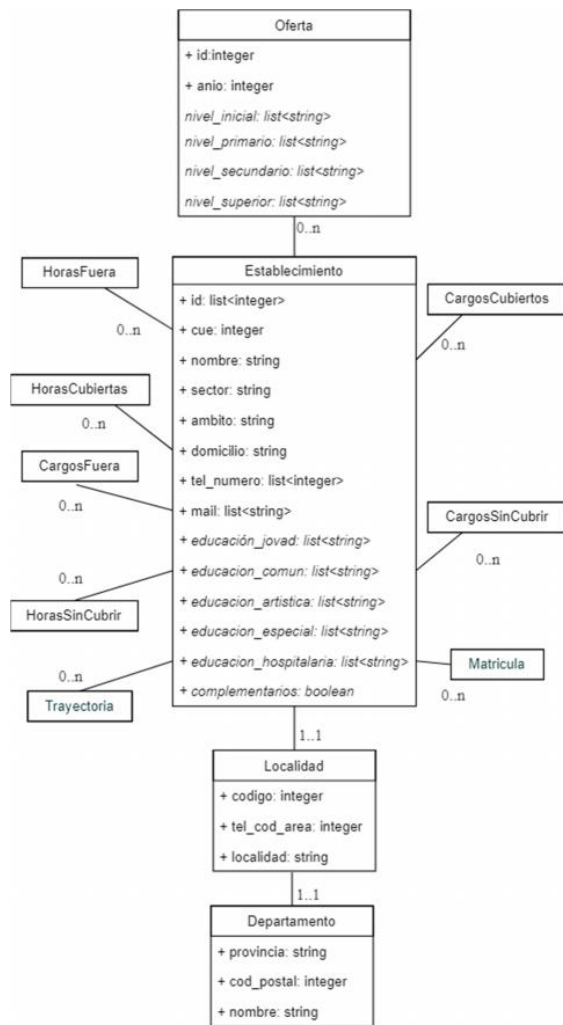


Figura 5. Diagrama de clases (resumido) representando la estructura de la base de datos NoSQL.

6. Conclusiones

En este artículo se sintetiza el trabajo que se viene realizando con el objeto de extraer y organizar la información correspondiente a los datos abiertos del sistema educativo argentino. El objetivo final es permitir su visualización de manera correcta, poniéndolos a disposición de la población a fin de contribuir al posterior análisis y toma de decisiones para la mejora de la enseñanza y los aprendizajes en las escuelas de Argentina.

Dado que los datos actualmente se encuentran dispersos e inconsistentes, dificultando en un alto grado la tarea de análisis, se propuso el desarrollo de una plataforma web que permita automatizar las tareas de

extracción de los datos alojados en la web, su organización y unificación en un formato común, para que a partir de tenerlos estandarizados se pueda realizar el análisis posterior.

Se determinó que el desarrollo de este producto de software se realice mediante prototipos, utilizando un enfoque ágil, basado en un desarrollo iterativo e incremental. Además, se planteó para su arquitectura, un modelo de tres capas (capa de datos, capa lógica y capa gráfica).

Se estudiaron y caracterizaron los elementos, parámetros y agrupaciones que conforman el sistema educativo argentino. Además, se analizaron los problemas que presentan los datos abiertos brindados por el MEDN, confeccionando un registro de los identificadores utilizados para los datos crudos y la disponibilidad -en rango de años- para los datos históricos. Todos estos elementos conforman la capa de datos.

Como parte del proceso de organización de los datos, se crearon variables categóricas para cada uno de los niveles y modalidades de las escuelas. Y se reestructuró la información relacionada con los cargos docentes. De esta manera, el mantenimiento de la información que se almacene se realizará con menor dificultad.

Por último, se trabajó en la generación de una base de datos NoSQL. La estructura de la misma fue presentada mediante un diagrama de clases UML. Para el procesamiento y conversión de los datos de la base se desarrolló una metodología que se realiza de manera automática, mediante un script escrito en lenguaje R. La característica no estructurada del modelo de datos NoSQL resultó adecuada para almacenar y gestionar los datos educativos.

Actualmente, el algoritmo de transformación de datos y la generación de la base de datos, se encuentran en etapa de implementación. Se espera que con ellos se simplifiquen los procesos de obtención de la información, como así también la disponibilidad y actualización de la misma, reduciendo la información imprecisa e inconsistente.

Como trabajos futuros se plantea: i) comenzar a trabajar sobre los algoritmos que permitirán navegar un sitio web y extraer la información necesaria, sin intervención humana, usando el paquete RCrawler, ii) comenzar a trabajar en el desarrollo del prototipo de la plataforma web y en la iii) presentación interactiva de los resultados.

7. Referencias

- [1] N. Krüger, «Equidad educativa interna y externa: principales tendencias en Argentina durante las últimas décadas», *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, vol. XLVI, n° 2, pp. 39-78, 2016.

- [2] A. Delich, «La calidad educativa en la Argentina: un problema a resolver», *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*, n° 1509, pp. 48-56, 2009.
- [3] J. Tedesco, «Argentina: Public Policies in Education 2001-2014», de *Education in South America*, vol. 1, S. Schwartzman, Ed., Londres, Reino Unido, Bloomsbury Academic, 2015, pp. 21-34.
- [4] C. Hayashi, «What is Data Science? Fundamental Concepts and a Heuristic Example», de *Data Science, Classification, and Related Methods*, https://doi.org/10.1007/978-4-431-65950-1_3 ed., C. Hayashi, K. Yajima, H. Bock, N. Ohsumi, Y. Tanaka y Y. Baba, Edits., Tokio, Springer, Tokyo, 1998, pp. 40-51.
- [5] Ministerio de Educación y Deportes de la Nación, «Argentina Enseña y Aprende: Plan Estratégico Nacional 2016-2021», Buenos Aires, 2016.
- [6] Ministerio de Educación, «Aprender 2017: Accedé a los resultados de primaria y secundaria a nivel nacional», Abril 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/aprender-2017-accede-los-resultados-de-primaria-y-secundaria-nivel-nacional>. [Último acceso: Junio 2018].
- [7] INDEC, «Cuadros Estadísticos del Sistema Educativo», 2016. [En línea]. Disponible: https://www.indec.gob.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=4&id_tema_2=33&id_tema_3=98. [Último acceso: Junio 2018].
- [8] UNICEF, IELDE, «La pobreza monetaria en la niñez y la adolescencia en Argentina», UNICEF, Junio 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.unicef.org/argentina/informes/la-pobreza-monetaria-en-la-ni%C3%B1ez-y-la-adolescencia-en-argentina>. [Último acceso: Junio 2018].
- [9] T. Hey, S. Tansley y K. Tolle, *The Fourth Paradigm: Data-intensive Scientific Discovery*, Primera ed., vol. 1, Microsoft Research, 2009.
- [10] H. Adèr, «Chapter 14: Phases and initial steps in data analysis», de *Advising on Research Methods: A Consultant's Companion*, Primera ed., vol. 1, G. Mellenbergh, H. Adèr y D. Hand, Edits., Huizen, Johannes van Kessel Pub., 2008, pp. 333-356.
- [11] J. Han, E. Haihong, G. Le y J. Du, «Survey on NoSQL Databases», de *6th International Conference on Pervasive Computing and Applications*, Port Elizabeth, South Africa, 2011.
- [12] A. Schram y K. Anderson, «MySQL to NoSQL: data modeling challenges in supporting scalability», de *3rd Annual Conference on Systems, Programming, and Applications: Software for Humanity*, Tucson, Arizona, USA, 2012.
- [13] J. Pokorný, «NoSQL databases: a step to database scalability in web environment», *International Journal of Web Information Systems*, vol. 9, n° 1, pp. 69-82, 2013.
- [14] A. Otero y A. Córlica, «La performance del sistema educativo argentino en las últimas décadas», *Análisis*, vol. 49, n° 90, pp. 17-37, 2017.
- [15] Cámara de Diputados y Senadores de la Nación, Ley de Educación Nacional N° 26.206, Capital Federal: Boletín Oficial de la República Argentina, 2006.
- [16] M. Herrera Gómez, «¿La localización de la escuela importa?. Condicionantes espacio-contextuales de la tasa de repitencia en un panel de datos georreferenciados», *Munich Personal RePEc Archive*, Agosto 2016.
- [17] «On the barriers for local government releasing open data», *Government Information Quarterly*, vol. 31, n° 1, pp. S10-S17, 2014.
- [18] M. Janssen, Y. Charalabidis y A. Zuiderwijk, «Benefits, Adoption Barriers and Myths of Open Data and Open Government», *Information Systems Management*, vol. 29, n° 4, pp. 258-268, 2012.
- [19] E. Vargiu y M. Urru, «Exploiting web scraping in a collaborative filtering- based approach to web advertising», *Artificial Intelligence Research*, vol. 2, n° 1, pp. 44-54, 2013.
- [20] P. Cording, «Algorithms for Web Scraping.» Kongens Lyngby, Denmark, 2011.
- [21] S. Khalil y M. Fakir, «RCrawler: An R package for parallel web crawling and scraping», *SoftwareX*, vol. 6, pp. 98-106, 2017.
- [22] N. Kwak, M. Skoric, A. Williams y N. Poor, «To Broadband or Not to Broadband: The Relationship Between High-speed Internet and Knowledge and Participation», *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, vol. 48, n° 3, pp. 421-445, 2004.
- [23] J. Hunt, «Feature-driven development», de *Agile Software Construction*, Primera ed., Springer, 2006, pp. 161-181.
- [24] K. Beck, M. Beedle, A. C. A. Bennekum, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, K. Schwaber, J. Sutherland and D. Thomas, «Manifesto for Agile Software Development », 2001. [Online]. Disponible: <http://www.agilemanifesto.org/>. [Último acceso: 2018].
- [25] H. Alahyari, R. Berntsson Svensson y T. Gorschek, «A study of value in agile software development organizations», *Journal of Systems and Software*, vol. 125, pp. 271-288, 2017.
- [26] P. Clements, F. Bachmann, L. Bass, D. Garlan, J. Ivers, R. Little, R. Nord y J. Stafford, *Documenting Software Architecture*, Second ed., Pittsburg, USA: Pearson Education, Inc., 2002.
- [27] R Core Team, *R language definition*, Vienna, Austria, 2000.
- [28] R. Ihaka y R. Gentleman, «R: a language for data analysis and graphics», *Journal of computational and graphical statistics*, vol. 5, n° 3, pp. 299-314, 1996.
- [29] Studio Inc., «shiny: Web Application Framework for R», 2017. [En línea]. Disponible: <https://cran.r-project.org/web/packages/shiny/index.html>. [Último acceso: 2018].

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [30] Kitamba, 2017. [En línea]. Disponible: <https://shinyserver.ddns.net/TheOpportunityProject/>. [Último acceso: 2018].
- [31] R. Majerus, 2017. [En línea]. Disponible: https://gallery.shinyapps.io/college_explorer-master/. [Último acceso: 2018].
- [32] UNICEF, «Bienestar y pobreza en niñas, niños y adolescentes en Argentina. Datos 2012-2015.», UNICEF, Mayo 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.unicef.org/argentina/informes/bienestar-y-pobreza-en-ni%C3%B1as-ni%C3%B1os-y-adolescentes-en-argentina>. [Último acceso: Junio 2018].
- [33] UNICEF, «Estado de la situación de la niñez y la adolescencia en Argentina», UNICEF, Noviembre 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.unicef.org/argentina/informes/estado-de-la-situaci%C3%B3n-de-la-ni%C3%B1ez-y-la-adolescencia-en-argentina>. [Último acceso: Junio 2018].
- [34] Dirección Nacional de Planeamiento de Políticas Educativas, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.argentina.gob.ar/educacion/planeamiento/info-estadistica/educativa>. [Último acceso: 2018].
- [35] W. Yafooz, S. Abidin, N. Omar y Z. Idrus, «Managing unstructured data in relational databases», de *IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013.
- [36] J. Hwang, S. Lee, Y. Lee y S. Park, «A Selection Method of Database System in Bigdata Environment: A Case Study From Smart Education Service in Korea», *International Journal Advance Soft Computing Application*, vol. 7, nº 1, pp. 9-21, 2015.
- [37] P. Michalik, J. Stofa y I. Zolotová, «Concept definition for Big Data architecture in the education system», de *12th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMII)*, Herl'any, Slovakia, 2014.
- [38] Y. Demchenko, E. Gruengard y S. Klous, «Instructional Model for Building Effective Big Data Curricula for Online and Campus Education», de *6th International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, Singapur, 2014.
- [39] M. Chevalier, M. Malki, A. Kopliku, O. Teste and R. Tournier, «Implementation of Multidimensional Databases with Document-Oriented NoSQL», in *International Conference on Big Data Analytics and Knowledge Discovery*, 2015.

Verificación de actas y certificados usando una red blockchain

Miguel Montes

Universidad Nacional de Córdoba - UNDEF CRUC-IUA

mmontes@iua.edu.ar

Resumen

Los sistemas de gestión de alumnos utilizados en universidades suelen requerir la existencia de actas de examen en papel, e implican a menudo que cierto tipo de certificados emitidos deban controlarse con esas actas. Esto se debe a que dichos sistemas carecen de mecanismos para asegurar a los responsables legales de la información que esta no ha sido alterada. Es posible implementar soluciones basadas en firma digital, pero estas soluciones no resuelven todos los problemas. El presente trabajo presenta una propuesta de solución de estos problemas mediante el uso de una red blockchain.

al sistema Guaraní, utilizado en muchas universidades, puede apreciarse en la figura 1¹.

Nº	Apellido y Nombre	Identificación	Instancia	Fecha	Nota	Letras	Resultado
1	ACEVEDO DANIEL GERMAN	DNI 4250191	Regular	05/10/2016	2	Dos	Reprobado
2	ACEVEDO ROXANA AIDE	DNI 9609175	Regular	05/10/2016	8	Ocho	Aprobado
3	ACOSTA PATRICIO JESUS	DNI 17179516	Regular	05/10/2016	4	Cuatro	Aprobado
4	Agra Rúa Verónica	DNI 1000253	Regular	05/10/2016	3	Tres	Reprobado
5	Aguer Santiago Alejandro	DNI 1000300	Regular	05/10/2016			Ausente

Figura 1. Acta emitida por el sistema Guaraní

1. Introducción

1.1. Descripción del problema

En las universidades argentinas, y particularmente en las universidades nacionales, los resultados de los procesos de evaluación que implican la aprobación de asignaturas se representan en *actas*. Puede haber distintas formas de aprobación que impliquen la existencia de distintos tipos de actas, tales como actas de examen, actas de promoción o actas de equivalencia, pero sus características son muy similares. Por lo tanto me referiré, sin pérdida de generalidad, a las actas de examen, pero debe entenderse que la mayoría de los conceptos puede aplicarse a los otros tipos de acta.

Cada acta posee una *cabecera* o encabezado, que contiene información que corresponde a la totalidad del acta, tal como la materia a la cual corresponde o la fecha. Además, toda acta está identificada por un *número de acta* que también forma parte de la cabecera.

Además de esta cabecera, el acta cuenta con uno o más renglones, cada uno de los cuales corresponde a un alumno. Cada renglón contiene, como mínimo, el nombre y DNI del alumno y su calificación, aunque puede contener datos adicionales.

Un ejemplo de acta, en este caso correspondiente

En los sistemas informatizados de gestión las actas son completadas o bien por los docentes o por personal administrativo, y cuando se han realizado los controles correspondientes se procede a *cerrar* el acta e imprimirla. Un acta cerrada ya no puede ser modificada, y sólo puede corregirse mediante la emisión de *actas rectificativas*.

Las actas impresas son habitualmente firmadas de forma ológrafa por los integrantes del tribunal examinador, encuadradas en *libros de actas* y archivadas.

Muchos sistemas, como el sistema Guaraní antes mencionado, no proveen un mecanismo para garantizar la integridad de los datos. Habitualmente cuentan con un sistema de roles y mecanismos de control de acceso que impiden que desde la interface normal del sistema puedan modificarse actas cerradas. Sin embargo, nada impide que un administrador de bases de datos (DBA) modifique los datos directamente en la base de datos. Es decir, los responsables legales de las notas (docentes, despachos de alumnos, secretarios académicos o decanos) no pueden confiar de forma absoluta en la *integridad* de la información.

Esto conduce a que existan dos clases de certificados que se entregan a los alumnos: certificados *verificados en actas* y *no verificados en actas*. Un certificado

¹Imagen correspondiente a la documentación de Guaraní producida por SIU

tiene una estructura similar a un acta, en cuanto cuenta con una cabecera con datos filiatorios del alumno, y una secuencia de renglones, cada uno de los cuales corresponde a un examen. El proceso de verificación es laborioso, ya que implica tomar un certificado y contrastar la nota de cada materia con el acta correspondiente en papel.

Esto representa una carga de trabajo considerable, y en facultades masivas puede representar la existencia de empleados administrativos cuya única función sea verificar actas.

1.2. Requisitos de la solución

Proponemos los siguientes requisitos para una solución que permita la verificación automatizada de certificados.

Inexistencia de falsos positivos No deben existir falsos positivos. Si un certificado es inválido, en ningún caso el sistema debe reportarlo como válido.

Bajo número de falsos negativos El sistema debe producir una baja cantidad de falsos negativos. La razón de la diferencia con el caso anterior es que el falso negativo no es un problema de *integridad*, sino de *disponibilidad*. Si un certificado es válido, y el sistema no puede probarlo, es posible recurrir a otros métodos, tales como la verificación manual del acta. Una razón por la cual podría ocurrir que un certificado válido no pueda ser comprobado es que el acta correspondiente no esté disponible para el sistema de validación.

Sin embargo, lo deseable es que no haya falsos negativos, y el sistema debe aspirar a esa situación.

Nivel de seguridad En todo sistema computacional en el que sea necesario proteger la *integridad*, es necesario cuantificar el nivel de seguridad deseado. En este caso, acorde con las mejores prácticas recomendamos 128 bits de seguridad. Es decir, construir una falsificación debe requerir un trabajo computacional del orden de 2^{128} operaciones.

Independencia del software Ronald Rivest propuso, en el contexto de sistemas de votación, el concepto de *independencia del software* [1]. Si bien su planteo se refiere exclusivamente a sistemas de votación, el concepto puede extenderse a otras áreas. Básicamente establece que un sistema es dependiente del software si un cambio o error *no detectado* en el software, puede provocar un cambio o error *indetectable* en la salida del sistema. En ese sentido, en un sistema de verificación de actas es característica deseable que no sea posible que una

alteración del software, sea esta inocente o maliciosa, afecte la validez de la verificación.

2. Solución basada en firma digital

2.1. Una posible solución

La *firma digital* es un primitiva criptográfica fundamental para la autenticación, autorización y el no repudio [2, 3]. Su propósito es ligar una identidad a un cierto documento o fragmento de información de manera de garantizar que dicha información:

1. ha sido producida por el firmante,
2. no ha sido alterada desde la firma, y
3. no puede ser repudiada por el firmante.

Se trata de un ejemplo de la criptografía de clave pública o asimétrica. En el caso de la firma el poseedor de una *clave privada* puede *firmar* un documento digital, y la firma generada puede ser verificada por cualquiera que posea la correspondiente *clave pública*. Los algoritmos de firma más difundidos se basan en la dificultad de dos problemas matemáticos: el problema de la factorización de números grandes, en el caso del algoritmo RSA, y el problema del logaritmo discreto en el caso de El Gamal y sus derivados, DSA y ECDSA. DSA (Digital Signature Algorithm) es una variante de El Gamal estandarizada en 1991 por NIST (National Institute of Standards and Technology), y ECDSA (Elliptic Curve DSA) es a su vez una variante del anterior basada en criptografía de curvas elípticas [4].

En la República Argentina la Ley 25.506, o Ley de Firma Digital [5], reconoce el valor probatorio de la firma digital y establece, en su artículo 12, que "La exigencia legal de conservar documentos, registros o datos, también queda satisfecha con la conservación de los correspondientes documentos digitales firmados digitalmente". Es decir, el marco legal permite el reemplazo de las actas en papel por *actas digitales*.

Sin embargo en este caso conviene distinguir entre dos usos posibles de la firma digital. Se puede firmar digitalmente:

1. un documento destinado a ser leído por una persona (por ejemplo un archivo en formato PDF), o
2. un documento destinado a ser procesado por una computadora (por ejemplo un archivo en formato XML o JSON).

Si bien la primera de estas alternativas es importante, no soluciona nuestro problema de verificación de

certificados. En primer lugar, lo que se firma es un documento equivalente al acta en papel, lo cual no garantiza la integridad de los datos en la base de datos. Sigue siendo necesario que una persona contraste los certificados contra las actas, que en este caso serán digitales.

La que nos interesa es la segunda de las alternativas: que el objeto firmado sea un documento en un formato procesable por computadora. Si tanto el acta como el certificado son documentos en un formato procesable por una computadora es posible construir un programa que valide los certificados contra las actas.

Esta segunda alternativa nos brinda entonces una posible solución a nuestro problema. Esta solución cumple parcialmente con nuestros requisitos. Por ejemplo, los 128 bits de seguridad pueden obtenerse utilizando ECDSA con clave de 256 bits.

Sin embargo, la solución presenta ciertas deficiencias que analizaremos a continuación.

2.2. Problemas con la solución basada en firma digital

La firma digital tiene un conjunto de dificultades de implementación: se trata de un sistema complejo, requiere el uso de *tokens criptográficos* para implementarla de forma adecuada, existen con frecuencia incompatibilidades entre estos *tokens* y distintas versiones de sistemas operativos y *browsers*, etc. Sin embargo, no son esos los problemas que discutiremos en esta sección.

Recordemos que nuestro problema es que queremos garantizar que *nadie*, ni siquiera el DBA, pueda violar la *integridad* del sistema. La condición de integridad implica que no debe poder modificarse la información *sin que esa modificación sea detectada*. Es obvio que la información puede ser destruida, por ejemplo eliminando la base de datos. Pero esto no es un problema de integridad, sino de *disponibilidad*, y debe combatirse con otras herramientas (como por ejemplo una adecuada política de copias de respaldo).

2.2.1. El problema de las actas rectificativas. Como se mencionó antes, un acta cerrada no puede ser modificada, y la corrección de errores sólo puede realizarse mediante *actas rectificativas*. Estas actas contienen la información necesaria para salvar los errores del acta original. En el caso de las actas en papel es posible agregar al acta original una indicación de la existencia del acta rectificativa. En el caso del acta digital, el problema es que el acta original sigue teniendo una firma válida. Es decir, que si el sistema emite un certificado que hace referencia al acta original en lugar del acta rectificativa, el *software* de control de certificados no tiene forma de

saber que el acta ha sido rectificada. O el DBA podría borrar toda evidencia de la existencia del acta rectificativa, con lo cual el acta original, que debería ser inválida, recupera (en forma incorrecta) su validez.

Existen posibles soluciones mediante la implementación de un registro de actas independiente del sistema, que no esté bajo el control de los administradores del sistema de gestión de alumnos, pero el punto es que la firma digital, sola, no nos brinda una solución completa al problema.

2.2.2. El principio de independencia del software.

El sistema propuesto de validación de actas firmadas digitalmente tiene algunos inconvenientes para satisfacer este requisito. En particular, si el validador de certificados es parte integral del sistema de gestión de alumnos, podría ser alterado para que reporte como válidos certificados que no lo son. Por lo tanto, el validador debe ser externo, y deben proveérsele todas las actas digitales necesarias para realizar la validación. Esto puede no representar inconvenientes en algunos casos, pero en otros puede no ser apropiado entregar las actas completas, por razones de confidencialidad.

E inclusive si se soluciona ese aspecto, queda vigente el problema de las actas rectificativas. Si el *software* de gestión de alumnos omite la entrega de las actas rectificativas, el validador no tiene forma de saberlo, y el principio de independencia de *software* es violada: un cambio en el *software* produce un cambio indetectable en la salida.

3. Blockchain

3.1. Qué es *blockchain*

El concepto de *blockchain*² fue introducido en 2008 por Satoshi Nakamoto [6] como base de Bitcoin. Se trata de una cadena de registros (bloques), ligados criptográficamente entre sí. La cadena se difunde entre los participantes mediante protocolos *peer-to-peer*, de manera que todos los nodos tengan acceso a una copia completa de toda la información. La cadena solo puede crecer (no es posible eliminar bloques), y existe un *mecanismo de consenso* sobre como se agregan nuevos bloques.

La cadena consiste, pues, en un registro inalterable de *transacciones*. En el caso de las criptomonedas esas transacciones representan transferencias de fondos, pero existen casos en los que es posible representar otros eventos. Esas transacciones se agrupan en bloques, que se encadenan entre si con herramientas criptográficas,

²Si bien el concepto puede ser traducido como “cadena de bloques” utilizaré el término en inglés que está mas difundido.

de forma tal que es computacionalmente imposible alterar un bloque sin invalidar toda la cadena posterior.

Esto permite que todos los participantes en la red (nodos) se pongan de acuerdo en un cierto *estado* que se deriva de la aplicación de todas las transacciones. Es, por lo tanto, un sistema de consenso *descentralizado*.

La primera red de *blockchain* fue Bitcoin, una criptomoneda propuesta por Nakamoto, pero en la actualidad existen otras redes, tales como Ethereum, Monero, ZCash, etc. Existen redes públicas, como las mencionadas, en las que cualquiera puede participar, pero también existen redes privadas o *permissionadas*, en el marco de una organización o una federación de miembros, en los cuales la participación en la red está restringida.

Existen múltiples mecanismos de consenso, entre los que merecen destacarse:

Proof-of-Work: En el esquema de *prueba de trabajo* los nodos tratan de resolver cierto problema computacional costoso, y el nodo que lo resuelve agrega un nuevo bloque a la cadena. Por ejemplo en Bitcoin el problema consiste en calcular un doble hash SHA256 del bloque de manera que el resultado sea inferior a cierto número que depende del nivel de dificultad establecido, y este nivel de dificultad se establece de manera que se agregue un bloque cada aproximadamente 10 minutos. Los nodos que realizan este trabajo se denominan *mineros* (miners).

Proof-of-Stake: En el esquema de *prueba de interés*, la capacidad de agregar nuevos nodos a la cadena depende de la inversión que tenga el nodo en la cadena. La red Ethereum, que actualmente está usando *Proof-of-Work* tiene planificado migrar a un mecanismo *Proof-of-Stake*.

Proof-of-Authority: El esquema *prueba de autoridad* puede utilizarse en una red permissionada. Existe un conjunto de nodos autorizados para agregar bloques, y un algoritmo para que los nodos se turnen. Los nodos que pueden agregar bloques se denominan *selladores* (sealers). Se puede implementar una red de este tipo utilizando el protocolo Ethereum, desplegado como red permissionada. Un ejemplo de red con este tipo de consenso es la Blockchain Federal Argentina (en formación al momento de escribir este trabajo).

Si bien el principal uso de esta tecnología son las criptomonedas, desde un comienzo han surgido aplicaciones alternativas. Namecoin, por ejemplo, introduce la posibilidad de almacenar en la cadena pares clave-valor, lo cual permite implementar su caso testigo, la gestión del dominio de primer nivel `.bit`.

Otro ejemplo de uso de una *blockchain* es el de `opentimestamps.org`, que implementa un mecanismo de *timestamp* registrando el hash de documentos en transacciones de la red Bitcoin. Este sistema es utilizado por el Boletín Oficial de la República Argentina para certificar que las ediciones del boletín no han sido modificadas.

3.2. Ethereum

Ethereum es una red *blockchain* propuesta en 2013 por Vitalik Buterin [8] que introduce la característica adicional de que la red constituye una *máquina virtual descentralizada* que es *Turing-completa*. Es decir, cada nodo puede interpretarse como una máquina virtual, la EVM (Ethereum Virtual Machine) [9], que ejecuta código almacenado en lo que se conoce como *smart contracts*. Como todos los nodos ejecutan el mismo código, procesando la misma secuencia de transacciones (contenidas en los bloques de la cadena), todos coinciden en un mismo estado y puede concebirse a toda la red como una máquina virtual distribuida.

Este mecanismo es obviamente ineficiente como forma de resolver problemas computacionales, ya que la computación se repite en todos los nodos. Sin embargo, proporciona un esquema de computación completamente descentralizado que permite desarrollar soluciones en las que la descentralización sea un beneficio.

Un *smart contract* es básicamente un programa que se ejecuta en la EVM. Se han desarrollado distintos lenguajes de programación que permiten la escritura de contratos, del cual el más difundido es Solidity [10]. Un programa escrito en Solidity se compila a *bytecode* de la EVM, y se despliega en la red mediante una transacción. El código del contrato sólo se activa por medio de interacciones iniciadas por los usuarios de la red. Un usuario interactúa con el contrato mediante *llamadas* (calls) que invocan funciones del contrato que no modifican el estado; y *transacciones* que invocan funciones del contrato que sí lo modifican. Esas funciones pueden a su vez invocar otras funciones del mismo contrato, invocar funciones definidas en otros contratos o incluso crear nuevos contratos. Cada contrato tiene asociado un almacenamiento que consiste en un almacén de pares clave-valor, donde tanto las claves como los valores son de 32 bytes (256 bits). Esto implica que el almacenamiento teórico es mayor que el de cualquier computadora que se pueda construir. El número 2^{256} está en el orden de la cantidad de átomos en el universo visible, por lo que es imposible construir una máquina física con esa cantidad de almacenamiento.

Las aplicaciones que se ejecutan en la *blockchain* Ethereum son llamadas *Dapps* (decentralized appli-

cations). Estas aplicaciones normalmente implican la existencia de uno o más contratos desplegados en la red, y de un *front-end* que interactúa con el usuario y envía los mensajes adecuados a la red. El *front-end* puede desarrollarse en distintos lenguajes, pero es común hacerlo en Javascript utilizando la biblioteca `web3.js` [11].

Estos programas se conectan a la red a través de un *nodo*, que puede ser local o alojado en Internet. Existen distintas implementaciones de nodos. Una de las más conocidas es `geth`, desarrollada en el lenguaje Go.

4. Una solución basada en *smart contracts*

4.1. Razones para una solución descentralizada

Las características de las redes *blockchain*, y en particular el concepto de *smart contracts* introducido en Ethereum nos permiten pensar en una solución a nuestro problema de verificación de certificados.

¿Cuál podría ser el valor agregado de esta solución?. Recordemos que nuestro problema consiste en garantizar a los usuarios, en particular al personal administrativo y autoridades de las unidades académicas, que el sistema *no puede* modificar las actas sin que esa modificación sea detectada.

Es muy difícil brindar esa garantía desde un sistema centralizado. Como hemos visto con el caso de la eliminación de las actas rectificativas, es posible hacer modificaciones que no son detectadas incluso con el uso de firma digital. Y el usuario no tiene otra forma de verificar la información si no es por medio del mismo sistema que se desea controlar.

Una posible solución es utilizar un *sistema descentralizado*, que no esté bajo el control del sistema de gestión de alumnos. Si este sistema descentralizado puede brindar garantías de que no se eliminan registros, el sistema de gestión podría registrar en este sistema cierta *evidencia* de las actas emitidas, y luego los certificados podrían validarse contra esta evidencia.

Al hablar de *evidencia* estamos implicando que no es necesario guardar el acta completa, sino cierta información de que ese acta existía en un cierto momento en el tiempo.

4.2. Descripción de la solución propuesta

La solución que se propone consiste en modelar las actas como *smart contracts*. Cada acta es representada por contrato que se inicializa con información contenida en ella, y que provee una interface que permite verificar datos, por ejemplo de un certificado, contra los que han sido registrados.

4.2.1. Primera versión del acta. En una versión simplificada del acta, es necesario registrar los siguientes componentes:

Identificación del acta: Un identificador único distinta a este acta de todas las demás, y que permita a quienes lo necesiten saber que el contrato corresponde al acta de su interés. Se obtiene aplicando una función de hash a ciertos campos del acta que permiten identificarla (por ejemplo, el número de acta).

Cabecera: Un hash de los campos de la cabecera del acta. Como sólo deseamos almacenar una evidencia del acta, y no el acta misma, no es necesario guardar el contenido de la cabecera, sino solo su hash.

Creador: La dirección del creador del acta, para validar ciertas operaciones que sólo pueden ser realizadas por el creador.

Renglones: Una evidencia de cada renglón del acta. En la práctica se trata de un hash de campos que permitan garantizar la unicidad del renglón, y que se basen en información que puede ser recuperada del certificado que se desea validar. Por ejemplo, podría ser la tupla (*id-acta, apellido, nombre, dni, fecha, materia, nota, estado*). Puede apreciarse que algunos de los campos corresponden al renglón (*apellido, dni, ...*) y otros a la cabecera (*id-acta, materia, fecha*).

Estado: Un campo que permita determinar si el acta está activa o ha sido revocada.

La cabecera es también un identificador del acta, por lo que parecería que no es necesario un campo adicional. Sin embargo, puede ocurrir que la cabecera contenga cierta información que no forme parte del certificado a validar. En ese caso, si la cabecera fuera el identificador, el programa validador no poseería toda la información necesaria para identificar el acta.

El código siguiente presenta una posible implementación en Solidity de un acta de estas características³.

```
1 contract Acta {
2   enum Estado { Activa, Revocada }
3   bytes32 public id;
4   bytes32 cabecera;
5   mapping(bytes32 => bool) renglones;
6   address public creador;
```

³La sintaxis de los ejemplos en Solidity y Javascript puede variar según la versión de Solidity y la biblioteca `web3`.


```

7 Estado public estado;
8
9 event ActaCreada (bytes32 id);
10 event ActaRevocada (bytes32 id);
11
12 modifier solo_creador{
13     require(msg.sender == creador);
14     _;
15 }
16
17 constructor (
18     bytes32 id_,
19     bytes32 cabecera_,
20     bytes32[] renglones_
21 ) public {
22     require(cabecera_ != 0
23         && renglones_.length > 0);
24     creador = msg.sender;
25     id = id_;
26     cabecera = cabecera_;
27     for (uint i = 0;
28         i < renglones_.length;
29         i++){
30         renglones[renglones_[i]]
31             = true;
32     }
33     estado = Estado.Activa;
34     emit ActaCreada(id_);
35 }
36
37 function renglonValido(
38     bytes32 renglon
39 ) public view returns (
40     bool valido
41 ) {
42     require(estado == Estado.Activa);
43     return renglones[renglon];
44 }
45
46 function revocar()
47     public solo_creador{
48     estado = Estado.Revocada;
49     emit ActaRevocada(id);
50 }
51 }

```

En las líneas 2-7 declaramos los componentes del estado. Solidity es un lenguaje con chequeo estático de tipos, en el cual `bytes32` representa un arreglo de 32 bytes, utilizado en este caso para almacenar el resultado de funciones de hash de 256 bits; `mapping` es similar a un arreglo asociativo; y `address` se utiliza para almacenar direcciones (de 160 bits) de usuarios y contratos.

Las líneas 9 y 10 declaran dos *eventos* que permi-

ten registrar hechos en el *log* de la cadena. Es decir, podemos dejar evidencia de que algo ha ocurrido, y esa evidencia quedará almacenada en un determinado bloque.

En la línea 12 declaramos un modificador que permite alterar la operación de alguna función a la cual se le aplica. En este caso requiere que quien invoca a la función sea el creador del acta.

El *constructor* de la línea 17 recibe como argumentos el identificador del acta, la cabecera y un arreglo de renglones, construye el acta almacenando dichos datos en el estado, y emite el evento `ActaCreada`.

La función `renglonValido`, definida a partir de la línea 37, es la que controla la existencia de un renglón en el acta. Devuelve verdadero si el hash pasado como argumento existe en el acta y además el acta está en el estado `Activa`, y falso en caso contrario.

Finalmente, en la línea 46 se encuentra la función `revocar`, que solo puede ser invocada por el creador del acta, y que permite revocarla.

La forma de uso de un contrato de este tipo implica que las actas son registradas en el momento en que son cerradas, y si alguien desea verificar un certificado debe utilizar un programa que, para cada renglón del certificado:

- Identifique el acta correspondiente al renglón.
- Construya un hash de los campos que correspondan (por ejemplo la tupla (*id-acta, apellido, nombre, dni, fecha, materia, nota, estado*) mencionada más arriba), utilizando el mismo algoritmo de hash que se utilizó al registrar el acta.
- Se conecte con el contrato que corresponde al acta e invoque la función `renglonValido` pasando como argumento el hash calculado en el paso anterior.

Este código tiene una serie de características interesantes. En particular podemos ver que una vez que el acta ha sido construida no existe ninguna forma de cambiar la información contenida en ella, salvo la posible modificación del estado por parte de la función `revocar`. Y en ese caso la modificación sólo puede hacerse en un sentido, para pasar del estado `Activa` al estado `Revocada`. Es decir, el usuario tiene la garantía de que si la función `renglonValido` devuelve verdadero, es porque el renglón correspondiente estaba en el acta en el momento de su creación.

Cómo el código ha sido publicado en una transacción, sabemos que todos los nodos ejecutan el mismo código, y que dicho código no puede ser modificado.

Sin embargo, esta solución no es suficiente. El sistema que creó el acta podría haberlo hecho con datos

erróneos. Necesitamos poder probar que el acta ha sido cargada. Esto puede solucionarse haciendo *firmar* el acta.

4.2.2. Segunda Versión: Acta Firmada. Firmar el acta consiste esencialmente en calcular un hash de toda el acta, y aplicar a ese hash algún algoritmo de firma digital. En principio tal tipo de acciones podría realizarse del lado del cliente, por lo que podría utilizarse cualquier algoritmo de hash y cualquier algoritmo de firma, pero a los efectos de que esto pueda ser verificado en el *smart contract* es conveniente utilizar las primitivas disponibles en Ethereum.

Cálculo del hash Como función de hash Ethereum utiliza Keccak-256 [12]. Esta función fue la ganadora de la competencia SHA-3 organizada por NIST y que resultó en su estandarización como SHA-3 [13]. La versión estandarizada es ligeramente diferente del algoritmo presentado, con cambios en el mecanismo de relleno. No hay diferencias de seguridad entre ambos algoritmos, pero sus salidas para una entrada determinada son distintas. La implementación de Ethereum es anterior a la versión definitiva del estándar, por lo que es compatible con Keccak-256 y no con SHA-3. En Solidity la función que se llamaba originalmente *sha3* ha sido renombrada *keccak256* pero en *web3.js* hay varias funciones que utilizan la expresión *sha3*, y en realidad se refieren a la función Keccak-256.

Por ejemplo, en Solidity puede calcularse el hash del acta descrita más arriba de la siguiente forma:

```
bytes32 hash = keccak256(
  abi.encodePacked(
    id, cabecera, renglones
  )
);
```

El método *abi.encodePacked* empaqueta sus argumentos en un arreglo de bytes, que es lo que espera la función *keccak256*.

Para calcular el hash del lado del cliente debe usar una función compatible, como por ejemplo la función *soliditySha3()* disponible en la biblioteca *web3.js*:

```
hash = web3.utils.soliditySha3(
  {type:"bytes32", value:id},
  {type:"bytes32", value:cabecera}
  {type:"bytes32[]", value:renglones}
);
```

Firma del hash Ethereum utiliza ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) como algoritmo de

firma digital, con la curva *secp256k1* [14]. La salida del algoritmo son dos valores (*r,s*) que constituyen la firma.

En el cliente, se puede usar la función proporcionada por la biblioteca *web3*:

```
s = web3.eth.sign(hash, address);
```

donde *address* es la dirección del firmante. La firma consiste en un arreglo de 65 bytes de los cuales los primeros 32 bytes corresponden a *r*, los siguientes 32 bytes a *s* y el último byte es un valor *v* que ayuda a recuperar la identidad del firmante.

En Solidity se encuentra disponible la función *ecrecover*, que a partir de un mensaje y de los tres valores (*r,s,v*) recupera la dirección del firmante.

```
firmante = ecrecover(hash, v, r, s);
```

El contrato ActaFirmada Usando las funciones descritas, es posible construir un nuevo contrato, derivado del anterior. Sin entrar en detalles de la implementación, este contrato agrega funciones que permiten firmar el acta, revocar la firma y verificar renglones teniendo en cuenta la firma:

```
contract ActaFirmada is Acta {
  mapping(
    address => bool
  ) public firmas;
  mapping(
    bytes32 => bool
  ) nonces;

  event FirmaDeActa(
    bytes32 id,
    address firmante
  );
  event RevocacionDeFirma(
    bytes32 id,
    address firmante
  );

  constructor(
    bytes32 id_,
    bytes32 cabecera_,
    bytes32[] renglones_
  ) public Acta(
    id_,
    cabecera_,
    renglones_
  ) {
    hash = keccak256(
      abi.encodePacked(
```

```

        id_,
        cabecera_,
        renglones_
    )
};
// ...
function firmar(
    uint8 v,
    bytes32 r,
    bytes32 s
) public returns (
    bool firmado
){
    // implementación
    emit FirmaDeActa(
        id,
        msg.sender
    );
}

function revocarFirma(
    bytes32 nonce,
    uint8 v,
    bytes32 r,
    bytes32 s
) public returns (
    bool
){
    // implementación
    emit RevocacionDeFirma(
        id,
        msg.sender
    );
}

function renglonValido(
    bytes32 renglon,
    address firmante
) public view returns (
    bool valido
){
    // implementación
}
}

```

La función `firmar()` es relativamente sencilla. Utiliza `ecrecover` con los argumentos (v,r,s) y el hash calculado en el constructor. Si la dirección del firmante es igual a la de quien está invocando la función, almacena la firma asociada a la dirección del firmante. Se puede implementar una versión de esta función que no requiera que la identidad del firmante sea igual a la del emisor del mensaje de firma.

Para verificar que un renglón es válido se controla que el renglón se encuentre entre los renglones almacenados, y que la dirección del firmante solicitado coincida con alguno de los firmantes del acta.

La revocación de la firma es un poco más compleja. Quien solicita la revocación de la firma debe probar que puede producirla. Pero para evitar que se realice un ataque de *replay*, el firmante debe producir una firma que dependa del hash del acta y de un *nonce*, que es almacenado para evitar su reutilización.

Al igual que en la versión anterior del contrato, toda acción que produce una modificación del estado emite un evento que queda registrado en la *blockchain*.

Podemos observar que esta versión del acta tiene las mismas propiedades que la versión anterior, pero agrega una forma de que usuarios distintos del creador verifiquen el acta y registren esa verificación mediante una firma. En adelante cualquiera que desee verificar un certificado puede requerir que las actas estén firmadas por un determinado usuario.

Es posible agregar reglas más complejas de verificación, como por ejemplo que el acta esté firmada por dos o más de un conjunto de firmas. Sin embargo es conveniente no agregar complejidad innecesaria al contrato, ya que estas reglas adicionales de negocio pueden implementarse del lado del cliente.

Una falencia que aún tiene esta versión es que no permite representar las actas rectificativas, al menos de la forma usual. Sí es posible revocar un acta y crear un acta nueva con los datos correctos, pero esto no es la forma en que habitualmente se procede en los sistemas actuales. Por lo tanto, es necesario una nueva versión que implemente este procedimiento.

4.2.3. Tercera versión: Acta Rectificable. Para rectificar un acta, además de crear una nueva acta que represente las modificaciones al acta, es necesario modificar el acta original, para que deje de responder que son válidos los renglones modificados. Esto viola un criterio que hemos seguido hasta este momento: estamos modificando los renglones. Sin embargo, esta modificación es conceptualmente similar a la revocación del acta o la revocación de firma. La modificación sólo puede hacerse en un sentido, el de invalidar un renglón. Por lo tanto, seguimos cumpliendo con la propiedad deseada de que el sistema puede dar falsos negativos, pero nunca falsos positivos.

Para implementar esta funcionalidad derivamos de `ActaFirmada` un nuevo contrato que incluye una función `rectificarActa`. La interface de este contrato, `ActaRectificable`, es similar a la siguiente:

```

contract ActaRectificable
    is ActaFirmada{

```

```
address[] public
  actasRectificativas;
// ...
event ActaRectificada (
  bytes32 id,
  address acta
)
function rectificarActa (
  bytes32 idNueva,
  bytes32 cabeceraNueva,
  bytes32[] invalidos,
  bytes32[] nuevos
) public returns (
  address nuevaActa
) {
  // implementación
  emit ActaRectificada (
    idNueva,
    nuevaActa
  );
}
```

La acciones que debe realizar la nueva función incluyen:

1. Verificar que el emisor del mensaje es el creador del acta.
2. Verificar que la cantidad de renglones inválidos es igual a la cantidad de renglones nuevos.
3. Anular los renglones inválidos.
4. Crear una nueva acta, pasando al constructor los argumentos `idNueva`, `cabeceraNueva`, y `nuevos`.
5. Almacenar la dirección del acta rectificativa en el arreglo `actasRectificativas`.
6. Emitir el evento `ActaRectificada`.

4.3. Seguridad de la solución

4.3.1. Cumplimiento de los requisitos. En esta sección asumiremos que la EVM funciona correctamente y que el código de los contratos no tiene errores y cumple con las especificaciones. Más adelante reexaminaremos esas suposiciones.

Inexistencia de falsos positivos Los renglones del acta se establecen en el constructor. No es posible agregar nuevos renglones al acta, por lo que si la función `renglonValido(renglon)` devuelve verdadero, es porque dicho renglón estaba presente en la construcción del acta.

Si el acta está firmada, el firmante valida el estado del acta en el momento de su creación. Por lo tanto, si la función `renglonValido(renglon, firmante)` devuelve verdadero, es porque dicho renglón estaba presente en la construcción del acta, y se corresponde con un renglón del acta original según lo verificado por el firmante.

En ningún caso estas funciones devuelven verdadero cuando se les proporciona un renglón que no está en el acta.

Bajo número de falsos negativos El sistema puede ser incapaz de validar un certificado si este hace referencia a actas que no han sido registradas en el sistema. En ese caso, si el acta es válida, la solución es registrarla.

Si se rectifica un acta en forma incorrecta, los renglones del acta original incluidos pasarán a ser inválidos, aún cuando el acta esté firmada. Este es un caso de falso negativo. Ante la detección de este caso, la solución es rectificar el acta rectificativa.

Nivel de seguridad La utilización de Keccak-256 implica que la probabilidad colisiones es 2^{-128} , lo cual se corresponde con el nivel de seguridad requerido. Lo mismo ocurre con la utilización de ECDSA con clave de 256 bits.

Por otra parte un atacante tiene muy poca libertad para elegir los mensajes a los cuales se les aplica la función de hash. El cálculo del hash del renglón se realiza sobre un número de campos fijos, ninguno de los cuales admite valores aleatorios (salvo un caso que analizaremos más adelante).

Independencia del software Toda la información necesaria para la validación de las actas está disponible en forma pública en la *blockchain*. Es decir, que inclusive sin la utilización de los contratos provistos es posible verificar si los resultados provistos son correctos. No es posible producir cambios sin que estos cambios sean detectados.

4.3.2. Posibles problemas.

Problemas con Solidity Solidity no carece de problemas [15]. En junio de 2016, un error en el contrato de la organización DAO permitió que un atacante sustrajera 50 millones de dólares. Sin embargo, este tipo de problemas ocurre en programas que invocan a funciones externas de contratos arbitrarios, y que tienen un estado que permite cambios arbitrarios. En particular, enviar fondos a un contrato desencadena ejecución de código en el contrato destino. En ese caso, si una función de

nuestro contrato envía fondos o llama explícitamente a una función de otro contrato, ese otro contrato podría llamar a nuestra función en forma reentrante, o llamar a otra función que modifique el estado.

En nuestro caso, nuestros contratos no invocan funciones de otros contratos, excepto en la creación de las actas rectificativas, y en este caso se trata de un contrato conocido. Por otra parte todas las funciones que modifican el estado son idempotentes. Si se vuelve a revocar un acta, sigue estando revocada. En el caso de la firma de un acta, se verifica si el acta está firmada pero sólo por razones de eficiencia, ya que no es un problema si el acta se vuelve a firmar.

Existencia de un nodo malicioso Para interactuar con la red es necesario conectarse a un nodo. Un nodo malicioso podría mostrar una versión distorsionada del estado. No puede realizar transacciones falsas en nombre de los usuarios, pero podría dar respuestas falsas a las llamadas.

Sin embargo, cualquiera puede desplegar un nodo local, sincronizar la cadena completa y validar y reproducir todas las transacciones.

Problemas de confidencialidad En la *blockchain* todos los datos son visibles para todos. En nuestro caso no estamos almacenando en la cadena las actas en sí, sino un hash de su contenido. Pero en el modelo que hemos planteado, eso no alcanza para garantizar su confidencialidad. Si bien el costo de encontrar una preimagen (es decir, dado el hash encontrar el mensaje que lo produjo) en el caso de Keccak-256 es 2^{256} , la realidad es que el espacio de mensajes posibles es mucho menor.

Si asumimos que los datos a los cuales se les aplicará la función son los que especificamos más arriba, es decir (*id-acta, apellido, nombre, dni, fecha, materia, nota, estado*), entonces si alguien quiere averiguar la nota que se sacó un determinado alumno en un determinado examen, entonces la única incógnita es la nota. Si asumimos que la nota es un entero entre 0 y 10, el atacante puede encontrar el hash correcto con un máximo de 11 intentos.

Esto puede solucionarse agregando un número aleatorio a la tupla sobre la cual se aplica el hash. Si ese número aleatorio es de 64 bits, el esfuerzo necesario para encontrar el hash correcto se eleva a $2^{67.5}$ operaciones (64 bits más los 3,5 bits necesarios para representar 11 valores).

Pero es necesario notar que el agregado de un valor aleatorio proporciona más libertad a un atacante que quiere obtener colisiones, aunque no disminuye la seguridad de 128 bits alegada más arriba.

El código desplegado en la red no es el código publicado El código que se desplegó en la red no necesariamente se deriva del código fuente publicado. Sin embargo, es fácil de verificar, ya que el *bytecode* que se ejecuta está publicado en una transacción, y puede verificarse que corresponde a la compilación del programa publicado.

Los contratos no se pueden alterar Una vez que un contrato ha sido desplegado, no es posible modificarlo. Esto es una propiedad deseable. Sin embargo, si se descubren errores o vulnerabilidades, no es posible corregirlos.

En nuestro caso, existen dos alternativas. Tal como han sido declarados, las actas son revocables. Si se detecta un error, las actas pueden revocarse y se pueden desplegar contratos nuevos con el error corregido.

Si el error no se puede resolver con la revocación (por ejemplo porque el error implica que la revocación se puede revertir), es posible hacer que los contratos sean cancelables agregándoles una función que invoque la primitiva *selfdestruct*. En este caso también sería necesario desplegar nuevos contratos.

Es complejo gestionar demasiados contratos En una universidad masiva, la cantidad de actas de examen anuales está en el orden de las decenas de miles. El programa verificador debería conocer las direcciones de todas las actas para cumplir con su cometido.

Una solución a este problema es desplegar un contrato adicional, que funcione como *registro de actas*, que se encargue de crear las actas, y de reenviar todas las llamadas al acta correspondiente.

Una posible interface de dicho contrato es la siguiente:

```
contract RegistroDeActas {
    mapping(bytes32 => address)
        public actas;
    mapping(bytes32 => address)
        autores;
    address public admin;
    event ActaRegistrada(
        bytes32 id,
        address acta,
        address autor
    );
    event ActaEliminada(
        bytes32 id,
        address autor
    );

    constructor() public {
```

```
    admin = msg.sender;
}

function registrarActa(
    bytes32 id,
    bytes32 cabecera,
    bytes32[] renglones
) public {
    // implementación
    emit ActaRegistrada(
        id,
        acta,
        msg.sender
    );
}

function firmarActa(
    bytes32 id,
    uint8 v,
    bytes32 r,
    bytes32 s
) public returns (bool) {
    // implementación
}

// Otras funciones
}
```

La función `registrarActa()` recibe los mismos argumentos que el constructor del contrato `Acta`. Su tarea es crear el contrato correspondiente, y registrar su dirección asociada con su identificador a los efectos de redirigirle las llamadas que correspondan.

Otras funciones del registro, como por ejemplo `firmarActa()` reciben un identificador de acta y los mismos argumentos que la función correspondiente del contrato `ActaFirmada`. `RegistroDeActas` recupera la dirección del contrato correspondiente, y llama a la función que corresponda.

5. Conclusiones y trabajo futuro

En este caso particular, la solución descentralizada provista por una *blockchain* presenta ciertas ventajas sobre una solución centralizada. Para su éxito se requiere de la existencia de una red sólida, con adecuada cantidad de nodos y un buen mecanismo de gobernanza. Se espera que la Blockchain Federal Argentina pueda cumplir con esta función.

Otra forma posible es implementar la solución en una red privada. El problema de las redes privadas es que si todos los nodos están bajo el control de una misma entidad la solución no brinda ninguna ventaja sobre

una solución centralizada. Pero en el caso de una universidad con múltiples facultades, se puede pensar en una red en que cada facultad aporte al menos un nodo. Dado que las facultades son entidades administrativamente separadas, puede lograrse la independencia deseada en la gestión de los nodos.

Todos los contratos propuestos, incluyendo el registro de actas se encuentran desarrollados y desplegados en prueba en la *testnet* de la Blockchain Federal Argentina. Se han desarrollado aplicaciones cliente de prueba con interfaz de línea de comandos utilizando tanto `web3.js` como `web3.py`, correspondiente al lenguaje Python.

Como trabajo futuro se plantea la adaptación de sistemas de gestión de alumnos a los efectos de que generen las actas y los certificados en el formato necesario, e interactúen con la red Ethereum. Tanto las actas como los certificados propuestos requieren de más información que los utilizados actualmente, pero permiten construir los certificados actuales mediante reglas simples de transformación.

Referencias

- [1] Ronald L. Rivest y John P. Wack. "On the notion of "software-independence" in voting systems". 2006.
- [2] Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot y Scott A. Vanstone. "Handbook of Applied Cryptography". CRC Press, 1997.
- [3] Jean-Philippe Aumasson. "Serious Cryptography". No Starch Press Inc., 2018
- [4] "FIPS PUB 186-4 Digital Signature Standard". NIST, 2013.
- [5] "Ley 25.506". 2001.
- [6] Satoshi Nakamoto. "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System". 2006.
- [7] vinced. "[announce] Namecoin - a distributed naming system based on Bitcoin". Abril 2011.
- [8] Vitalik Buterin. "Ethereum White Paper. A next generation smart contract & decentralized application platform". 2013.
- [9] Gavin Wood. "Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger". 2018.
- [10] "Solidity 0.4.24 documentation".
<http://solidity.readthedocs.io/en/v0.4.24/>
- [11] "web3.js - Ethereum Javascript API".
<https://web3js.readthedocs.io/en/1.0/>
- [12] Guido Bertoni, Joan Daemen, Michaël Peeters y Gilles Van Assche. "The Keccak SHA-3 submission". 2011.
- [13] "FIPS PUB 202 SHA-3 Standard: Permutation-Based Hash and Extendable-Output Functions". NIST, 2015.
- [14] Daniel Brown. "SEC 2: Recommended Elliptic Curve Domain Parameters". Certicom Research, 2010.
- [15] Sukrit Kalra, Seep Goel, Mohan Dhawan y Subodh Sharma. "Zeus: Analyzing Safety of Smart Contracts". 2018.

Utilización de una Interfaz Cerebro-Computadora en Domótica

A. G. Michelli; N. González ; F. Pose ; J. M. Geria ; N. Martinez
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires - Argentina
ngonzalez@frba.utn.edu.ar

Resumen— Los productos de apoyo permiten disminuir las barreras que enfrentan las personas con discapacidad y adultos mayores y así favorecer su accesibilidad, comunicación y autonomía. En el presente trabajo se propuso como objetivo el diseño de un sistema domótico controlado a través de una interfaz cerebro-computadora. La adquisición de la señal de electroencefalograma se realizó utilizando un casco EMOTIV Epc. Se desarrolló un software de comunicación para ser utilizado en dispositivos con Android el cual permite al usuario elegir entre cuatro alternativas, que artefacto desea activar o desactivar. Por medio de una interfaz con el software de comunicación el usuario realiza el control sobre cuatro artefactos constituyendo así un sistema domótico. Para la evaluación del dispositivo se realizaron 25 pruebas correspondientes a 5 individuos sanos, de mediana edad y no entrenados. Como resultado del proyecto se obtuvo una exactitud promedio del 60% de aciertos en el activado o desactivado del artefacto a controlar bajo las condiciones de trabajo propuestas. El trabajo realizado establece un punto de partida hacia la automatización de una casa permitiendo disminuir las barreras a las que se enfrenta una persona con discapacidad.

Palabras clave: BCI, rehabilitación, EEG, Android.

I. INTRODUCCIÓN

Los productos de apoyo, también conocidos como ayudas técnicas, son aquellos dispositivos que permiten disminuir las barreras a las que se enfrenta una persona. Estos posibilitan una innegable mejora en la calidad de vida de las personas con “diversidad funcional” al brindar una real equiparación de oportunidades a través de su uso, posibilitando la inserción social y laboral [1].

En los casos donde se trabaja con pacientes con parálisis cerebral (PC), esclerosis lateral amiotrófica (ELA) y traumatismo de cráneo (TEC), los productos de apoyo existentes brindan soluciones muy acotadas. Dentro de las limitaciones principales se encuentra la forma de acceso a la computadora como una herramienta para la estimulación y rehabilitación. Dentro de las dificultades en el acceso podemos distinguir movimientos involuntarios que hacen inviable el uso de mouse o teclados adaptados, el bajo tono muscular que no permite el traslado de miembros superiores o inferiores o la fuerza suficiente para trabajar con un switch o pulsador adaptado [2].

En todos estos casos se busca encontrar en la persona un movimiento voluntario y repetitivo que permita el acceso previamente mencionado.

II. MARCO TEÓRICO

En 1929, el científico Hans Berger desarrolló un sistema de exploración neurofisiológico basado en el registro de la actividad bioeléctrica cerebral (EEG). En la actualidad existen diferentes métodos para registrar la actividad cerebral:

- Electroencefalograma (EEG).
- Magnetoencefalografía (MEG).
- Tomografía por emisión de positrones (PET).

En los últimos años, se ha explorado la posibilidad de establecer un canal de comunicación entre el cerebro y el mundo exterior mediante la interpretación de las señales del cerebro.

A partir del registro del EEG es posible obtener diferentes tipos de señales para controlar un sistema basado en una Interfaz Cerebro-Computadora [3].

A. Interfaz Cerebro-Computadora

Una interfaz cerebro computadora -ICC- (BCI por sus siglas en inglés -brain computer interface-) es un sistema que analiza la actividad eléctrica del cerebro con el objetivo de controlar dispositivos externos.

Los sistemas ICC/BCI se basan en los potenciales corticales lentos, oscilaciones de las ondas alfa y beta, respuesta de la onda P300 o potenciales evocados visuales de estado estable [4][5].

El propósito de la interfaz cerebro-computadora es crear una conexión especializada que permita a un individuo con discapacidad motora severa, tener un control sobre diferentes dispositivos como por ejemplo computadoras, prótesis ó sistemas de comunicación.

Este tipo de interfaz podría aumentar la autonomía del individuo, llevándolo a una mejora de su calidad de vida.

B. Estados y Comandos Mentales

Una metodología de trabajo que se desarrolló dentro del ámbito de las interfaces cerebro-computadora y fue implementada por la marca EMOTIV, consta de la estimación, por medio de algoritmos avanzados de correlación de señales electroencefalográficas, de los estados cognitivos y de concentración del individuo, denominados estados mentales, los cuales son propios de

cada persona y para lo cual el algoritmo debe ser calibrado, o bien, entrenado. La detección de un estado mental, luego de la calibración o entrenamiento, es referido como comando mental.

En primera instancia, los estados mentales no necesariamente están relacionados de forma directa a las acciones que serán vinculadas con los mismos. Para sintetizar una acción a través de estos sistemas se busca caracterizar un estado mental determinado y abstracto y asociarlo de forma externa con la acción deseada. La caracterización y asociación de estos estados mentales es en lo que consta la etapa de entrenamiento.

Existen dos tipos de acciones en este sistema, pasivas y activas. Dentro del primer grupo existe una sola acción que es la Neutral, se vincula esta acción con un estado mental de relajación por parte de la persona y es utilizado como referencia. Dentro del segundo grupo, EMOTIV definió 13 acciones físicas básicas, por ejemplo; empujar, tirar, subir, bajar, entre otros. Se debe notar que los nombres de estas acciones no son limitantes, es decir, se puede entrenar la acción de empujar y utilizar su detección para actuar de la forma que se requiera independientemente del nombre asignado. En el caso del presente trabajo, para encender un artefacto.

El sistema debe entrenarse para poder reconocer, en primer lugar, un estado mental relacionado con la acción Neutral (pasiva), y al menos una acción activa, por ejemplo, empujar. Durante el entrenamiento de estas acciones se requiere del usuario que se concentre de forma bien definida entre ellas, de manera tal que los estados mentales detectados para cada acción puedan reconocerse unívocamente con las acciones que han sido vinculados.

Una vez entrenado el sistema, se efectúa de forma continua un algoritmo de correlación entre las características de los estados mentales almacenados y el estado mental actual que es monitoreado en tiempo real por el casco. El sistema puede entrenarse indefinidamente en todo momento y de esa forma mejorar la detección de los estados mentales.

C. Sistema domótico

Un sistema domótico es una instalación provista de ciertos automatismos, la cual permite a la persona realizar acciones concretas mediante diversos comandos. De esta forma, una persona puede controlar diferentes artefactos por ejemplo, por medio de una aplicación en un dispositivo móvil.

Estos sistemas, como productos de apoyo, permiten disminuir las barreras a las que se enfrenta cualquier persona.

En este trabajo, se propone el desarrollo de un sistema que permite al usuario controlar una instalación domótica mediante una interfaz Cerebro-Computadora desarrollada en [5] utilizando como interfaz de usuario una aplicación para el sistema operativo Android (figura 2).



Figura 2: Diagrama en bloques de la solución propuesta

III. ELEMENTOS DE TRABAJO Y METODOLOGÍA

A. Registros de EEG

Como interfaz de adquisición de la señal de EEG se utilizó un casco modelo EPOC, de la marca EMOTIV. En la tabla I se exponen sus características. Dicho hardware permite la detección de estados mentales siendo esta capacidad empleada en el control del sistema domótico.

El modelo empleado otorga la capacidad de entrenamiento de un estado neutro sumado al estado correspondiente a uno de los cuatro comandos mentales posibles en este trabajo. El entrenamiento consiste en solicitarle a la persona que se concentre en una situación específica durante el tiempo que se registra la señal de electroencefalografía. Finalizada la etapa de adquisición de la señal, el hardware analiza la misma en busca de determinados patrones relacionando los mismos con el estado de la persona.

Para el caso de los comandos mentales, dichos patrones permiten la detección cuando la persona desee activar un artefacto. Para el estado neutral, es necesario que el usuario se relaje, sin pensar en nada concreto. De esta forma, el sistema establece un nivel de base para aplicar luego técnicas de reducción de ruido.

Tabla I
Características del Hardware EMOTIV, Modelo EPOC

Alimentación	Batería interna
Capacidad	680mAh
Tiempo de Funcionamiento	12 horas (típico)
Comunicación	Bluetooth Low Energy
Canales del ADC	14
Resolución	14 bits

Por medio de comunicación Bluetooth, el casco EMOTIV enviará las señales a ser procesadas al dispositivo móvil. Finalizada la etapa de procesamiento, la aplicación podrá discernir si se trata de un estado neutro ó un comando.

Luego de realizada la validación, la aplicación determinará si el comando debe ser transmitido vía Bluetooth a la base de control domótico (inciso D).

Como interfaz de usuario se utilizó un comunicador avanzado el cual se describe a continuación (inciso B).

B. Comunicador Avanzado

El comunicador avanzado se desarrolló en lenguaje JAVA. Este emplea a su vez las APIs suministradas por EMOTIV. Se compone de una pantalla para la configuración y otra para su utilización. Mediante la primera, el usuario puede establecer la comunicación, tanto con el casco como con el hardware de control de los diversos artefactos a controlar.

La pantalla principal (figura 3) se divide en 2 secciones. En la parte superior se ubican los controles para llevar a cabo el entrenamiento, mientras que en la parte inferior se ubican las opciones que representarán los posibles dispositivos a controlar, identificadas con símbolos y colores diferentes que fueron elegidos para que quede bien diferenciado cada comando, y hagan contraste entre sí.

La aplicación da la posibilidad de almacenar los datos referentes al entrenamiento del usuario en distintos perfiles permitiendo que la persona deba realizar únicamente un entrenamiento, así como intercambiar fácilmente los datos de los patrones en función de la persona que utilice la aplicación.

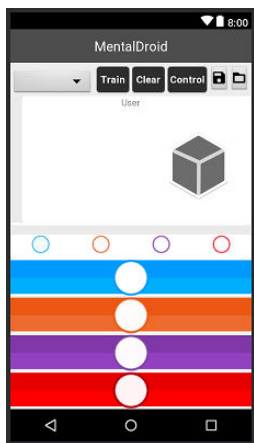


Figura 3: Vista general de la aplicación desarrollada

Si bien el hardware cuenta con la posibilidad de entrenar el estado neutral y 4 comandos distintos, la verificación del correcto funcionamiento de la aplicación bajo desarrollo será realizada entrenando un sólo comando. En este trabajo se eligió entrenar el comando “Empujar” (o “Push”) por lo que la persona debió concentrarse en pensar que lleva a cabo la acción de empujar un objeto alejándolo de ella.

C. Uso del Comunicador Avanzado

Con el fin de poder ser utilizado el sistema por el usuario, en primera instancia, debe realizarse un

entrenamiento previo, siendo éste realizado en modo neutral. Para facilitarle ésta tarea a la persona, durante su ejecución, se muestra la animación de un cubo reduciendo su tamaño. Ésta realimentación visual le permite al usuario experimentar que el objeto efectivamente está siendo empujado mejorando su nivel de concentración. En la figura 3 se muestra el cubo con su mayor tamaño, sobre un fondo blanco para mejorar el contraste de la imagen. Una vez finalizado el entrenamiento, el objeto volverá a su tamaño original. En principio, no es necesario pensar verdaderamente en la acción de empujar cuando se entrena el comando, pudiendo focalizar el pensamiento en cualquier otra cosa, siempre y cuando, en la ejecución, se piense en lo mismo. Sin embargo, debido a practicidad y velocidad de entrenamiento, la acción de empujar en conjunto con la visualización del cubo alejándose, es una oportuna realimentación para mejorar la calidad del entrenamiento. Una vez realizados los entrenamientos se puede salvar el perfil de usuario para no tener que repetir estos pasos posteriormente, y baste sólo con realizar la carga del perfil.

Luego, se procede al estado libre. En este, el sistema está en constante lectura de la señal de EEG del usuario y búsqueda de los patrones aprendidos. En cada oportunidad que la persona repita el pensamiento entrenado, el cubo comenzará a reducir su tamaño, a la vez que una barra gráfica le indicará el nivel de potencia de la señal. Conforme la persona adquiera experiencia en el uso, su nivel de concentración aumentará, logrando un mayor nivel de señal con un mejor establecimiento temporal. Esto se ve reflejado en la barra gráfica indicadora y en una mayor reducción del cubo.

En el sector inferior de la interfaz visual se muestran 4 imágenes indicativas de las opciones a controlar. Estas imágenes se barren de forma secuencial, iluminando de a un símbolo por vez durante 3 segundos, tiempo suficiente estimado para la realización de este trabajo, en el cual el usuario logra concentrarse en la acción entrenada. Alcanzada la última opción, comienza un nuevo ciclo. Para el control de un dispositivo en particular, el usuario debe esperar a que la imagen representativa de dicho artefacto sea iluminada. En dicho momento, si el usuario ejecuta el comando mental previamente entrenado, el sistema lo registra y lleva a cabo dicha acción. En la aplicación desarrollada, se controla el encendido o apagado de los dispositivos. El control que el usuario efectúa al emplear el comando mental es invertir el estado del artefacto. Es decir, si se encuentra apagado, lo encenderá y viceversa.

D. Control Domótico

La base de control domótico es la responsable de recibir las órdenes desde el dispositivo móvil y de accionar los artefactos. En la figura 4 se observa el diagrama en bloques del hardware desarrollado.

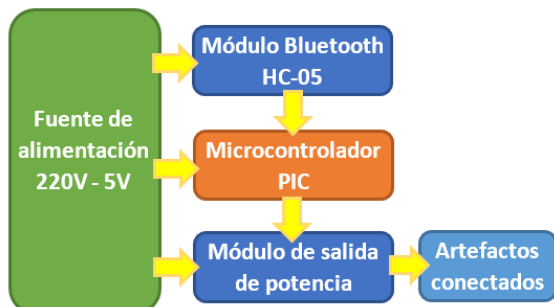


Figura 4: Diagrama en bloques del hardware

La primera etapa consta de una fuente de alimentación cuya función es convertir la tensión de entrada proveniente de la red eléctrica, al nivel aceptado por las posteriores etapas, correspondiéndose las mismas con los valores de tensión de la lógica digital. El hardware utilizado en las etapas subsiguientes está constituido por un microcontrolador PIC16F873A de Microchip, un módulo Bluetooth HC-05 y un módulo de 4 salidas opto-aisladas y con relés (interruptores electromecánicos) para controlar los artefactos.

En la figura 5 se observa el hardware desarrollado.

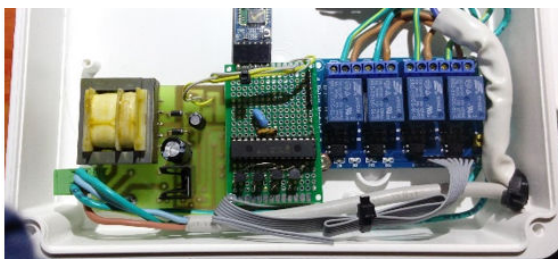


Figura 5: Hardware desarrollado para el control doméstico

IV. RESULTADOS

La evaluación del sistema desarrollado se llevó a cabo a partir de una base de datos en la cual participaron 5 sujetos. Posterior al entrenamiento, cada usuario empleó un total de 5 secuencias, en la cual debieron activar secuencialmente todas las salidas y luego desactivarlas en el mismo orden.

Para realizar la adquisición del EEG se trabajó con personas no entrenadas en el uso de la aplicación, donde ninguna poseía experiencia previa en este tipo de sistemas. Cada usuario (figura 6) entrenó el comando neutral, una única vez salvo el usuario 5, y el comando empujar un total de dos veces cada uno. Posteriormente, cada usuario fue entrenado en el uso de la aplicación controlando el encendido/apagado de los artefactos familiarizándose con el uso del dispositivo.

El entrenamiento del usuario se realizó un número de veces tal, que permitió al mismo, encender en un único barrido los 4 artefactos posibles.



Figura 6: Banco de evaluación.

En la tabla II se detallan los resultados obtenidos al finalizar cada una de las pruebas realizadas correspondientes a los 5 usuarios de prueba.

Tabla II
Pruebas realizadas sobre 5 individuos

	Entrenamiento Neutral [veces]	Entrenamiento Comando [veces]	Entrenamiento Usuario [veces]	Exactitud [%]
Usuario 1	1	2	4	80
Usuario 2	1	2	2	60
Usuario 3	1	2	2	40
Usuario 4	1	2	3	40
Usuario 5	2	2	3	80

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se observó que el sistema requiere, para un funcionamiento aceptable, un bajo tiempo de entrenamiento. Es requerido, en promedio, dos entrenamientos consecutivos del comando a realizar, en este caso el empujar (push) para entrenar la aplicación. Seguido a esto, el sistema comenzó a funcionar de forma correcta luego de la tercera elección promedio realizada por el usuario obteniendo una exactitud promedio en la elección realizada por el usuario del 60%.

Se observó que un tiempo de 3 segundos de los botones activos en el barrido que realiza la aplicación dificulta a sujetos no entrenados previamente en la tarea de activar/desactivar un artefacto en particular siendo consecuencia de esto un error en la activación o desactivación del botón elegido por otro. Se le atribuye el

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

error a la falta de concentración por falta de entrenamiento del sujeto.

El error cometido, producto de la ventana temporal elegida, podrá disminuirse aumentando el tiempo de la misma. Como consecuencia aumentará la tasa de acierto conforme el sistema se vuelve más lento, relación de compromiso que debe ser tenida en cuenta según el tipo de artefactos que se desee controlar.

Finalmente, se logró vincular el trabajo desarrollado en [6] con la domótica, facilitando al usuario la interacción con su entorno físico aumentando su autonomía, llevándolo a una mejora de su calidad de vida, objetivo del trabajo desarrollado.

VI. TRABAJO FUTURO

Se propone la adaptación de la aplicación desarrollada para ser utilizada con un casco basado en Open BCI. Otra línea de trabajo es la realización de una ampliación en las funcionalidades de la aplicación, pudiendo éstas proveer la posibilidad al usuario de cambiar la ventana de tiempo en el barrido de botones de accionamiento adaptándose de forma personalizada a la capacidad de manejo y concentración individual. Se diseñará un sistema de habilitación gradual de los botones del barrido de modo que el usuario pueda comenzar entrenándose con solo dos botones para, luego de adquirir el suficiente entrenamiento, poder agregar nuevas opciones hasta lograr una tasa de aciertos lo suficientemente alta. Además, se propone unificar los módulos de hardware desarrollados en un único módulo a fin de reducir el tamaño del dispositivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto "Diseño y evaluación de un sistema basado en una Interfaz Cerebro-Computadora para estimulación y rehabilitación" con la colaboración de Innovar para Incluir. Así mismo, los autores, agradecen a la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires, establecimiento en el cual se lleva a cabo el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] J. Romañach, M. Lobato. Foro de Vida independiente. México, 2005. Disponible en: www.asoc-ies.org/vidaindepen/docs/diversidad%20funcional_vf.pdf
- [2] Rafael Sánchez Montoya. Ordenador y discapacidad: guía práctica para conseguir que el ordenador sea una ayuda eficaz en el aprendizaje y la comunicación. CEPE, 1997. ISBN 84-7869-258-4
- [3] Alvaro Morán García. "Diseño de interfaces cerebro-máquina controlados mediante registros de EEG". Grupo de Neurocomputación biológica. Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid, 2015.
- [4] Klem, G.H., Luders, H., JASPER, H., and Elger, C. "The ten-twenty electrode system of international federation. the international

federation of clinical neurophysiology". Electroencephalography and clinical neurophysiology. Supplement 52 (1999), 3.

- [5] M. Araujo, N. González, F. Pose. Evaluación y detección de potenciales evocados sobre una interfaz cerebro computadora. Aranducon. Paraguay, 2016.
- [6] F. Pose, N. González, M. Araujo, A. Ortiz, B. Niro, J. Balbi, L. Ramos. "Desarrollo de algoritmo de detección de eventos para comandar un teclado en pantalla utilizando una interfaz cerebro-computadora". Conaiisi. Argentina, 2017.

Sintonización Estática de ESSIM-DE(lr) para Acelerar y Mejorar la Predicción de Incendios Forestales

María Laura Tardivo (*,+,\dagger), Paola Caymes Scutari (*,+),
Germán Bianchini (*), Miguel Méndez Garabetti (*,+)

(*) *Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido (LICPaD), UTN-FRM, Mendoza.*

(+) *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)*

(\dagger) *Departamento de Computación, UNRC, Río Cuarto, Córdoba.*

*lauratardivo@dc.exa.unrc.edu.ar, {pcaymesscutari, gbianchini}@frm.utn.edu.ar,
miguelmendezgarabetti@gmail.com*

Abstract

Los sistemas de predicción constituyen en nuestros días una gran herramienta computacional que puede brindar soporte en los planes de lucha contra el fuego y en la prevención de incendios forestales. ESSIM-DE es un método de predicción paralelo, el cual permite obtener predicciones de la línea de fuego utilizando Análisis Estadístico, la estrategia evolutiva Evolución Diferencial y Cómputo de Alto Desempeño. El Análisis Estadístico permite obtener la tendencia de la propagación de las llamas a lo largo del desarrollo del incendio. El Cómputo de Alto Desempeño se utiliza para mejorar los tiempos de respuesta bajo un esquema de procesamiento en paralelo. Finalmente, la estrategia evolutiva Evolución Diferencial guía el proceso de búsqueda hacia soluciones de calidad. ESSIM-DE ha sido estudiado durante los últimos años, con el fin de mejorar su rendimiento. Recientemente se ha incorporado un operador de reinicio de poblaciones, y la evaluación de un modelo de rendimiento para el componente evolutivo del método. En este trabajo se presenta un estudio de calibración estática sobre dos métricas asociadas a dicho modelo de rendimiento, con el fin de mejorar tanto la calidad como el tiempo de respuesta en la obtención de las predicciones.

1. Introducción

Los incendios forestales son uno de los fenómenos naturales que provocan enormes pérdidas materiales y vidas humanas alrededor del mundo. Si bien son un

eslabón necesario en el mantenimiento del ecosistema, las consecuencias de un incendio forestal fuera de control pueden ser catastróficas, generando un impacto en la biodiversidad y los recursos naturales de las zonas afectadas. En Julio de 2018 el fuego sin control se llevó la vida de al menos 82 personas, con más de 150 heridos e incalculables pérdidas materiales en la zona costera de Ática, a las afueras de Atenas, Grecia [1].

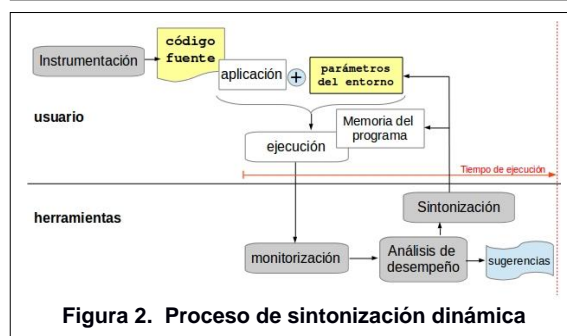
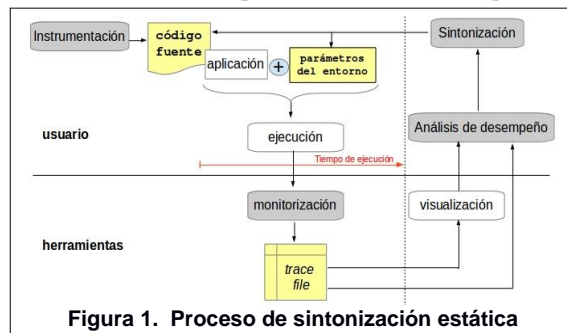
En tales situaciones, contar con herramientas de predicción que brinden una estimación de la propagación del fuego, puede resultar de gran utilidad a la hora de definir acciones y tomar decisiones anticipadas al avance del incendio. Este tipo de herramientas generalmente implementa modelos matemáticos que describen el comportamiento del fenómeno natural. Los modelos son alimentados con parámetros de entrada, representando las condiciones iniciales del sistema que se quiere modelar. En el caso de los incendios forestales, los factores o variables que afectan la velocidad de propagación y la morfología del frente de fuego son el tipo de material combustible, la humedad, la dirección y velocidad del viento, la topografía del terreno (pendiente y barreras naturales), la densidad del combustible, etc. [2]. Algunas de estas variables poseen valores que cambian dinámicamente durante el desarrollo del incendio, mientras que otras poseen valores que suelen ser desconocidos o difíciles de cuantificar. Esta falta de precisión sobre el valor de las variables se denomina incertidumbre, e impacta negativamente sobre las predicciones.

En los últimos años se han desarrollado, estudiado y mejorado una serie de métodos que se enfocan en reducir este impacto negativo que provoca la incertidumbre. Tal es el caso del método *Evolutionary Statistical System with Island Model and Differential Evolution*, ESSIM-DE, el cual utiliza Estadística para obtener el patrón de comportamiento de la línea de fuego, el algoritmo evolutivo denominado Evolución Diferencial, para orientar la búsqueda hacia mejores soluciones, y Computación de Alto Desempeño con un esquema de procesos de doble jerarquía, lo que permite explorar un amplio espacio de búsqueda y a la vez acelerar el proceso de predicción. ESSIM-DE pertenece a la clase de métodos denominados Métodos Conducidos por Datos con Múltiples Soluciones Solapadas (*Data Driven Methods with Multiple Overlapped Solutions*, DDM-MOS), los cuales obtienen predicciones de la línea de fuego en base a la agregación de múltiples soluciones. Para lograrlo, el incendio se divide en diferentes instantes de tiempo, denominados pasos de predicción. Para cada uno de ellos, ESSIM-DE obtiene un mapa cuyas celdas indican la porción del terreno alcanzada por el fuego. El método ESSIM-DE ha sido aplicado satisfactoriamente en la predicción de incendios forestales, y ha logrado una importante reducción del tiempo de ejecución comparado respecto de otros DDM-MOS [9].

Durante el último tiempo, ESSIM-DE ha sido estudiado con el fin de mejorar aquellos aspectos que pueden ser limitantes de mejor rendimiento, tanto en términos de calidad de predicción como en el tiempo requerido para la obtención de predicciones. La primera mejora consistió en la incorporación de un nuevo operador de reinicio de la población al inicio de cada paso de predicción, con el fin de mejorar el estancamiento global del proceso de búsqueda. La nomenclatura establecida para el método con dicho operador ha sido **ESSIM-DE(r)**, y se ha logrado mejorar la calidad de las predicciones [10]. Sin embargo, estamos interesados en identificar y mejorar otros factores que afecten de manera negativa el rendimiento del método. En ese mismo sentido, nos hemos enfocado en la definición de estrategias de sintonización que permitan mejorar el rendimiento en conjunto con el operador de reinicio de poblaciones.

Las estrategias de sintonización pueden ser clasificadas en dos grandes grupos [6]: estáticas o dinámicas. Las primeras se representan en la Figura 1. La aplicación es **instrumentada** para registrar ciertas métricas de interés. Dichas métricas corresponden a un modelo de rendimiento de la aplicación, el cual encapsula el conocimiento experto respecto de los posibles aspectos críticos que afectan el rendimiento. Durante la ejecución, se **monitorean** y registran dichas métricas, por ejemplo, en archivos de traza. Posteriormente, se visualiza la información registrada (mediante herramientas de visualización, o de modo manual) y el usuario es el responsable de **analizar** los resultados, a fin de tomar decisiones respecto de acciones que puedan ajustar el comportamiento, denominadas acciones de **sintonización**. Posteriormente, el programa es modificado, re-compilado y re-enlazado para ser vuelto a ejecutar y analizar si dichas decisiones tendientes a mejorar los aspectos críticos son efectivas. Este enfoque es apropiado para obtener una primera aproximación al comportamiento del programa bajo la arquitectura de ejecución.

En las estrategias de sintonización dinámica, el programa es instrumentado para registrar las métricas de interés durante la etapa de monitorización, pero a



diferencia de las estrategias estáticas, las etapas de análisis y sintonización se aplican durante la ejecución del programa. La Figura 2 describe este enfoque. De esta manera, el proceso de sintonización es automatizado, por lo tanto, resulta apropiado para facilitar la ardua tarea de la sintonización a usuarios no expertos, puesto que todo el proceso se realiza en tiempo de ejecución y con una intervención nula o baja del usuario final. Además, debido a que la sintonización se realiza de acuerdo con las condiciones particulares de la ejecución, este enfoque es adecuado para aplicaciones con dependencia en los parámetros de entrada y en aquellos casos en los cuales el entorno de ejecución es compartido y/o heterogéneo, ya que el escenario de ejecución es difícilmente reproducible. Si bien este enfoque posee ciertas ventajas respecto de los enfoques clásicos, requiere de la utilización de conocimiento experto sobre la aplicación, que permita definir el modelo de rendimiento a ser evaluado durante la ejecución en las diferentes etapas. Ambas estrategias pueden resultar de utilidad para mejorar los aspectos que afectan de manera negativa el rendimiento de métodos como ESSIM-DE. En relación a las estrategias dinámicas, nos hemos focalizado en definir un modelo de rendimiento que permita calibrar dinámicamente ciertos parámetros relevantes para el funcionamiento del método ESSIM-DE(r), y así incrementar las mejoras ya alcanzadas con la incorporación del operador de reinicio poblacional.

En tal sentido, hemos prestado especial interés en una de las etapas más destacadas de ESSIM-DE(r), constituida por el proceso evolutivo llevado a cabo por el algoritmo Evolución Diferencial [8] (presentado en la sección 2.1). Esta metaheurística es un optimizador poblacional y consiste en un proceso iterativo en el cual se evoluciona una población de individuos, en la que cada uno constituye una posible solución al problema. En el caso particular de los incendios forestales, cada individuo representa una combinación de valores para las variables utilizadas como parámetros de entrada del modelo de incendio, como la velocidad de viento, la dirección y pendiente del terreno, el tipo de material combustible, la humedad del material combustible vivo, etc. Un posible problema de rendimiento asociado a Evolución Diferencial lo constituye el estancamiento en óptimos locales y/o la convergencia prematura hacia un

óptimo local [13]. Recientemente hemos incorporado conocimiento a ESSIM-DE, a través de un modelo de rendimiento mediante el cual es posible detectar una tendencia al estancamiento y/o a la convergencia prematura, con el fin de evitar que estos dos fenómenos afecten de manera negativa el rendimiento del método, tanto en la calidad de las predicciones como en el tiempo de ejecución [11]. Para ello, hemos definido dos métricas que cuantifican la dispersión de la población y los movimientos efectivos del optimizador Evolución Diferencial. La dispersión de la población es medida en base a la distribución de la aptitud de los individuos que constituyen los diferentes escenarios de quema. Por su parte, los movimientos efectivos cuantifican la cantidad de escenarios que, luego de un ciclo evolutivo, hubieran sido mejorados por el proceso evolutivo, es decir, constituyen nuevas y mejores soluciones del espacio de búsqueda. El modelo de rendimiento permite evaluar en cada paso de predicción el comportamiento de las métricas para la detección de un posible estancamiento o convergencia, y así determinar en qué momento es preciso finalizar el proceso evolutivo, para realizar la predicción y proseguir con el siguiente paso de simulación. Dado que cada decisión de parada es independiente y sólo obedece a haber alcanzado los valores estipulados para las métricas, es que el límite máximo de iteraciones de cada paso evolutivo se dice que está sintonizado dinámicamente. Los valores considerados para las métricas en la condición de fin de ciclo evolutivo actualmente son fijos y se establecen estáticamente. Su calibración constituye el objeto de estudio y análisis de este trabajo. Retomando la estrategia de sintonización dinámica utilizada para determinar el límite de iteraciones de un paso de predicción, tal estrategia consiste en monitorizar dichas métricas para determinar una tendencia a estos problemas en una etapa de análisis, y así dar por finalizado el ciclo evolutivo del paso de predicción considerado, en una etapa de sintonización. Posteriormente se procede con las siguientes etapas del proceso de predicción, y en el siguiente paso, se aplica el operador de reinicio de poblaciones. La nomenclatura utilizada para el método con la incorporación de la sintonización dinámica y el operador de reinicio poblacional fue **ESSIM-DE(lr)**.

Hasta el momento, y como ya adelantamos, se ha utilizado una única configuración para los valores de estas métricas, dichos valores fueron establecidos de manera empírica, en base a la observación de las curvas que determinan sus tendencias a lo largo de las generaciones evolutivas. En este trabajo se presenta un estudio de calibración estática realizada sobre estas métricas con el cual se persiguen diferentes fines. Por un lado, se intenta detectar si los resultados obtenidos con la configuración por defecto pueden ser mejorados respecto a la calidad de las predicciones. Por otro lado, y dado que el proceso evolutivo en ESSIM-DE(r) es uno de los aspectos claves que determinan el tiempo de ejecución total, se pretende también establecer si existe una relación entre las magnitudes de los valores de estas métricas, respecto del tiempo de ejecución total del método. Finalmente, este estudio de sintonización estática de las métricas utilizadas en el modelo de rendimiento constituye la base experimental para avanzar hacia la definición de un criterio que permita ajustar el valor de dichas métricas en tiempo de ejecución, de acuerdo con las características particulares del incendio considerado, y del contexto de ejecución.

El trabajo se estructura de la siguiente forma. La sección 2 introduce el método ESSIM-DE(r), describiendo las diferentes etapas y cómo se obtienen las predicciones para los diferentes instantes de tiempo en el avance de un incendio forestal. También se incluye una breve descripción al algoritmo Evolución Diferencial, y del operador de reinicio de poblaciones. La sección 3 describe a ESSIM-DE(lr). Se incluye la descripción de los problemas del estancamiento y la convergencia prematura, se describen dos métricas definidas para identificar si la población posee una tendencia hacia dichos problemas y se describe la integración de las nuevas etapas que concretan la sintonización dinámica, y que han sido incorporadas en el proceso de predicción de ESSIM-DE(lr). La sección 4 presenta el estudio de sintonización estática, se definen cuatro configuraciones diferentes para los valores de las métricas que han sido utilizadas en la experimentación, y se presentan los resultados comprando los resultados obtenidos con tres casos de quemas controladas reales. Los resultados son analizados desde el punto de vista de la calidad de la predicción y respecto del tiempo de ejecución del método. Finalmente, la sección 5 presenta las

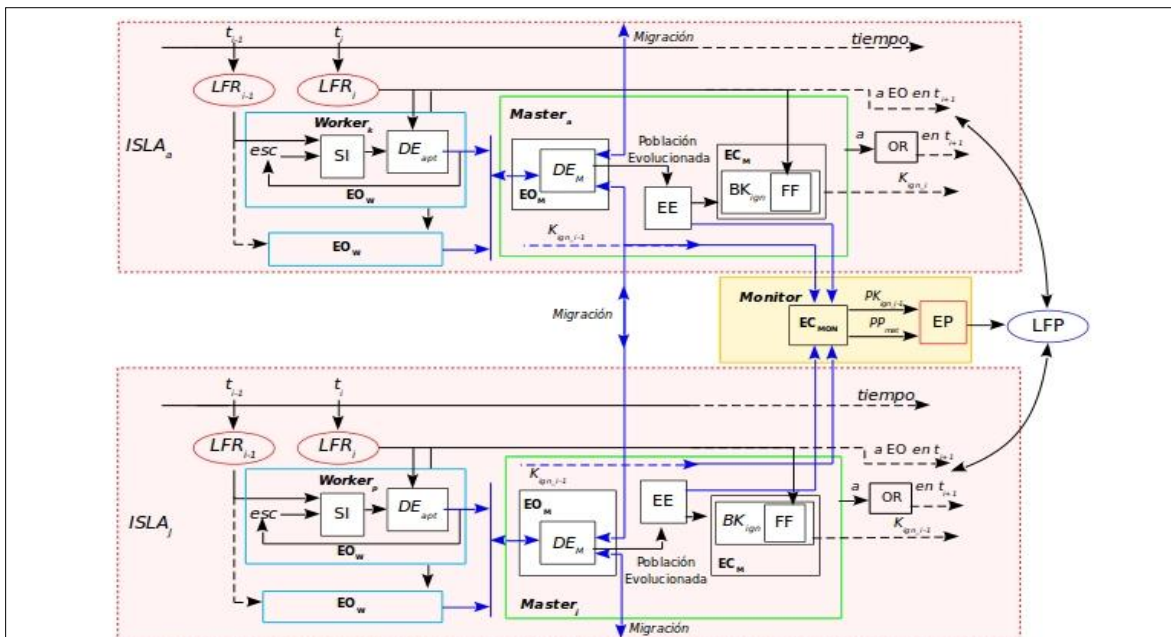


Figura 3. Diagrama general de ESSIM-DE(r). SI: Simulador de Incendios, DE_{apt}: Evolución Diferencial (evaluación de aptitud). EO_M: Etapa de Optimización (Master), EO_W: Etapa de Optimización (Worker), esc: escenario, LFR_t: línea de fuego Real del instante t, EE: Etapa Estadística, BK_{ign}: Búsqueda del valor clave de ignición, FF: Función de Fitness, Kign_t: Valor clave de ignición del instante t, EC_{MON}: Etapa de Calibración (Monitor), EP: Etapa de Predicción, OR: Operador de Reinicio de población, LFP: Línea de fuego predicha.

conclusiones obtenidas con este proceso de calibración estática y la proyección del trabajo a futuro.

2. Predicción de Incendios con ESSIM-DE(r)

Para realizar la predicción de la propagación del fuego en ESSIM-DE(r) el desarrollo total del incendio es dividido en diferentes instantes de tiempo discretos, denominados pasos de simulación. En cada uno de estos instantes operan en ESSIM-DE(r) cuatro etapas principales: la **Etapas de Optimización**, la **Etapas Estadística**, la **Etapas de Calibración**, y la **Etapas de Predicción**. ESSIM-DE(r) es un método general de reducción de incertidumbre con un esquema paralelo de Múltiples Poblaciones y Migración, o Modelo de Islas. Por lo tanto, cada una de estas etapas es llevada a cabo por un grupo de procesos, organizados en dos niveles, como se puede observar en el diagrama general de ESSIM-DE(r) de la Figura 3. En una jerarquía superior se dispone de un proceso denominado **Monitor**, que es el encargado de enviar información de inicialización a cada isla, recolectar los datos procesados en la etapa final de la simulación y determinar los valores de salida, identificando cuál es la isla con mejor aproximación al incendio real. Se puede observar que el componente **Monitor** está relacionado con cada componente **Isla** con flechas azules que describen la comunicación entre las entidades. Por su parte, el nivel inferior de jerarquía responde a una isla. El proceso **Master** de cada isla coordina las acciones llevadas a cabo con la población de su isla y delega cierto cómputo a procesos **workers**. Además, las islas intercambian individuos entre sí, en una etapa de migración llevada a cabo por los **Masters** de cada isla. La **Etapas de Optimización** se concreta en el **Master** y los **workers** de cada isla mediante dos sub-etapas: **EO_M** (Etapas de Optimización en **Master**) y **EO_W** (Etapas de Optimización en **workers**). Estas etapas permiten evolucionar una población de individuos en base al optimizador Evolución Diferencial.

2.1. Evolución Diferencial

El algoritmo Evolución Diferencial (*Differential Evolution, DE*) [8] es un optimizador estocástico basado en múltiples soluciones, denominadas individuos, los cuales están organizados en una población. Cada individuo está representado por un vector de números

reales y codifica una posible solución. Los individuos evolucionan a través de las generaciones (o iteraciones) por medio de los operadores de mutación, cruzamiento y selección. En cada generación g se recorre la población, y por cada individuo $X_{i,g}$, los operadores de mutación y cruzamiento generan un individuo denominado *vector mutante*, utilizando diferencias de vectores para orientar la búsqueda hacia soluciones de mejor calidad.

En la etapa de cruzamiento, el vector mutante es combinado con el individuo $X_{i,g}$ para generar un nuevo vector $U_{i,g}$, denominado *vector trial*. Este vector posee características de ambos progenitores. La herencia es regulada por un parámetro del algoritmo denominado probabilidad de cruzamiento y por un tipo de cruzamiento, el cual determina qué porciones del progenitor serán heredadas. Dependiendo de la selección de los individuos que participan en la mutación y del tipo de cruzamiento, en DE se definen diferentes estrategias de mutación. Una de las más utilizadas se denomina '*DE/rand/1/bin*', indicando que uno de los individuos participantes en la mutación se seleccionará de manera aleatoria y el tipo de cruzamiento es binomial (para mayor detalle en las estrategias de mutación y los tipos de cruzamiento puede consultar [8]). Finalmente, en la etapa de selección se determina el mejor candidato entre el individuo corriente $X_{i,g}$ y el *vector trial* $U_{i,g}$. Aquel que tenga mejor valor respecto de la función a optimizar será el que sobrevivirá a la generación siguiente. Es decir, siendo f la función a optimizar, $U_{i,g}$ reemplaza a $X_{i,g}$ si y solo si $f(U_{i,g}) < f(X_{i,g})$ (para problemas de minimización); caso contrario, no ocurre reemplazo o selección.

2.2. Etapas de ESSIM-DE(r)

El proceso **Master** es el encargado de inicializar la población y aplicar los operadores evolutivos de mutación y cruzamiento de DE para generar nuevos individuos (etapa **EO_M**). Para determinar si los nuevos individuos generados permanecerán en la generación siguiente, el **Master** distribuye los individuos entre ciertos procesos **workers**, quienes evalúan el desempeño de cada uno. En la Etapas de Optimización llevada a cabo por los procesos **workers** (**EO_W**) se realiza la evaluación de la aptitud de los individuos mediante dos subetapas internas denominadas Simulación de Incendios (**SI**) y Evaluación de aptitud con Evolución Diferencial (**DE_{apt}**).

SI debe ser alimentado con la línea de fuego real del incendio en el instante de tiempo t_{i-1} (**LFR** $_{i-1}$), junto con un escenario de quema, o combinación de las variables que describen el contexto del incendio (escenario, **esc**).

Cuando **SI** concluye con la simulación del individuo, el mapa de quema resultante de la simulación es introducido en la etapa **DE** $_{apt}$ para comparar el mapa obtenido de la simulación contra el mapa real del instante de tiempo t_i (**LFR** $_i$). Aquí se computa la diferencia entre el mapa obtenido por la simulación y el mapa real, y se calcula el valor de aptitud para cada individuo. La comparación entre dos mapas se realiza mediante una función denominada función de *fitness*, la cual se basa en el índice Jaccard [7] y determina la coincidencia de celdas entre ambos mapas, computada como lo indica la expresión (1), en donde A representa el conjunto de celdas en el mapa real sin el subconjunto de celdas quemadas antes de iniciar el proceso de predicción, y B representa el conjunto de celdas en el mapa predicho sin el subconjunto de celdas quemadas antes de iniciar la predicción. Por lo tanto, el valor de *fitness* estará comprendido en el rango [0,1], donde un valor igual a 1 representa una predicción perfecta, y un valor igual a cero indica el máximo error.

$$fitness = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (1)$$

La función de *fitness* en ESSIM-DE(r) se utiliza con dos propósitos principales. Como hemos mencionado, por un lado, se utiliza a nivel **EO** $_w$ para evaluar la aptitud de cada individuo, comparando el mapa obtenido por la simulación de cada uno de ellos respecto de la línea de fuego real del instante considerado t_i (**LFR** $_i$). Por otro lado, se utiliza a nivel de **EC** $_M$ y **EC** $_{MON}$, como función para evaluar la calidad de una predicción: una vez que ESSIM-DE(r) obtiene la predicción de la línea de fuego en base a la agregación de todos los mapas de quema generados en la isla y una vez que se conoce el estado real del incendio, se pueden comparar ambos mapas para analizar la calidad de la predicción utilizando la función de *fitness* de la expresión (1).

A medida que los **workers** van obteniendo los resultados de la etapa **EO** $_w$, envían los mapas de quema obtenidos y su respectivo valor de aptitud al **Master**, quien determina si los individuos que han evolucionado sobrevivirán a la siguiente generación. Para ello, verifica

si la aptitud calculada por los **workers** es mayor a la aptitud del individuo original, en cuyo caso, el nuevo individuo generado reemplaza al individuo original. Este proceso se realiza para cada individuo de la población, en todas las islas. El **Master** también se encarga de efectuar la migración grupal de individuos hacia otra isla, seleccionando un conjunto de individuos de la población actual para ser enviados a otra isla. La comunicación entre islas sigue un orden topológico de anillo. Los individuos que arriban a una isla reemplazan a los peores individuos de la población destino.

En ESSIM-DE(r) el ciclo evolutivo está regido por un límite máximo de generaciones, que estipula la cantidad de iteraciones por las cuales ha de evolucionar la población, parámetro definido por el usuario. Este parámetro es un aspecto importante que será retomado con profundidad en la sección 3. Una vez que la población completa las diferentes generaciones evolutivas, es introducida en la Etapa Estadística (**EE**). En esta etapa se construye una matriz de probabilidades, cuyas celdas indican la probabilidad de ignición, es decir, la probabilidad de que cada celda sea alcanzada por el fuego respecto de todos los posibles escenarios de la población. Dicha probabilidad se calcula utilizando la expresión (2), donde n es el número total de escenarios y n_c es el número de escenarios en el cual la celda c fue alcanzada por el fuego.

$$P_{ign}(c) = \frac{n_c}{n} \quad (2)$$

Cada escenario es introducido al simulador de incendios y se obtiene un mapa de quema. Todos ellos son combinados en una matriz que incluye la probabilidad de ignición para cada celda y, por lo tanto, considera la contribución de cada escenario respecto del número total de escenarios. A partir del análisis de la matriz de probabilidades es posible identificar cuál es la tendencia de la línea de fuego en una Etapa de Calibración (**EC** $_M$). Esto se puede lograr seleccionando el conjunto de celdas con una probabilidad menor o igual a cierto valor. Para ello, se define un mapa de probabilidad P_K como conjunto de celdas cuyo valor P_{ign} es mayor o igual que K . El siguiente paso consiste en comparar el mapa real con cada mapa de probabilidades P_K . El objetivo es encontrar un valor particular de P_{ign} , cuyo mapa de probabilidad asociado sea el que mejor represente el avance real del fuego. Para ello se realiza la

búsqueda de lo que se denomina valor clave de ignición K_{ign} (BK_{ign}). Este valor será utilizado para realizar las predicciones en el siguiente instante de tiempo. La evaluación de la aptitud de cada mapa de probabilidad se lleva a cabo en la etapa que implementa la Función de *Fitness* (FF), en EC_M .

La Etapa de Predicción (EP) se lleva a cabo en el *Monitor*, en la etapa EC_{MON} . Para ello, la salida de EE se envía a EC_{MON} junto con los j valores de $K_{ign_{i-1}}$ calculados en el instante de tiempo anterior por las j islas. En la Etapa EC_{MON} el proceso *Monitor* selecciona el mejor valor de K_{ign} entre los obtenidos por cada isla. El valor hallado K_{ign} es utilizado por el monitor para realizar la predicción (LFP). Como se puede observar, para obtener la línea de fuego de predicción se hace necesario contar con el valor clave de ignición del instante de tiempo anterior. Por este motivo, en ESSIM-DE(r), así como en todos los DDM-MOS, no se pueden realizar predicciones en el primer instante de tiempo, puesto que en el primer paso se requiere calcular el primer valor de K_{ign} a ser usado en el segundo paso. El funcionamiento detallado de los niveles de ESSIM-DE(r) se resume en dos Etapas de Optimización (EO_W y EO_M), una Etapa Estadística (EE), dos etapas de calibración (EC_M y EC_{MON}) y una Etapa de Predicción (EP).

2.3. Operador de reinicio poblacional

Una vez que se obtuvo la predicción para el paso de simulación considerado, se procede hacia el siguiente paso de predicción. Dependiendo de la cantidad de iteraciones por las cuales haya evolucionado la población y de acuerdo a las características de exploración de Evolución Diferencial, se puede producir pérdida de distribución de la población. Por lo tanto, en el siguiente paso de predicción puede que no se generen mejores soluciones. Este comportamiento fue evidenciado en ESSIM-DE y por lo tanto se propuso la incorporación de un nuevo operador denominado **reinicio poblacional**. Este operador genera un nuevo espacio de soluciones independientes de las anteriores al inicio de cada paso de simulación. En la Figura 3 se representa este operador con la etapa OR . Por lo tanto, el proceso de predicción comienza con una población con alta distribución en los valores de aptitud, al inicio de cada instante de tiempo en los cuales se divide la duración del incendio total. Con el

operador de reinicio de poblaciones se permite perfeccionar los individuos de acuerdo al paso de predicción considerado, es decir, a las características particulares del incendio en el instante de tiempo considerado, y se ha logrado mejorar la calidad de las predicciones para la mayoría de los casos de prueba utilizados en la experimentación [10].

3. Sintonización aplicada a ESSIM-DE(r)

Para mejorar aquellos aspectos limitantes de mejor rendimiento ya hemos mencionado la incorporación del operador de reinicio de población (ESSIM-DE(r)), el cual fue descrito en la sección 2.3. Por otro lado, hemos incorporado el proceso de sintonización dinámica de la cantidad máxima de generaciones de cada paso de predicción de acuerdo a lo introducido en la sección 1 (ESSIM-DE(lr)), por lo que dicho ajuste se realiza mediante las etapas de instrumentación, monitorización, análisis y sintonización. El problema de rendimiento a sintonizar está asociado a la Etapa de Optimización llevada a cabo por el *Master* de cada isla (EO_M) y se describe a continuación.

3.1. Métricas del modelo de rendimiento

En ESSIM-DE(r) la condición de fin del ciclo evolutivo está determinada por un parámetro del método, el cual regula la cantidad máxima de iteraciones evolutivas que debe realizar el *Master* en la EO_M . Este parámetro (también denominado **límite de iteraciones** o cota máxima de iteraciones) tiene una doble influencia en el proceso de optimización, puesto que limita la cantidad de generaciones evolutivas por las cuales evolucionará cada población y, en consecuencia, determina el tiempo de ejecución del proceso evolutivo.

En ESSIM-DE(r), la configuración de este parámetro tiene el mismo valor para todos los pasos de simulación, y es establecido *a priori* de la ejecución. Sin embargo, esta configuración presenta varias desventajas. En general, no es factible conocer anticipadamente cuántas generaciones deben ser consideradas adecuadas como cota máxima de iteraciones. Si se utiliza un valor bajo como cota, puede suceder que no se logre evolucionar suficientemente la población, quedando zonas potencialmente significativas del espacio de búsqueda sin explorar y, en consecuencia, perjudicando la calidad de

las predicciones. De manera opuesta, si se utiliza un valor muy alto la población evoluciona demasiadas iteraciones, provocando pérdida de la diversidad de la población, la consecuente pérdida de la capacidad del optimizador para producir mejores individuos, y un incremento significativo del tiempo de cómputo total. En el contexto de la predicción de incendios, este último problema es crucial, puesto que se pretende obtener predicciones a corto plazo.

Por todos estos motivos, las métricas de monitorización para el modelo de rendimiento definidas están asociadas a esta condición de fin de ciclo evolutivo que fuera definida para ESSIM-DE(r). Se propuso que el valor de cota máxima de iteraciones pueda ser computado dinámicamente para cada paso de predicción. Esta hipótesis se fundamenta principalmente debido a que el proceso de optimización está condicionado por múltiples factores: depende de la velocidad de convergencia del método (condicionada por la probabilidad de cruzamiento y el factor de mutación), de la diversidad de la población en los diferentes pasos de simulación, de la frecuencia de migración (debido a su influencia en la diversidad de la población), del tipo de reemplazo, entre otros. En consecuencia, es una ventaja contar con un mecanismo de sintonización dinámica para la condición del fin de ciclo del proceso evolutivo, de manera tal que en tiempo de ejecución se determine la cantidad de iteraciones que se deben realizar en cada paso de predicción

Las métricas pretenden determinar algún criterio por el cual se pueda detectar en la Etapa de Optimización cuándo la población ha evolucionado por suficientes generaciones, sin llegar a un estado de estancamiento o de convergencia prematura. El estancamiento es la situación en la cual el optimizador no es capaz de generar nunca más una nueva solución mejor que la anterior, aún cuando la población no hubiese convergido. Esto significa que, aún cuando la población presente cierta diversidad, el optimizador es incapaz de encontrar mejores soluciones. Por su parte, la convergencia prematura es la situación en la cual la población converge a un óptimo local, debido a la pérdida de diversidad [5]. El problema del estancamiento de la población depende de los movimientos efectivos del optimizador Evolución Diferencial. Cuando se genera un nuevo individuo se

produce un movimiento en el espacio de búsqueda que representan los individuos de la población. Este movimiento se considera efectivo si el nuevo individuo generado posee mejor valor de aptitud respecto de su antecesor. De todos los posibles movimientos que se realizan en la población, algunos son efectivos, mientras que otros no lo son, y por lo tanto estos últimos implican un esfuerzo computacional en vano.

Como es posible notar, estos problemas son determinantes para lograr efectividad del optimizador. Por lo tanto, la detección anticipada de una tendencia hacia estos problemas puede ser una buena medida para determinar el momento en que la población ya ha evolucionado por suficientes generaciones como para pasar a la siguiente etapa.

3.2. Diversidad de la población y movimientos efectivos.

Para abordar los problemas del estancamiento de la población y de la convergencia prematura se propuso cuantificar dos métricas diferentes para la población. Las métricas son:

- Movimientos efectivos (métrica **ME**): cuantifica el porcentaje de individuos que luego de un ciclo evolutivo han sido mejorados, es decir, cuyo valor de aptitud es mejor que el de su predecesor.
- Diversidad poblacional (métrica **DP**): cuantifica la dispersión de la población, es decir, la variabilidad de la distribución de la población.

Los movimientos efectivos, o métrica **ME**, pueden ser computados de manera sencilla, contabilizando aquellos individuos que mejoran a sus antecesores. Respecto de la métrica **DP**, existen diferentes enfoques que han sido utilizados en la literatura como medida de la distribución en Estrategias Evolutivas. Uno ellos es el enfoque basado en la cuantificación genotípica, es decir, la medición de la dispersión respecto de las variables de los individuos (dimensión, o genotipo) que codifican a cada individuo. Dentro de esta categoría encontramos las mediciones de distancia en el espacio. En [12] se analiza cada dimensión de los individuos, y se computa el promedio de los valores de cada dimensión. La dispersión está asociada a la distancia euclidiana de un individuo respecto a este valor promedio. En [4] se utiliza la

distancia relativa a cada dimensión respecto del mejor individuo de la población. En otro enfoque se utiliza la desviación estándar como métrica estadística, computada a nivel de las dimensiones del individuo, e identifican que una dimensión está estancada cuando el valor de desviación estándar computado alcanza un cierto valor de umbral [13].

Los trabajos antes mencionados realizan el cómputo de la distribución poblacional con un enfoque basado en el genotipo, es decir, en los valores de las variables representando las dimensiones del problema considerado. ESSIM-DE(r) es un DDM-MOS, y como tal basa sus predicciones en la contribución de múltiples escenarios, sin la existencia de requisito alguno respecto de las características particulares de las dimensiones o variables que componen a los individuos. Por lo tanto, el enfoque que hemos elegido fue el cómputo de la distribución poblacional considerando la aptitud de los individuos de la población, es decir, en base al fenotipo de los individuos. La métrica estadística que hemos elegido es el Rango Intercuartil (*Inter Quartile Range, IQR*) [3] de los valores de aptitud de todos los individuos de la población, el cual representa una métrica de dispersión, y se define como la distancia desde el tercer al primer cuartil, como indica la expresión (3).

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (3)$$

Como es posible notar, el cómputo del Rango Intercuartil es una medida que considera la distribución del 50% de los datos. A diferencia del cómputo de otras métricas, como el promedio de valores de aptitud, o la desviación estándar de los valores de aptitud, el cómputo de *IQR* es menos sensible a los valores atípicos (denominados *outlayers*). Por lo tanto, es considerado un estimador más robusto que los antes mencionados y, como tal, una buena medida para considerar la distribución de los datos [3].

3.3. Detección de pérdida de la distribución poblacional.

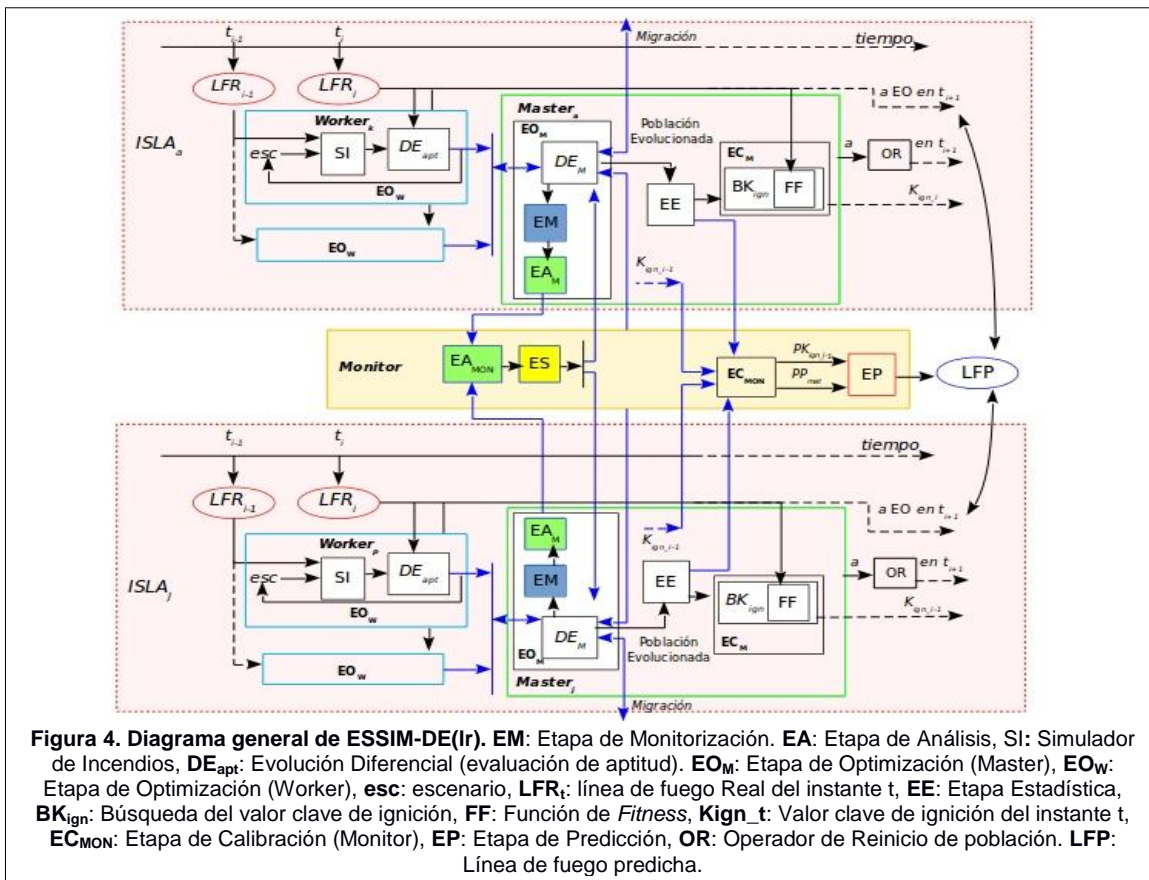
La métrica *IQR* permite cuantificar la distribución fenotípica de la población en base a la medición de la dispersión de los valores de aptitud de los individuos, y por lo tanto puede servir como indicador de convergencia. En este punto, cabe recordar que la

convergencia prematura es la situación en la cual la población converge a un óptimo local, debido a la pérdida de diversidad. Sin embargo, la métrica *IQR* no es suficiente para cuantificar el estancamiento debido a que el estancamiento es la situación en la cual, aun existiendo diversidad en la población, el optimizador es incapaz de encontrar mejores soluciones. Por lo tanto, para detectar este problema se incluye la medición de los movimientos efectivos del optimizador a través de la métrica *ME*. En consecuencia, se puede considerar que la población está estancada y/o converge a un óptimo local si se cumple la condición de la expresión (4).

$$IQR \leq \text{umbral_IQR} \wedge M \leq \text{umbral_M} \quad (4)$$

En caso de que la condición de la expresión (4) se cumpla en alguna isla, se considera que la población debe finalizar el ciclo evolutivo, y se puede proceder con el resto de las etapas de ESSIM-DE(r). Como es posible notar, el valor *umbral_IQR* pertenece al rango [0,1], puesto que se computa como diferencia de elementos de la muestra, es decir, valores de aptitud. Por su parte, el *umbral_M* pertenece al rango [0, NP], siendo NP el tamaño de la población. Los valores de umbral a establecer serán considerados como porcentaje, de manera tal que el valor *umbral_IQR* es ponderado al porcentaje respecto del máximo valor de aptitud (valor igual a 1), y el valor *umbral_M* representa el porcentaje de los individuos de la población que han sido efectivamente mejorados en una determinada generación.

También es posible observar que la condición de la expresión (4) considera dos valores *umbral_IQR* y *umbral_M*, los cuales deben ser establecidos en base a la experimentación, motivo principal del presente trabajo. Desde la literatura [13] se afirma, y hemos corroborado empíricamente, que identificar total estancamiento y/o convergencia requiere un tiempo de cómputo elevado. Las primeras pruebas piloto utilizaron dos valores de umbral que fueron establecidos en base a la observación durante la ejecución de la tendencia de ambas métricas. En este trabajo está orientado a analizar si dichos valores pueden ser calibrados estáticamente, con dos fines principales. Por un lado, se pretende determinar si los resultados obtenidos con los valores de referencia pueden ser mejorados, tanto en calidad de predicción como en tiempo de ejecución total. Por otro lado, se requiere



establecer la relación existente entre aquellas variaciones de los valores de umbral y el tiempo de cómputo requerido para alcanzar dichos valores.

Finalmente, la calibración estática sobre las métricas permitirá evaluar el impacto de las diferentes combinaciones de los valores para las métricas IQR y ME, gracias a la experimentación con diferentes configuraciones que permitan evidenciar el desempeño del método en la obtención de predicciones, y así vislumbrar la utilidad y ventaja que constituiría la automatización dinámica del ajuste de dichos parámetros del método.

3.4. Monitorización, análisis y sintonización.

El gráfico general del método con la estrategia de sintonización dinámica para determinar el fin del ciclo evolutivo, y con la aplicación del operador de reinicio de poblaciones se presenta en la Figura 4. Utilizaremos la sigla **ESSIM-DE(lr)** para diferenciar a ESSIM-DE(r) de

la propuesta que incorpora, además del operador de reinicio de poblaciones (r), el proceso de sintonización dinámica aplicada al límite (l) de iteraciones evolutivas. La monitorización de las métricas es llevada a cabo en el *Master*, en una nueva sub-etapa de la EO_M , denominada **Etapa de Monitorización (EM)**, y se concreta en dos fases:

- Métrica ME: El proceso *Master* actualiza la métrica ME cada vez que los procesos *worker* envíen la evaluación de la aptitud de un individuo. En la etapa EO_M , el *Master* analiza si el nuevo individuo generado es mejor que su ancestro. El resultado de dicho análisis es introducido a la etapa EM en la cual se incrementa un contador local para la métrica ME.
- Métrica DP (cómputo de IQR): Una vez que finaliza una generación evolutiva, se envían los valores de aptitud de todos los individuos a la EM para que se calcule la métrica IQR, computando la expresión (3).

Como el cómputo de ambas métricas (ME y DP) se realiza en cada isla, la **Etapa de Análisis** requiere de la asistencia de los *Masters* de cada isla y del *Monitor*. Los valores registrados son enviados desde EM hacia la Etapa de Análisis llevada a cabo en el *Master* (EA_M). Al finalizar cada iteración, cada *Master* envía las métricas de su isla computadas en la EA_M hacia el proceso *Monitor*, quien realiza una agregación de todas las métricas de las islas en su Etapa de Análisis (EA_{MON}). Los valores recopilados en la EA_{MON} son enviados a la Etapa de Sintonización (**ES**), en la cual se determina si existe alguna isla con tendencia a estancamiento y/o convergencia prematura. Si se evalúa como verdadera la expresión (4) con los valores computados de alguna de las islas, el *Monitor* determina que la población ha evolucionado lo suficiente como para frenar la evolución, realizar la predicción e iniciar con el siguiente paso. Luego, se aplicará el operador de reinicio poblacional (**OR**) para comenzar el proceso evolutivo del siguiente paso con una nueva población (nuevo espacio de búsqueda).

4. Experimentación y Resultados Obtenidos

Para realizar los experimentos se han utilizado tres casos reales de estudio correspondientes a incendios controlados realizados en diferentes terrenos ubicados en Portugal (precisamente en Serra de Lousã, Gestosa), todos pertenecientes al proyecto SPREAD [14]. Cada caso posee una determinada duración expresada en minutos, una pendiente en grados y una superficie específica en metros cuadrados. Dado que se trata de quemas controladas, la duración de cada incendio es de cierta cantidad de minutos. A su vez, a efectos de poder aplicar los métodos de predicción, el período de duración total de cada incendio ha sido dividido en lapsos de tiempo denominados pasos de simulación. Los tres casos de quema considerados se describen en la Tabla 1. Para cada uno de ellos se computaron los valores de *fitness* y de tiempos, para un promedio de 10 semillas. Los experimentos fueron realizados en un *cluster* de computadoras, utilizando un total de 41 unidades de procesamiento Intel Q9550 2.83GHz, con memoria RAM de 4GB DDR3 1333Mz.

La experimentación con los casos de quema controlada estuvo enfocada en la comparación de los

resultados computados con una configuración inicial para las métricas IQR y ME (denominada configuración de referencia), respecto de cuatro configuraciones adicionales, en las cuales se varían las métricas en una magnitud superior e inferior respecto de los valores de referencia, las cuales se enumeran en la Tabla 2. La configuración de referencia 0 (ref.) que se estableciera en las primeras pruebas fue $umbral_IQR=2.5\%$ y $umbral_M=20\%$. Esto significa que, cuando la diferencia entre el tercer y el primer cuartil esté por debajo de 0.025 y cuando se generen menos del 20% de movimientos efectivos del optimizador, la población tendrá una tendencia al estancamiento y/o a la convergencia, por lo tanto, el ciclo evolutivo ha de finalizar. Como es posible notar, las nuevas configuraciones (1, 2, 3 y 4) contemplan dos valores para $umbral_IQR$ (1% y 5%) y dos valores para $umbral_M$ (10% y 20%), por lo tanto, la experimentación consistió en la utilización de las cuatro combinaciones de estos valores en contraste con la combinación de referencia. Como hipótesis se plantea que las dos configuraciones con valores de $umbral_IQR=5\%$ son las que requerirán menor tiempo de ejecución, debido a que es probable alcanzar dicho umbral en menor cantidad de iteraciones, y en contra parte, las que utilicen $umbral_IQR=1\%$ requerirán mayor tiempo de ejecución. Sin embargo, se intenta determinar el impacto respecto de la calidad de las predicciones, sobre la elección de un valor de umbral más alto o más bajo. La configuración del resto de los parámetros ha sido establecida en base a aquellos valores utilizados en computaciones previas con el método, y se incluyen en la Tabla 3. Para simplificar la nomenclatura, en los gráficos se utiliza la leyenda ESSIM-DE(lr_x), siendo x alguna de las configuraciones de sintonización estática de la Tabla 2. En los gráficos, se incluyen los resultados obtenidos con ESSIM-DE(r), utilizando un límite de cota fijo como condición de fin del ciclo evolutivo a 30 iteraciones.

4.1. Resultados

Los resultados obtenidos son presentados en las Figuras 5, 6 y 7 representando la experimentación con los casos A, B y C de la Tabla 1, respectivamente. En cada una se incluye un gráfico con los valores de *fitness* promedio obtenidos por cada experimento y en cada paso de predicción.

En primer lugar, se puede observar que los gráficos de las Figuras 5 a la 7 pueden o no seguir una tendencia creciente o decreciente, puesto que dependiendo del paso de predicción que se esté analizando se logra obtener valores más altos o más bajos de aptitud.

Tabla 1. Casos de quema: dimensión, pendiente y tiempo de inicio, fin e incremento.

Caso	Ancho (m)	Alto (m)	Pend. (gr)	T.ini (min)	T. fin (min)	Incr.(min)
A	89	109	21	2.0	14.0	2.0
B	89	91	21	2.5	12.5	2.5
C	60	90	6	2.0	10.0	2.0

Tabla 2. Configuraciones utilizadas en el proceso de sintonización estática para IQR y ME.

Configuración	IQR	ME
0 (ref)	2.5%	20%
1	1%	20%
2	1%	10%
3	5%	20%
4	5%	10%

Tabla 3. Configuración de los parámetros de ESSIM-DE(r) y ESSIM-DE(lr)

Parámetro	Valor
Tamaño de cada población	200 individuos
Porcentaje de individuos a migrar	20%
Frecuencia de migración	en cada iteración
Límite de iteraciones evolutivas (solo para ESSIM-DE(r))	30 iteraciones
Estrategia de mutación y cruzamiento	DE/rand/1/bin
Probabilidad de cruzamiento	0.45
Factor de mutación	0.9
Cantidad de islas	5
Cantidad de <i>workers</i> por isla	7

Es importante remarcar que, en el caso de los métodos de predicción, no siempre es posible encontrar mejoras en todos los pasos de simulación y para todos los casos de quema. Obtener un incremento en la calidad de la predicción significa haber encontrado mayor precisión en

la delimitación de la zona que puede verse afectada por el avance del fuego. Las mejoras parciales representan un gran resultado desde el punto de vista de la predicción, puesto que brindan la posibilidad de generar medidas preventivas a corto plazo, antes y durante el avance del incendio, y por ende permiten dirigir las acciones a seguir con el objetivo de reducir el impacto del fuego.

Tabla 4. Tiempos de ejecución promedio (segundos).

Conf.	A	B	C
ESSIM-DE(r)	2898	4374	2709
ESSIM-DE(lr_0)	1642	3170	886
ESSIM-DE(lr_1)	2106	3501	1271
ESSIM-DE(lr_2)	2407	3695	1261
ESSIM-DE(lr_3)	1522	2885	734
ESSIM-DE(lr_4)	1306	2929	754

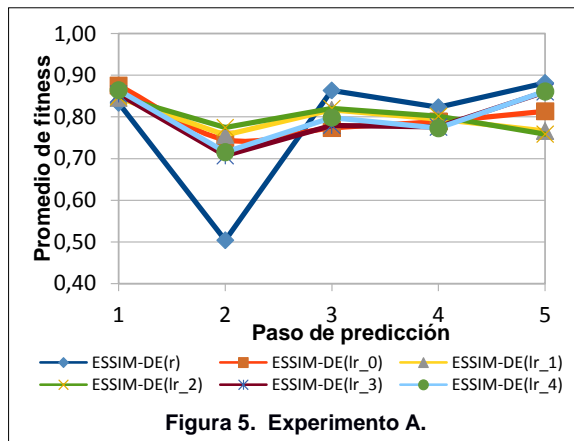


Figura 5. Experimento A.

En la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos con el experimento A. El incendio real se inicia en el minuto 2 y finaliza en el minuto 14, con un incremento de 2 minutos (ver Tabla 1). Por lo tanto, cuenta con un paso de simulación (minuto 2 al minuto 4) y 5 pasos de predicción (minutos 4-6, 6-8, 8-10, 10-12 y 12-14). Como es posible observar del gráfico de la Figura 5, ESSIM-DE(r) comienza con un valor de aptitud cercano a 0.85 en el paso de predicción 1, decae en aptitud en el paso de predicción 2 con un valor promedio cercano a 0.5, posteriormente se mantiene en los pasos de predicción 3, 4 y 5 con valores superiores a 0.85 aproximadamente. Es posible observar que cualquiera de las configuraciones que utilizan las métricas IQR y ME

mejora significativamente los valores promedio de *fitness* del paso 2, con valores superiores a 0.7 (recordemos que un valor de *fitness* igual a 1.0 representa una predicción perfecta). También se puede notar que las configuraciones que utilizan $umbral_IQR=5\%$ (*ESSIM-DE(lr_3)* y *ESSIM-DE(lr_4)*) obtienen un valor de *fitness* cercano a 0.9 en el último paso de predicción, mejorando incluso a la configuración de referencia.

Analizando los tiempos de ejecución de la Tabla 4, columna A, se puede notar que las configuraciones con $umbral_IQR=5\%$ son además aquellas que insumen menor tiempo de ejecución, logrando una reducción de hasta un 20%, aproximadamente, respecto del valor de referencia. Por lo tanto, se corrobora la hipótesis acerca de la asociación entre la métrica $umbral_IQR$ y el tiempo requerido para alcanzar dicho umbral.

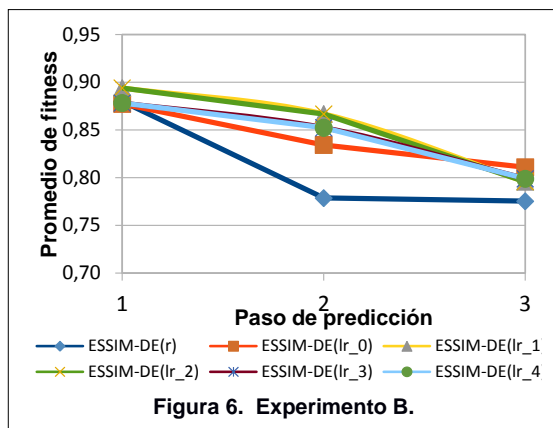


Figura 6. Experimento B.

En la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos con el Experimento B. El incendio real se inicia en el minuto 2.5 y finaliza en el minuto 12.5, con un incremento de 2.5 minutos. Por lo tanto, cuenta con un paso de simulación (minuto 2.5 al minuto 5.0) y 3 pasos de predicción (minutos 5-7.5, 7.5-10.0 y 10.0-12.5). Como es posible observar de la Figura 6 los resultados de promedio de *fitness* son mejorados por cualquiera de las configuraciones utilizadas. En este experimento se puede notar que los valores promedio son muy similares para el mismo valor de la métrica $umbral_IQR$. Observando los tiempos de ejecución, la configuración $umbral_IQR=5\%$ y $umbral_M=20\%$ obtiene los menores tiempos de respuesta, logrando una reducción de un 8% respecto de la configuración de referencia.

En la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos con el Experimento C. El incendio real se inicia en el minuto 2 y finaliza en el minuto 10, con un incremento de 2 minutos. Por lo tanto, cuenta con un paso de simulación (minuto 2 al minuto 4) y 3 pasos de predicción (minutos 4-6, 6-8 y 8-10). Como es posible observar de la Figura 7, los valores de *fitness* obtenidos por *ESSIM-DE(r)* decaen en el paso de predicción 2 y 3, mientras que los valores obtenidos con las configuraciones alternativas utilizadas obtienen resultados cercanos o superiores a 0.7 en todos los pasos de predicción. Es importante remarcar que la configuración $umbral_IQR=5\%$ y $umbral_M=20\%$ (*ESSIM-DE(lr_3)*) logra una reducción de tiempo de un 17% aproximadamente, respecto de la configuración de referencia.

Del análisis general se puede observar que la calibración estática permite encontrar mejoras en los resultados de calidad de las soluciones encontradas para algunos pasos de predicción. Respecto a los tiempos de respuesta, aquellas configuraciones con $umbral_IQR=5\%$ son las que obtienen menor tiempo de respuesta. Por lo tanto, se pudo corroborar que el uso de este valor de umbral permite mejorar los tiempos de respuesta, a un costo computacional menor, y con una calidad de predicción similar a la de las otras configuraciones, las cuales requieren mayor tiempo de ejecución. Estos resultados sirven como soporte experimental para definir un criterio que permita automatizar el valor a utilizar para las métricas *IQR* y *ME*, evitando el uso de una configuración estática y simplificando así la configuración de *ESSIM-DE(lr)* al usuario final.

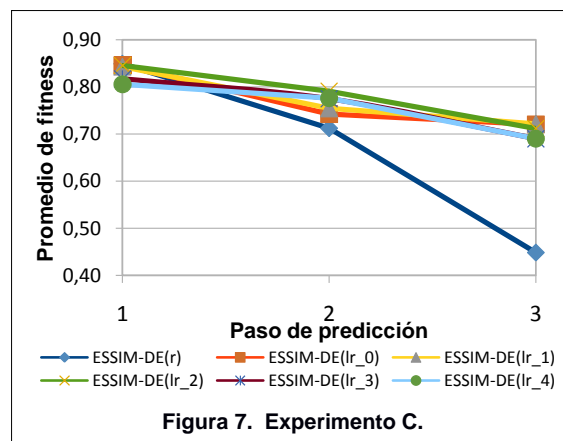


Figura 7. Experimento C.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó un estudio de calibración estática para dos métricas utilizadas para regular la evolución de las poblaciones administradas por el método ESSIM-DE(lr). Dichas métricas permiten cuantificar una tendencia al estancamiento y/o convergencia prematura de la población a fin de calibrar el límite máximo de generaciones a realizar en el proceso evolutivo. La experimentación fue realizada con tres casos de quemaduras reales controladas, cada mapa posee características diferentes entre sí. Los resultados obtenidos han demostrado que la calibración estática permite ajustar los valores de estos parámetros, logrando obtener mejoras en algunos pasos de predicción para los casos de quema considerados. Se lograron mejoras respecto de la configuración de referencia, obteniendo reducciones de hasta un 20% del tiempo de ejecución. Esta reducción de tiempos está asociada a una detección temprana de los problemas de estancamiento y convergencia, evitando que el optimizador continúe con el ciclo evolutivo y, por lo tanto, reduciendo el tiempo de ejecución global. En el contexto de la predicción de incendios forestales, estas reducciones de tiempo pueden resultar esenciales para obtener predicciones a corto plazo y, por ende, para aplicar medidas preventivas, de reducción de riesgos o de evacuación, con anticipación a la evolución del incendio.

Este trabajo constituye parte del estudio empírico realizado para dar el primer paso en la definición de una nueva estrategia de sintonización dinámica, la cual pueda mejorar el rendimiento de ESSIM-DE(lr) de un modo transparente al usuario final. Por lo tanto, como trabajo a futuro se plantea establecer un criterio para auto-ajustar ambas métricas en tiempo de ejecución, de manera tal de evitar la configuración *off-line* de estos valores de umbral, permitiendo que dicho ajuste sea realizado en cada paso de acuerdo a las características de la población, en lugar de la utilización de valores fijos. De esta forma, se pretende lograr mejoras en la calidad de las predicciones y en el tiempo de ejecución, y a la vez la simplificación de la configuración de ESSIM-DE(lr).

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado mediante los proyectos SIUTIME0004736TC y SIUTNME0004819 de la UTN-

FRM. El primer autor agradece a CONICET por la beca doctoral otorgada para realizar este trabajo.

7. Referencias

- [1] <https://www.lanacion.com.ar/2156510-grecia-incendios-fuego-muerte-sobrevivientes-desaparecidos-calor>. Accedido el 1 de agosto de 2018.
- [2] Fons W. (1946) "Analysis of fire spread in light forest fuels", En: J. Agric. Res. vol 72. p. 93-121.
- [3] Healey, J. F., The Essentials of Statistics: A Tool for Social Research, Thomson/Wadsworth, 2007.
- [4] Herrera, F. y Lozano, M. "Adaptation of Genetic Algorithm Parameters Based on Fuzzy Logic Controllers", Genetic Alg. and Soft Computing, Physica-Verlag, 1996, p. 95-125.
- [5] Lampinen, J. y Zelinka, I., "On the Stagnation of the Differential Evolution algorithm", VI Int. Conf. Soft Computing (Mendel 2000), Rep. Checa, junio 2000, pp. 76-83.
- [6] Naono, K., Teranishi, K., Cavazos, J. y Suda, R., *Software Automatic Tuning: From Concepts to State-of-the-Art Results*, Springer, New York, 2010.
- [7] Real, R. y Vargas, J.M. "The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity", J. Syst. Biology, 45, 3, 1996, pp. 380-385.
- [8] Storn, R., Price, K. y Lampinen J., *Differential Evolution: A Practical Approach to Global Optimization*, Springer, New York.
- [9] Tardivo M.L., Caymes-Scutari P., Bianchini G., Méndez-Garabetti M., Cortés, "Three evolutionary statistical parallel methods for uncertainty reduction in wildland fire prediction". Int. Conf. HPCS, Innsbruck, Austria, 2016, pp. 721-72
- [10] Tardivo, M.L., Caymes-Scutari, P., Méndez-Garabetti, M. y Bianchini, G., "Optimization for an Uncertainty Reduction Method Applied to Forest Fires Spread Prediction", Computer Science – Cacic 2017, Springer, 2018, pp. 13-23.
- [11] Tardivo, M.L., Caymes-Scutari P. Bianchini G. Méndez-Garabetti, M., "Monitorización y Análisis de Métricas Poblacionales en un Método de Predicción de Incendios Forestales". Artículo aprobado. VI Seminario Argentina Brasil de Tecnología de la Información y la Comunicación. 2018.
- [12] Ursem, R., "Diversity-Guided Evolutionary Algorithms", Parallel Problem Solving from Nature - PPSN VII, Springer Berlin Heidelberg, 2002, 462-471.
- [13] Yang, M., Li, C., Cai, Z., y Guan, J., "Differential Evolution with Auto-Enhanced Population Diversity", IEEE Transactions on Cybernetics, 45, 2, 2015, pp. 302-315.
- [14] Viegas, D. X., "Project Spread – Forest Fire Spread Prevention and Mitigation", <http://www.algosystems.gr/spread/>, 2004. Accedido el 10 de Julio de 2018

Planificación de centros turísticos en Ciudad del Este bajo un enfoque multiobjetivo

Carlos Domingo Almeida
Dirección de Investigación
Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este
Campus Universitario, Km. 8, Ciudad del Este
carlosdad@gmail.com

Resumen

La planificación para la ubicación óptima de centros turísticos consiste en disponer los centros en los lugares en los cuales se pueda recorrer los puntos turísticos de la forma más eficiente posible. Las técnicas tradicionales de planificación utilizan métodos heurísticos de cálculo para la ubicación adecuada de estos centros turísticos. Alternativamente, el presente trabajo propone la utilización de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivos para la planificación de centros turísticos para Ciudad del Este, teniendo en cuenta los objetivos de costos de instalación, costo de transporte, costo de la actividad y valoración de la actividad. Esta constituye una opción válida en la elaboración de propuestas, teniendo en cuenta la rapidez con que se pueden encontrar soluciones y la variedad y calidad de estas soluciones.

Palabras claves: Planificación de centros turísticos, Optimización Multiobjetivo, Algoritmos Evolutivos, Centros turísticos, Pareto.

1. Introducción

La ubicación de centros turísticos constituye una tarea importante sobre todo cuando se quiere planificar una ciudad. La presente propuesta consiste en una metodología para la ubicación de los centros en Ciudad del Este, basándose en los datos disponibles tales como población, costos de terrenos y la ubicación de los puntos turísticos en un plano cartográfico de la ciudad. Con los datos disponibles, se utilizan los algoritmos evolutivos multiobjetivos para la planificación de los centros turísticos teniendo en cuenta los objetivos de costos de instalación, costo de transporte, costo de las actividades y

valoración de las actividades. El estudio se realizó para Ciudad del Este en donde el turismo se basa principalmente en el turismo de compras y algunas otras atracciones existentes tales como museos, parques, shoppings.

El problema de ubicación de centros turísticos utilizando la optimización multiobjetivo, es considerado *NP-hard*, es decir, un problema difícil no resoluble en tiempos polinómicos, ya que envuelve numerosas variables y la realización de los cálculos en forma objetiva, es muchas veces una tarea trabajosa.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 se presentan los trabajos relacionados a ubicación de centros turísticos. En la sección 3 se formula matemáticamente el problema, exponiendo algunos conceptos relativos a la optimización multiobjetivo, el método utilizado para ubicar los centros turísticos y el problema de prueba. En la sección 4, se describe el Algoritmo Evolutivo Multiobjetivo propuesto. En la sección 5 se presentan los resultados experimentales obtenidos y su interpretación. Finalmente, se concluye el trabajo en la sección 6.

2. Trabajos relacionados

Uno de los problemas cuya solución se ha encarado tímidamente en América Latina es el del ordenamiento territorial del espacio en que se desenvuelven las actividades turísticas. Existen algunos desarrollos que han sido adecuadamente planificados, que no dejan de ser excepciones a la regla, ya que por lo común nadie se ocupa de las consecuencias que tendrán sobre el conjunto aquellas construcciones que no responden a los lineamientos de un plan, sino a iniciativas aisladas. La

instalación de centros turísticos, constituye una parte fundamental de la planificación urbana, ya que constituye el punto de partida a numerosos destinos turísticos. En [1] se establece que existen cuatro tipos de centros turísticos: de distribución, de estadía, de escala y de excursión. Además, en la planificación turística de los centros turísticos, se deben tener en cuenta: el radio de influencia real de automóviles, radio de influencia teórica de autobuses, el radio de influencia teórica de automóviles, los servicios de alojamiento, alimentación, esparcimiento, agencias de viajes, atractivos locales, comercios turísticos y sistemas de transporte.

Se ha propuesto una metodología basada en los algoritmos evolutivos multiobjetivos para la ubicación de centros, a corto, mediano y largo plazo, para la ciudad de Asunción. Básicamente, el problema a resolver consiste en calcular la cantidad de centros necesarios para cubrir la demanda de un área y la correspondiente ubicación eficiente de las mismas, de forma a minimizar los costos basados en los datos de población, demanda de tráfico y costo de la infraestructura requerida para atender la demanda proyectada [2].

En un trabajo se propone la formulación de un modelo multiobjetivo que permita obtener la ruta ideal para un turista que decide pasar un tiempo determinado en una zona. El modelo tiene en consideración costes económicos, duración de las actividades, y preferencias del turista. Dicho modelo se resuelve mediante el uso de métodos metaheurísticos, los cuales están teniendo un importante auge dada su gran aplicabilidad a problemas de difícil solución mediante métodos exactos. El trabajo se aplicó en un tour por Andalucía, donde el turista conoce los recursos y productos turísticos de sus distintas provincias [3].

En otro trabajo, se hace una revisión de la literatura de los modelos de ubicación, considerando la gestión de la cadena de suministro, las características básicas que los modelos deben tener en cuenta en la planificación estratégica y la integración de las decisiones de localización relacionadas con el diseño de una red de cadena de suministro [4].

En otro abordaje, se ha realizado la programación multiobjetivo de ayuda al turista en la elección de los destinos. Se ha desarrollado una herramienta que proporciona a cada turista un itinerario lo más adecuado posible a sus necesidades, que incluye las distintas actividades que puede realizar en un horario establecido. Para ello se emplea un método multicriterio, que considera la conflictividad entre sus objetivos, y tiene en cuenta sus deseos, así como las características del entorno [5].

La zonificación turística propuesta en [1] es una forma de comprender el territorio turístico con un abordaje regional. Teniendo en cuenta la existencia del “Programa de Regionalización del Turismo”, desarrollado por el Ministerio de Turismo brasileño, se busca comprender la

manera de entender una región, cómo esta puede colaborar con el proceso de planificación y organización del turismo en determinada localidad. La autovía BR 343, localizada en el estado de Piauí (Brasil) promueve la unión entre la capital del estado, Teresina, y el litoral conformando un corredor turístico. De esa forma, a través del abordaje teórico, se demuestra la zonificación de la región turística del centro-norte de Piauí como aporte a las posibles intervenciones turísticas que se produzcan en esa región, teniendo como elemento de base la oferta turística observada a lo largo de la autovía BR 343 [6].

Otro trabajo propone un algoritmo genético híbrido (*genetic algorithm*, GA) para resolver el problema de localización-enrutamiento capacitado. El algoritmo propuesto sigue el marco estándar de GA utilizando procedimientos de búsqueda local en la fase de mutación. Los resultados muestran que, aunque relativamente simple, el algoritmo propuesto es efectivo, proporcionando resultados competitivos para instancias de referencia dentro de un tiempo computacional razonable [7].

La planificación de la ubicación óptima de centros de atención es un complejo proceso de cálculo, a cargo de especialistas que tradicionalmente consideran un solo objetivo: atender la demanda al menor costo. Las técnicas tradicionales de planificación utilizan métodos heurísticos de cálculo para la ubicación adecuada de estos centros de atención. Se propone la utilización de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivos para la planificación de centros de atención a corto, mediano y largo plazo para Ciudad del Este. Esta constituye una opción válida en la elaboración de propuestas, teniendo en cuenta la rapidez con que se pueden encontrar soluciones y la variedad y calidad de estas soluciones [8].

Se ha hecho una comparación de la metodología propuesta con otros métodos similares, estableciendo ventajas y desventajas, los cuales se resumen en la tabla 1:

Tabla 1. Comparación con otras alternativas

Item	Descripción	Metodología	Ventajas	Desventajas
1	Planificación de viajes con preferencias difusas, diseño de ruta turística (TTDP) [9]	Programación lineal difusa con la Metaheurística GRASP	Facilidad de agregar nuevos sitios, conjunto de soluciones diferentes	Mono-objetivo
2	Evaluación multicriterio de destinos turísticos, para evaluar la competitividad [10]	Optimización multiobjetivo ELECTRE III - NSGA	Es multiobjetivo, permite analizar muchos puntos de interés	Necesita juicio de experto para establecer los pesos
3	Ubicación de facilidades en un entorno ubicacion competitivo [11]	Interval Branch & Bound, Algoritmo de ubicación Weiszfeld	Permite analizar varias alternativas de facilidades	Es mono-objetivo, se centra en el análisis de 2 competidores
4	Algoritmo de ubicación-enrutamiento capacitado [7]	Utilización de algoritmo genético híbrido	Disponibilidad de software y base de datos de pruebas	Mono-objetivo
5	Ubicación de centros turísticos en Ciudad del Este (solución propuesta)	Utilización de algoritmo evolutivo multiobjetivo SPEA2	Es multiobjetivo, permite analizar muchas alternativas de solución, se analizan la mayor cantidad de soluciones posibles, permite obtener soluciones no dominadas	Requiere cargar los datos para cada cuadrícula

3. Formulación Matemática del Problema

En esta sección se definen algunos conceptos relativos a la optimización multiobjetivo, se resume el procedimiento realizado para encontrar estas soluciones y se presenta el problema de prueba.

3.1. Optimización Multiobjetivo

El problema de optimización Multiobjetivo tratado en este trabajo se define de la siguiente forma [12-13]:

$$\text{Objetivo } \mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), f_3(\mathbf{x}), f_4(\mathbf{x})) \quad (1)$$

Donde:

Se debe minimizar f_1, f_2, f_3 y maximizar f_4

$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X \subset \mathbb{N}^n$ representa el vector de variables de decisión;

$\mathbf{y} = (y_1, y_2, y_3, y_4) = \mathbf{f}(\mathbf{x}) \in Y \subset \mathbb{N}^4$ representa el vector de funciones objetivo;

n : número máximo de centros turísticos;

m : número máximo de cuadrículas en que se divide el área en estudio;

x_i : designa la ubicación de un centro dentro del área en estudio ($0 \leq x_i \leq m$);

y_j : representa la función objetivo;

X : representa el espacio de decisiones;

Y : representa el espacio objetivo.

Cabe recordar que en un contexto multiobjetivo [12] se dice que un vector objetivo \mathbf{y} domina a otro \mathbf{y}' si y solo si:

$y_i \leq y'_i, \forall i$, \mathbf{y} , además, $y_j < y'_j$ para por lo menos un j .

Una solución $\mathbf{x}^* \in X$ es Pareto óptima si no existe otra $\mathbf{x} \in X$ tal que $\mathbf{y} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$ domine a $\mathbf{y}^* = \mathbf{f}(\mathbf{x}^*)$. El conjunto de todas las soluciones Pareto óptimas es denominado conjunto Pareto óptimo P ($P \subset X$), y su imagen, Frente Pareto FP ($FP \subset Y$).

3.2. Ubicación Óptima de Centros turísticos y Problema de Prueba

El problema de la ubicación óptima de centros turísticos consiste en encontrar el número óptimo de centros y la mejor ubicación de dichos centros en un área de estudio (típicamente una ciudad determinada, Ciudad del Este para este trabajo), de forma a minimizar el costo acumulado de inversión a corto, mediano y largo plazo.

El área de la ciudad a ser atendida se divide en m cuadrículas de 500 m de lado. A cada una de éstas cuadrículas se le asigna un valor de fila y columna, conformando una matriz. A cada elemento de esta matriz se asocian dos valores: *Población*, que es la cantidad de habitantes que hay en cada cuadrícula, y *Costo del Terreno* (por metro cuadrado). Los datos de población y terrenos se obtienen a partir de datos oficiales disponibles sobre el área en estudio, que para el presente trabajo, será Ciudad del Este, capital del departamento de Alto Paraná, República del Paraguay [14].

De esta forma, obtenemos una matriz $M \in \mathbb{N}^{m \times 4}$ con una fila por cada una de las m cuadrículas válidas y 4 columnas con información por cuadrícula, de:

- 1ª columna: fila para su ubicación en el mapa;
- 2ª columna: columna para su ubicación en el mapa;
- 3ª columna: población actual (dato utilizado para estimar demanda);
- 4ª columna: costo del terreno.

Debido a que el plano del área en estudio tiene en general una figura geométrica irregular, muchas cuadrículas caen fuera de los límites de la ciudad o en zonas no habitadas, con ríos, lagos o montañas. Por lo tanto, utilizando técnicas de matrices esparzas, a todas las cuadrículas que quedan fuera de la ciudad se les asigna un indicador de cuadrícula no válida (*flag*) y no se las cuenta entre las m cuadrículas válidas.

El primer objetivo consiste en minimizar el costo de implementación de un centro turístico y se calcula de la siguiente forma [15]:

$$\text{Minimizar } y_1 = \sum_{j=1}^4 c_j(x) \quad (2)$$

donde:

$c_j(x)$: costos de terrenos donde serán instalados los centros;

- $c_2(x)$: costos de edificios donde serán instalados los centros;
- $c_3(x)$: costos de ingeniería que conlleva la instalación de los centros;
- $c_4(x)$: costos de equipamientos;

3.2.1. Problema de Prueba. Como problema de prueba para ejemplificar la presente propuesta se escogió el diseño de los centros turísticos para Ciudad del Este, dada la disponibilidad de datos para la misma, considerando el año base 2018 [14]. La Figura 1 representa el plano cuadrículado de Ciudad del Este, con los contornos indicando los elementos válidos de la matriz. Para este ejemplo, existen $m = 685$ cuadrículas válidas.

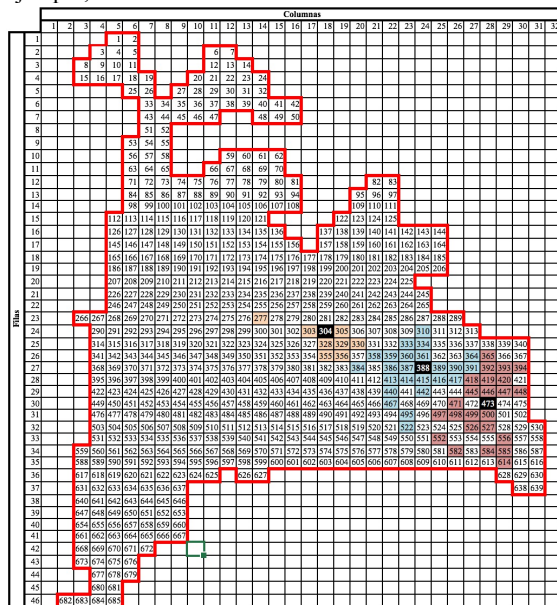


Figura 1. Ejemplo de división en cuadrículas de Ciudad del Este. Este plano indica los contornos que contienen los 685 elementos válidos de la matriz y se observa un ejemplo de ubicación de 3 centros turísticos y los sitios turísticos asociados, usando un color distinto para cada centro turístico.

El vector de decisión para este ejemplo, al adoptar un número máximo de $n = 15$ centros, será:

$x = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 304, 388, 473)$
 donde se observa que de los 15 centros posibles, esta solución solo utiliza 3 centros, ubicados en las posiciones 304, 388 y 473. Puede notarse, además, que el vector de decisión x tiene sus elementos x_i ordenados en forma creciente, lo que facilita detectar soluciones similares donde los centros se encuentran simplemente permutados.

Las cuadrículas que formarán parte del área de servicio de un centro turístico, son aquellas que tienen el costo mínimo de conexión cuando son conectadas a este centro. Cada una de estas cuadrículas, denotadas en adelante x_i , atiende la condición: $1 \leq x_i \leq m$. A cada cuadrícula x_i van asociados dos valores que representan sus coordenadas (X_i, Y_i) en una matriz de 46 filas por 32 columnas.

El costo del terreno es el producto del costo por m^2 y el área del edificio del centro de atención, conforme:

$$c_1(x) = \sum_{i=1}^n q_i \cdot g_i \cdot w_i \quad (3)$$

- q_i : área en m^2 a ser ocupada por el centro x_i .
- g_i : costo del terreno por m^2 en la cuadrícula x_i .
- $w_i = \begin{cases} 1 & \text{si la central está en el sitio } x_i \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$

Los demás costos de la ecuación (2), se calculan de la siguiente forma:

$$c_2(x) = \sum_{i=1}^n c_e \cdot w_i$$

$$c_3(x) = \sum_{i=1}^n c_{ing} \cdot w_i$$

$$c_4(x) = \sum_{i=1}^n c_{eq} \cdot w_i \quad (4)$$

- donde:
- c_e : costo de construcción del edificio del centro turístico
 - c_{ing} : costo de la ingeniería de planificación de centros;
 - c_{eq} : costo de los equipamientos del centro turístico;
 - $i = 1, 2, \dots, n$ número de centro turístico;

El segundo objetivo consiste en minimizar el costo de transporte a los puntos turísticos que están en una cuadrícula x_i a un centro turístico, y se realiza conforme a:

$$c_{it} = p \times (|X_i - X_t| + |Y_i - Y_t| + 1) \quad (5)$$

- donde:
- c_{it} : costo de transporte desde el centro turístico x_i a los puntos turísticos pertenecientes a la cuadrícula x_t ;
 - p : costo de transporte por kilómetro x_t ;
 - (X_i, Y_i) : coordenadas del centro x_t ;
 - (X_t, Y_t) : coordenadas de la cuadrícula x_t .

El área de servicio de cada centro turístico contiene aquellas cuadrículas con puntos turísticos que presentan menores distancias a dicho centro, de forma a minimizar el costo de transporte $y_2(x)$. Por lo tanto, el costo total de transporte, para el ejemplo considerado, se calcula conforme a:

$$\text{Minimizar } y_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m c_{it} \cdot h_{it} \quad (6)$$

$$h_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si el sitio } x_t \text{ está conectado a la central } x_i \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

Se asume que cada sitio x_t puede estar conectado a un solo centro turístico x_i , por lo tanto:

$$\sum_{i=1}^n h_{it} = 1 \quad x_t = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

El tercer objetivo consiste en minimizar el costo de las actividades realizadas por el turista cuando realiza una visita a un sitio turístico, y se calcula de acuerdo a:

$$\text{Minimizar } y_3(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m c_t \cdot h_{it} \quad (8)$$

siendo c_t el costo de la actividad t , y h_{it} es una variable binaria que vale 1 cuando se realiza una actividad t partiendo del centro turístico i .

El cuarto objetivo consiste en maximizar la valoración de las actividades del turista y se calcula de acuerdo a:

$$\text{Maximizar } y_4(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m v_t \cdot h_{it} \quad (9)$$

siendo que v_t es la valoración que se le da a la actividad t . Cabe resaltar que la valoración de la actividad t realizada por el turista, se realiza en base a la relevancia y a la preferencia del turista y en forma pragmática, se calcula de la siguiente forma [5]:

$$v_t = w_r \cdot r_t + w_p \cdot p_t \quad (10)$$

donde se denota por r_t la relevancia de la actividad t ; por w_r el peso otorgado a la relevancia; por p_t la preferencia del turista por la actividad t ; y por w_p , su peso. Estos valores son previamente normalizados en una escala de 0 a 10. El valor que cada turista otorga a estos pesos varía en función de sus intereses; sin embargo, para facilitar el proceso de decisión y no saturar al turista con demasiadas cuestiones se considera en general un valor del 50% para cada uno en el caso de alojamientos y restaurantes; y en el caso de las visitas un peso de un 30% para la relevancia y un 70% para las preferencias debido a que la diversidad existente dentro de este grupo de actividades implica que las preferencias del turista deban ser tomadas en consideración con más fuerza. Para los

demás casos, que no impliquen alojamientos, restaurantes y visitas, se considera un 80% para las relevancias y un 20% para las preferencias.

En consecuencia, el problema principal a ser resuelto consiste en encontrar la cantidad de centros turísticos y la ubicación óptima de estos centros en el área de estudio, de la cual se conocen todos los datos relativos a la matriz M arriba definida. Si existen m sitios posibles, existen claramente 2^m alternativas de ubicación de centros. Aún, si se restringe la atención para ubicar n centros turísticos en m sitios, el número de alternativas de ubicación de centros es todavía:

$$\binom{m}{n} = \frac{m!}{(m-n)!n!} \quad (11)$$

En el ejemplo de la figura 1, para 685 cuadrículas válidas y 15 centros, existen unas $2,24 \times 10^{30}$ alternativas de ubicación de centros.

El problema propuesto en el presente trabajo, permite encontrar soluciones Pareto que cumplan con los cuatro objetivos propuestos: minimizar el costo de instalación, minimizar el costo de transporte de los centros turísticos a los sitios turísticos, minimizar el costo de las actividades turísticas y maximizar la valoración de las actividades turísticas en el área de estudio propuesto, de un conjunto de alternativas de ubicación de centros, considerando los diferentes valores posibles del número k de centros ($k \leq n$). El espacio de búsqueda del problema propuesto, es entonces:

$$\sum_{i=1}^n \binom{m}{i} \quad (12)$$

en otras palabras, el método a ser utilizado en el presente trabajo debe posibilitar la obtención de un conjunto de soluciones Pareto óptimas, estableciendo la cantidad y la ubicación óptima de estas centros.

4. Algoritmo Evolutivo Propuesto

El algoritmo evolutivo propuesto es el SPEA2 cuyo desempeño en la búsqueda de soluciones se caracteriza por la obtención de soluciones Pareto óptimas y la diversidad de las mismas sobre el Frente Pareto [16]. Este algoritmo utiliza una estrategia de asignación de *fitness* que incorpora información de densidad a fin de evitar la pérdida de posibles soluciones óptimas [17]. El operador de truncamiento elimina aquellos individuos que están muy pegados unos a otros de forma a no perder puntos valiosos de la frontera y asegurar de esta forma que las soluciones encontradas en el frente Pareto, sean regularmente distribuidas. El proceso de encontrar los individuos no dominados en el archivo y la población, está basado en el concepto de dominancia Pareto. Cada vez que un individuo no dominado es encontrado, el mismo es comparado con los no dominados ya existentes en el

archivo y si el mismo es una solución, el individuo hallado es insertado en el archivo. Para esclarecer el procedimiento de aplicación del SPEA2 en la planificación de centros, a continuación se presenta un esquema de utilización del referido algoritmo.

4.1. Representación de Soluciones y Población Inicial

Para la aplicación de los Algoritmos Evolutivos Multiobjetivos propuestos en el problema de prueba, cada individuo $x = (x_1, x_2, \dots, x_n, \dots, x_m)$ fue codificado usando un arreglo de números enteros x_i , tal que $0 \leq x_i \leq m$ ($m=685$). En la figura 1, donde se representa el plano cuadrículado de Ciudad del Este, se puede apreciar los 685 valores no nulos de la matriz utilizada para los cálculos de costos de cada vector de decisión. La población inicial, cuyo tamaño se denotará como "nind" (número de individuos), es generada por un algoritmo heurístico de inicialización detallado en el pseudocódigo 1, en donde "nmax" indica el número máximo de centros para cada vector de decisión. Este algoritmo genera una población inicial en forma *inteligente* de manera a obtener individuos que se aproximen razonablemente al conjunto de soluciones Pareto óptimas buscadas, minimizando de esta forma los tiempos de ejecuciones. Para cada individuo de la población, se realiza un sorteo para saber cuantos centros tendrá esa solución, y se ubican los centros de forma a que estén ubicadas en los centros de demandas a fin de minimizar los costos de conexión de los puntos turísticos a su centro turístico correspondiente. El algoritmo heurístico de inicio de la población se describe a continuación.

Algoritmo Heurístico de Inicialización de la Población Inicial.
Leer parámetros: nind, nmax
Ordenar matriz de población de acuerdo al número de habitantes
Para $i=1$ hasta nind
 Generar un número aleatorio N entre 6 y nmax
 Dividir la población total en N partes: $parte = población.total/N$
 Para $i=1$ hasta N
 Elegir punto x_i aleatoriamente entre las 5 ubicaciones más pobladas
 Hallar distancia euclidiana de x_i a todas las ubicaciones de la matriz de población
 Ordenar las distancias obtenidas de menor a mayor
 $poblacion = 0$
 Mientras $poblacion$ es menor o igual a $parte$
 Sumar a $poblacion$ la población de las ubicaciones más próximas a x_i
 Fin Mientras
 Eliminar de la matriz de población las ubicaciones que se agregaron a $poblacion$
 Hallar el centro geométrico P_i de todas las ubicaciones que se agregaron a $poblacion$
 Hacer $x_i = P_i$
 Fin Para
 Si $N < nmax$
 $x_i = 0$ para todo i que no contiene una central (esto es, $N+1 \leq i \leq nmax$)
 Fin Si
Fin Para
Eliminar centrales repetidas de cada individuo de la población inicial y ordenar centrales en orden creciente

Pseudocódigo 1. Algoritmo Heurístico de generación de la población inicial.

4.2. Evaluación de Soluciones y Función Fitness

El *fitness* se define como la capacidad que posee un individuo de adaptarse al medio ambiente en que se desenvuelve, y determina la probabilidad de cruzamiento y supervivencia de dicho individuo [18]. En la evaluación de la función *fitness*, se utilizaron los conceptos de dominancia Pareto definidos en la sección 3.1 en un contexto de minimización de funciones objetivas. Cada vector de decisión es comparado con otro a través de las funciones objetivas de dichos vectores, de forma a determinar si un individuo i domina a otro individuo j . La función *fitness* fue implementada conforme a lo especificado por el SPEA2 de Zitzler [17].

Los valores de *fitness* calculados mediante esta función, son utilizados en la selección de los individuos que pasarán a formar parte del archivo que contiene a los mejores individuos de la población. El referido algoritmo asigna a los individuos no dominados una *fitness* menor a 1, en cuanto que a los individuos dominados se les asigna una *fitness* mayor o igual a 1, con lo que todos los individuos tienen diferentes valores de *fitness*. Los individuos que tienen mejor *fitness* (menor que uno) son los que tienen mayor probabilidad de cruzamiento.

El algoritmo de *fitness* utilizado para la implementación del algoritmo evolutivo multiobjetivo SPEA2, se detalla en el pseudocódigo 2 mostrado a continuación.

Programa función Fitness (calcula fitness de la población y el archivo)
Hacer $N =$ número de individuos en la población y el archivo
Para $i=1$ hasta N
 Para cada individuo i calcular el valor de su strength $S(i)$ que es el número de soluciones que i domina:
 $S(i) = \{j | j \in P_i + P_i, \text{Ni} > j\}$
 Fin Para
 Para $i=1$ hasta N
 Para cada individuo i calcular el valor de su raw fitness que es la suma de los strengths de los individuos que dominan a i :
 $R(i) = \sum_{j \in P_i, j > i} S(j)$
 Fin Para
 $k =$ raíz cuadrada de N
 Para $i=1$ hasta N
 Para $j=1$ hasta N
 Calcular distancia euclidiana del individuo i a todos los individuos j
 Fin Para
 Ordenar las distancias del individuo i a todos los individuos j en orden ascendente
 Hacer $\sigma_i^k =$ distancia del individuo i al k -ésimo elemento
 Calcular la densidad $D(i)$ del individuo i :
 $D(i) = \frac{1}{\sigma_i^k + 2}$
 Fin Para
 Calcular el fitness= suma del raw fitness y la densidad: $F(i) = R(i) + D(i)$

Pseudocódigo 2. Algoritmo de cálculo del fitness para el SPEA2.

4.3. Selección

Se denomina como *selección del ambiente* [17] a la acción de completar con los mejores individuos de cada generación, una población externa denominada archivo. El tamaño del archivo es fijo; no varía durante las ejecuciones del algoritmo. Inicialmente, todos los individuos no dominados, cuyas *fitness* son menores que uno, son copiados al archivo de la siguiente generación $\bar{P}_{t+1} = \{i | i \in P_t + \bar{P}_t \wedge F(i) < 1\}$. Si la cantidad de individuos no dominados es igual al tamaño establecido para dicho archivo ($|\bar{P}_{t+1}| = \bar{N}$), el paso de *selección del ambiente* está completo. Caso contrario, existen dos posibilidades:

- 1) La cantidad de individuos no dominados es menor que el tamaño establecido para el archivo ($|\bar{P}_{t+1}| < \bar{N}$), o
- 2) La cantidad de no dominados es mayor que el tamaño fijado para el archivo ($|\bar{P}_{t+1}| > \bar{N}$).

En el primer caso, se completa el archivo con los mejores ($\bar{N} - |\bar{P}_{t+1}|$) individuos dominados en el archivo y la población de la generación anterior t . Esto es implementado ordenando el multiconjunto $P_t + \bar{P}_t$ de acuerdo a los valores de *fitness* y copiando a \bar{P}_{t+1} los primeros $\bar{N} - |\bar{P}_{t+1}|$ individuos i con *fitness* $F(i) \geq I$. En el segundo caso, cuando el tamaño del conjunto de no dominados es mayor que \bar{N} , un operador de truncamiento remueve iterativamente los individuos de \bar{P}_{t+1} hasta que el conjunto de no dominados sea igual al tamaño establecido para el archivo $|\bar{P}_{t+1}| = \bar{N}$. Este operador de truncamiento garantiza que puntos valiosos de la frontera no sean perdidos, y lo realiza de la siguiente forma: el individuo que tiene la menor distancia euclidiana a otro individuo es desechado en cada iteración. En caso de igualdad con otros individuos, se desempata considerando la segunda menor distancia del individuo a ser removido, y así sucesivamente.

4.4. Pseudocódigo del Algoritmo Evolutivo Multiobjetivo Propuesto SPEA2

En las ejecuciones realizadas del algoritmo SPEA2 se utilizaron los siguientes parámetros:

- Tamaño de la población (n_{ind}) = 100.
- Número máximo de centros (n_{max}) = 14 a 20.
- Tamaño del archivo de no dominados (n_{prue}) = 100.
- Número máximo de generaciones (n_{gen}) = 300 a 1500.
- Probabilidad de cruzamiento (pc) = 0,7 a 0,9.
- Probabilidad de mutación (pm) = 0,01 a 0,05.

Los parámetros utilizados en las ejecuciones del algoritmo SPEA2, fueron establecidos considerando los resultados experimentales obtenidos en métricas de

desempeño para evaluar algoritmos evolutivos multiobjetivos [12, 16]. Además, se han tenido en cuenta los resultados obtenidos en las numerosas ejecuciones del algoritmo, para estimar los mejores parámetros, para cada una de las situaciones planteadas, en el problema de prueba. Se han realizado en total unas 20 ejecuciones de este algoritmo, en los cuales se han obtenidos excelentes soluciones que forman parte del frente Pareto.

A continuación, se presenta el Pseudocódigo 3 del algoritmo Multiobjetivo utilizado:

```

Programa Principal SPEA2
Leer los parámetros del SPEA2:  $n_{ind}, n_{max}, n_{gen}, pm, pc, n_{prue}$ 
Generar una población usando el algoritmo heurístico (Pseudocódigo 1)
Generar un archivo vacío (conjunto externo)
Para  $gen=1$  hasta  $n_{gen}$ 
    Eliminar centrales repetidas del individuo
    Evaluar funciones objetivo de cada individuo de la población
    Asignar fitness a cada individuo de la población y del archivo
    Calcular todos los individuos no dominados de la población y el archivo
    Actualizar el archivo con los individuos no dominados
    Si el tamaño del archivo es mayor que  $n_{prue}$ 
        Reducir el tamaño del archivo con el operador de truncamiento
    Caso contrario
        Si el tamaño del archivo es menor que  $n_{prue}$ 
            Copiar los mejores individuos dominados del archivo y la población con fitness  $\geq 1$  al
            archivo de la nueva generación hasta que el tamaño del archivo sea igual a  $n_{prue}$ 
        Fin Si
    Si  $gen$  es menor que  $n_{gen}$ 
        Realizar torneo binario para seleccionar los individuos del archivo que formarán parte del
        conjunto de emparejamiento
        Realizar cruzamiento y mutación del conjunto de emparejamiento
        Actualizar la población del resultado del conjunto de emparejamiento
    Fin Si
    Incrementar contador de generaciones ( $gen=gen+1$ )
Fin Para
Salvar el archivo (conjunto de no dominados)
    
```

Pseudocódigo 3. Algoritmo SPEA2 implementado.

Siempre es posible obtener buenos resultados, utilizando valores adecuados de los parámetros del SPEA2, tales como número máximo de generaciones, número máximo de centros, probabilidad de cruzamiento y mutación. Los parámetros mostrados más arriba son los que mejores resultados han dado.

5. Resultados Experimentales

Las soluciones obtenidas después de cada ejecución del algoritmo SPEA2, fueron evaluadas teniendo en cuenta el concepto de dominancia Pareto a fin de encontrar las soluciones realmente no dominadas en relación con el conjunto de soluciones encontradas durante todas las ejecuciones realizadas. En la tabla 2 son presentadas las soluciones encontradas para el problema de prueba. En la misma están resumidas todas las soluciones que forman parte del frente Pareto, y refleja el resultado de las numerosas ejecuciones realizadas para alcanzar las mejores soluciones, teniendo en cuenta todos los objetivos establecidos para el análisis del problema de prueba.

A continuación, se presenta la tabla de valores de las principales soluciones no dominadas encontradas para Ciudad del Este.

Tabla 2. Tabla de soluciones no dominadas encontradas

Solución	Vector de decisión										Costo en US\$			Valoración actividad					
											Costo Instalación	Costo de transporte	Costo actividad						
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	414	203.020	24,32	17.475,00	2.141,30			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	442	207.990	24,19	20.246,00	2.103,60			
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	389	210.280	23,39	16.045,00	2.179,50			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387	210.280	24,50	15.130,00	2.176,90			
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365	306.050	20,17	14.636,00	2.211,80			
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	364	414	306.050	20,48	14.496,00	2.214,00		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	359	364	313.310	19,61	12.098,00	2.243,10		
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	359	444	320.570	17,14	12.650,00	2.239,00		
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	359	392	320.570	17,88	10.787,00	2.276,40		
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387	392	320.570	18,13	11.238,00	2.277,70		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	392	329.640	18,13	10.440,00	2.284,60		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	359	418	332.550	16,89	11.499,00	2.264,70		
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	418	341.620	17,26	11.178,00	2.272,20		
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	392	414	416.340	16,77	11.670,00	2.267,70	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304	414	419	421.300	14,42	10.192,00	2.287,90	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	392	414	423.600	15,16	9.727,50	2.294,00	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304	387	419	428.560	14,36	8.774,20	2.311,10	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	329	414	419	430.370	14,29	10.036,00	2.289,80	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	304	388	473	430.860	13,92	10.148,00	2.284,50	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	387	392	430.860	15,10	8.310,00	2.317,30	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	329	387	392	439.930	15,16	8.301,00	2.316,90	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	360	392	439.930	15,65	8.040,00	2.317,00	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	329	360	418	460.980	14,79	8.760,00	2.304,60	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	413	414	419	524.320	13,92	9.837,80	2.294,80
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	413	419	531.580	12,81	10.904,00	2.279,60	

En la tabla 2 se pueden observar algunas de las soluciones no dominadas para 1, 2, 3 y 4 centros turísticos. La solución número 19, ubica los centros turísticos en las posiciones 304, 388 y 473, lo cual, se muestra en la figura 1. Claramente, los cuatro objetivos de costo de instalación, costo de transporte, costo de las actividades y valoración de las actividades, conflictúan entre sí por lo que el planificador deberá decidir cual es la mejor relación de compromiso entre los cuatro objetivos considerados. Es interesante enfatizar que al utilizar un algoritmo evolutivo multiobjetivo, el planificador encuentra las mejores soluciones para cada objetivo, además de toda la gama de soluciones de compromiso Pareto óptimas entre estos objetivos, por lo que se facilita la toma de decisión consciente.

En este procedimiento descrito, el planificador puede elegir una de las soluciones no dominadas encontradas en la tabla 2 y dar énfasis a un solo objetivo. Por ejemplo, se puede elegir la solución número 19 en donde el costo de instalación es elevado, pero se tienen costos relativamente menores en transporte a los puntos turísticos y las actividades, y se logra una buena valoración de las actividades a ser desarrolladas.

Dado que en la metodología propuesta existen varias soluciones no dominadas entre sí, y a fin de simplificar la tarea del planificador, en la figura 2 se presenta una sugerencia pragmática para elegir una de entre todas las soluciones Pareto óptima. En la figura 2 se observa un gráfico de Valoración de las actividades versus Costo de instalación, en donde las alternativas con menor costo de instalación, resulta en una simplificación pragmática a fin

de elegir una solución que minimice el número de centros y al mismo tiempo con una buena valoración de las actividades. Esta sugerencia se distingue de una transformación a problema mono-objetivo, ya que el presente trabajo propone la optimización de todos los parámetros simultáneamente: cantidad óptima de centros turísticos, ubicación óptima de centros para poder minimizar los costos de instalación, minimización de costos de transporte a los sitios turísticos, minimización de costos de actividades turísticas. Además, esta solución presentada es para el caso particular del problema de prueba, y es imposible generalizarla a otros casos mucho más complejos.

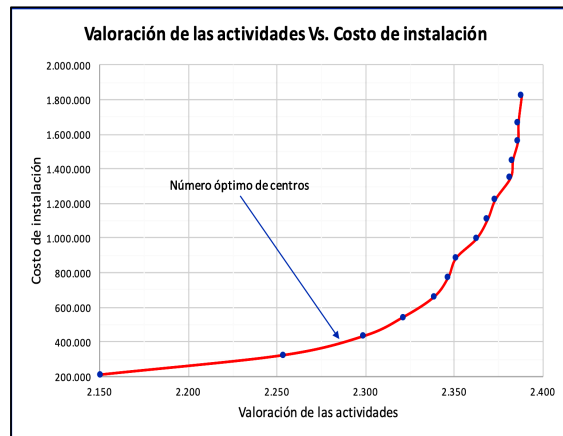


Figura 2. Este diagrama muestra el costo de inversión en función de la cantidad de centros. Se observa el número óptimo de centros que es igual a 3.

6. Conclusiones

La utilización de Algoritmos Evolutivos Multiobjetivos en la resolución de problemas de ubicación de centros turísticos, constituye un enfoque diferente en la planificación de ubicación de estos centros. Esta metodología proporciona una herramienta computacional que posibilita obtener un conjunto de soluciones Pareto óptimas, considerando todos los aspectos que se quieran optimizar de manera simultánea. Los métodos heurísticos tradicionales proporcionan simplemente soluciones puntuales [19], apelando a procesos iterativos para contemplar todos los aspectos de la red que se quiere diseñar, con la consecuente demora en el diseño.

Con el presente trabajo, se nota que la utilización de algoritmos evolutivos Multiobjetivos como el SPEA2, proporciona al planificador de centros turísticos, un conjunto de soluciones Pareto óptimas para la correcta ubicación de los centros, de forma a minimizar los costos

de instalación, costos de transporte, costos de las actividades y maximizar la valoración de las actividades turísticas. Conforme con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede aseverar que las soluciones distribuidas sobre el frente Pareto son dominantes.

En definitiva, se puede afirmar que el empleo de algoritmos evolutivos Multiobjetivos para la planificación, dimensionamiento y optimización de ubicación de centros turísticos, ofrece una perspectiva más amplia y eficiente que posibilita a los planificadores decidir entre un conjunto de soluciones óptimas, manejando los diversos aspectos de la planificación turística que se consideren necesarios para optimizar los objetivos propuestos.

Cabe destacar que la metodología adoptada para resolver el problema de ubicación de centros turísticos es fácilmente adaptable a otros problemas similares. Por ejemplo, dada una cantidad de centros existentes en un área, se puede calcular donde agregar nuevos centros.

En base a los resultados obtenidos, se puede generalizar la aplicación de la metodología propuesta para mejorar: la planificación de redes de telecomunicaciones, ubicación de estaciones bases para telefonía celular, o en general, ubicar de manera óptima centros de diversos servicios, como cadenas de comida rápidas, supermercados, etc. La metodología propuesta es fácilmente adaptable a otros problemas similares, tales como la planificación de zonas turísticas, que está teniendo cada vez mayor importancia para el desarrollo territorial.

7. Reconocimiento

Agradezco a los revisores por sus comentarios que mejoraron tanto el contenido, así como la presentación del artículo. Soy también agradecido a la Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este por el apoyo para la realización de este trabajo.

8. Referencias

- [1] R. C. Boullón, *Planificación del espacio turístico. 3ª ed. México, Trillas. 1997.*
- [2] C. Almeida, N. Amarilla, and B. Barán, "Optimización Multiobjetivo en la Planificación de Centrales Telefónicas," 2003.
- [3] B. Caballero, R. González, M.; Molina, J.; Peláez, A.; Rodríguez, "PLANIFICACIÓN DE RUTAS TURÍSTICAS BAJO UN ENFOQUE MULTICRITERIO," pp. 1–8, 2005.
- [4] M. T. Melo, S. Nickel, and F. Saldanha-da-Gama, "Facility location and supply chain management – A review," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 196, no. 2, pp. 401–412, 2009.
- [5] B. Rodríguez and R. Caballero, "SISTEMA DE AYUDA AL TURISTA Modelo para la planificación de un viaje personalizado," *Estud. y Perspect. en Tur.*, vol. 21, pp. 108–125, 2012.
- [6] R. G. Ramos and W. G. Reis, "ZONIFICACIÓN TURÍSTICA DE LA REGIÓN CENTRO-NORTE DEL ESTADO DE PIAUÍ (BRASIL) Aplicación de la teoría del espacio turístico de Roberto Boullón," *Estud. y Perspect. en Tur.*, vol. 21, no. 2, pp. 417–435, 2012.
- [7] R. B. Lopes, C. Ferreira, and B. S. Santos, "A simple and effective evolutionary algorithm for the capacitated location–routing problem," *Comput. Oper. Res.*, vol. 70, pp. 155–162, 2016.
- [8] C. D. Almeida, "Algoritmos Evolutivos Multiobjetivos Aplicados a Ubicación de Centros de Atención en Ciudad del Este," *CONAIISI 2017*, pp. 965–973, 2017.
- [9] J. Brito, A. Expósito, and J. A. Moreno, "Planificación de viajes Turísticos con preferencias y restricciones difusas," vol. 38, no. 2, pp. 122–131, 2017.
- [10] M. León and J. C. Leyva, "Una ayuda de decisión multicriterio para evaluar la competitividad de los destinos turísticos," vol. xxi, pp. 51–67, 2017.
- [11] J. Fernández, S. Salhi, and B. G. -Tóth, "Location equilibria for a continuous competitive facility location problem under delivered pricing," *Comput. Oper. Res.*, vol. 41, no. 1, pp. 185–195, Jan. 2014.
- [12] J. Arroyo and V. Armentano, "Um Algoritmo Genético para Problemas de Otimização Combinatória Multiobjetivo," XXXIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Campos do Jordao – SP. Noviembre, 2001.
- [13] B. Barán and S. Duarte, "Multiobjective Network Design Optimization using Parallel Evolutionary Algorithms," Centro Nacional de Computación, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. Agosto 2002.
- [14] Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, "Paraguay Proyección de la población por sexo y edad, según distrito, 2000-2025," p. 583, 2015.
- [15] T. G. Robertazzi, "Planning Telecommunication Networks," IEEE Press, IEEE Communications Society. 1998.
- [16] V. Khare, "Performance Scaling of Multi-Objective Evolutionary Algorithms," School of Computer Science, The University of Birmingham, U.K., Setiembre 2002.
- [17] E. Zitzler, M. Laumanns, and L. Thiele, "SPEA2: Improving The Strength Pareto Evolutionary Algorithms," Technical Report 103, Computer Engineering and Networks Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology. Zurich, Switzerland, Mayo 2001.
- [18] D. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning," Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Enero 1989.
- [19] T. Fried and UIT, "Proceso de planificación iterativo," PLANITU - Doc - 39s, 1998.

Predicción de Disponibilidad de Estacionamiento en la Vía Pública

Agustín Chirichigno*, Santiago Vidal*, J. Andres Diaz-Pace*, Claudia Marcos †

**ISISTAN (UNICEN-CONICET)*

Tandil, Argentina

Email: {agustin.chirichigno, santiago.vidal, andres.diazpaceg}@isistan.unicen.edu.ar

† *ISISTAN (UNICEN-CIC)*

Tandil, Argentina

Email: claudia.marcos@isistan.unicen.edu.ar

Abstract

Las smart cities aprovechan los continuos avances tecnológicos para brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes. Uno de los temas en los que buscan brindar soluciones es la movilidad urbana. Debido al crecimiento sostenido del número de vehículos que transitan las ciudades, un problema frecuente es la circulación y búsqueda de lugares para estacionamiento en áreas céntricas. Algunos estudios han reportado que los conductores que buscan estacionamiento contribuyen hasta en un 30% a la congestión del tránsito vehicular. En esta línea, este trabajo propone un modelo de predicción de disponibilidad de lugares de estacionamiento en la vía publica utilizando distintas fuentes de datos y técnicas de regresión del área de Machine Learning. Se construyó un prototipo inicial del modelo, y fue evaluado de forma satisfactoria utilizando datos reales provenientes de un sistema de parquímetros.

1. Introducción

El continuo crecimiento de la población [1], la migración paulatina de la población hacia las ciudades, y los avances de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) [2], han dado lugar al fenómeno de las “ciudades inteligentes” o *smart cities*. En particular, las *smart cities* constituyen una tendencia en alza en Argentina, que pretende integrar soluciones de las TIC con el fin de mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos y su interacción con los responsables del gobierno. Considerando que el tráfico y la movilidad urbana son uno de los mayores problemas para el desarrollo de las ciudades, estas tienen que enfrentar los desafíos de una movilidad sostenible en espacios físicos acotados. Esta demanda creciente está normalmente limitada por la capacidad física acotada del sistema de transporte, del tráfico y del estacionamiento de una ciudad. Nuestro

interés en esta línea apunta a las denominadas “ciudades intermedias” (de hasta aproximadamente 500 mil habitantes) [3], que en el caso de Argentina han sido analizadas en varios reportes [4].

La movilidad urbana se refiere a la gestión de los medios de transporte dentro de la ciudad y a los costos, en tiempo y dinero, que implican para los ciudadanos trasladarse de un lugar a otro para realizar sus actividades diarias. Una *smart city* tiene que estar comprometida con un uso eficiente y multi-modal del transporte, fomentando el transporte público y aquellas opciones con menor impacto sobre la polución del ambiente. En las ciudades intermedias, el transporte tanto público (por ej., colectivos) como privado (por ej., automóviles) es utilizado por gran parte de los ciudadanos, incluso muchos de ellos dependen de su correcto funcionamiento. Este tipo de cuestiones, casi rutinarias, de las personas que se ven afectadas por la experiencia que perciben de los servicios de transporte son factores determinantes a la hora de plantear alternativas para mejorarlo. Movilidad urbana es una de las aplicaciones típicas de una *smart city*, por ejemplo, mediante aplicaciones para transporte público o provisión de rutinas personalizadas para un usuario. Para el diseño de estas aplicaciones (generalmente con soporte de dispositivos móviles) se debe proveer de información de valor a los usuarios a fin de lograr elecciones inteligentes para el viaje [5]. Al mismo tiempo, las empresas de transporte deben comprometerse a mejorar la calidad de los servicios prestados, la cual también es influenciada por la cantidad y calidad de información que es suministrada por parte de los usuarios.

En referencia al tránsito, el flujo vehicular hace que se torne tedioso circular y estacionar en distintas áreas de una ciudad intermedia, como puede ser el sector céntrico. Actualmente, existen herramientas que pueden asistir a los conductores reportando el flujo del tránsito de modo de evitar sectores muy congestionados, o de reportar accidentes que no permitan el normal funcionamiento de

las calles, rutas o autopistas [6, 7]. No obstante, un aspecto que impacta sobre la actividad de los conductores es la búsqueda de puntos de estacionamiento. Esta actividad no solo afecta a los conductores que desean estacionar, sino que además afecta el flujo del tránsito de la ciudad. Por ejemplo, según [8] el 30% de la congestión del tránsito es provocado por los vehículos que buscan estacionamiento. En este contexto, si los conductores pudiesen saber de antemano en que cuadras existen posibles lugares para estacionar, esto facilitaría su tarea y también contribuiría a gestionar de forma más ordenada el flujo vehicular.

En el presente trabajo se propone un enfoque centrado en datos que tiene por objetivo predecir el porcentaje de disponibilidad de lugares de estacionamiento para una determinada cuadra de una ciudad. El enfoque emplea técnicas de *Machine Learning* y además incorpora distintas fuentes de información. Como principales fuentes de datos utilizadas para el desarrollo de un modelo inicial, se ha tomado un sistema que registra el estacionamiento en la ciudad de Tandil, y ciertas variaciones reglamentarias sobre las cuadras donde existen lugares de estacionamiento (por ej., paradas de colectivos, paradas de taxi, garajes, y espacios reservados, entre otros). Para las predicciones se utilizaron distintas técnicas de regresión, las cuales permiten predecir un valor numérico de ocupación por cuadra para una fecha y horario dados, y se obtuvieron resultados interesantes con predictores basados en *Regression Trees*. El trabajo se inserta en el marco de un proyecto para el desarrollo de una plataforma de servicios inteligentes para la ciudad de Tandil.

El resto del artículo está organizado en 5 secciones, según se describe a continuación. En la Sección 2 se presenta un marco conceptual sobre *smart cities* y movilidad urbana. En la Sección 3 se describe el enfoque de procesamiento propuesto, desde que se toman los datos hasta que se generan las predicciones. La Sección 4 describe y analiza los resultados de la evaluación experimental del enfoque. La Sección 5 discute trabajos relacionados sobre predicción para movilidad urbana. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones y se mencionan líneas de trabajo futuro.

2. Movilidad urbana en ciudades intermedias

El concepto de *smart city* es un concepto emergente, sobre el cual se han presentado múltiples definiciones en la literatura. Es posible referirse a una *smart city* desde los distintos aspectos que componen a la misma, ya sea en aspectos sociales, económicos o en términos de infraestructura [9, 10, 11]. Estas posibles definiciones convergen hacia la integración y el uso de distintos tipos de tecnologías para mejorar ciertas características de la ciudad [12].

En el presente trabajo, una ciudad inteligente puede definirse como un ambiente urbano caracterizado por el uso de tecnología para: i) facilitar la coordinación o integración de sub-sistemas urbanos; y ii) mejorar la experiencia y calidad de vida de las personas dentro del ambiente urbano [13, 14]. El primer objetivo conlleva un monitoreo continuo de (sub-)sistemas por parte del ente de gobierno de la ciudad, y la disponibilidad de los datos recolectados hacia los ciudadanos. El segundo objetivo implica un aprovechamiento “inteligente” de la información y la provisión de servicios con valor agregado, que permitan una interacción fluida entre el gobierno y los ciudadanos. La característica de inteligencia no es menor en este marco, ya que el solo hecho de poner a disposición conjuntos de datos en forma electrónica no implica necesariamente un uso efectivo de dichos datos por los ciudadanos. Una característica relacionada es la de usabilidad de los servicios e información provista, por ejemplo, mediante tecnologías Web y de dispositivos móviles.

Uno de los componentes más interesantes de las *smart cities* se refiere a *smart mobility*, e implica el uso de tecnologías en el transporte urbano a fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente [10, 15, 16]. Este componente hace referencia, a la gestión de los medios de transporte dentro de la ciudad y a los costos, en tiempo y dinero, que implican para los ciudadanos trasladarse de un lugar a otro para realizar sus actividades diarias. Además, se busca mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos reduciendo la contaminación provocada por el tránsito, ya sea por la polución o por la contaminación sonora [17]. En esta línea, en distintas ciudades del mundo se ha incorporado de forma paulatina diversas tecnologías [18]

Las ciudades en proceso de transición para volverse *smart cities* presentan distintas características dependiendo de su tamaño y su dinámica territorial. En este espectro, las denominadas “ciudades intermedias” constituyen un fenómeno creciente en Latinoamérica, y en particular, en Argentina [19]. Por su propia naturaleza y dinámica, diferente a la de las grandes urbes, las ciudades intermedias tienen la posibilidad de llevar a cabo proyectos de desarrollo territorial sostenibles y de mejorar su función de servicios e infraestructura. Adicionalmente, una ciudad intermedia, por su propia escala, tiene la posibilidad de llevar a cabo proyectos de desarrollo territorial sostenibles y de fomentar emprendimientos (por ej., turismo). Existen varias ciudades intermedias en Argentina con agendas relacionadas con *smart cities*. Una de estas ciudades es Tandil, y se toma como caso de estudio para el presente trabajo centrado en mejorar características particulares de su movilidad urbana. Los entornos urbanos de las ciudades intermedias plantean, para los responsables de la gestión municipal, demandas de: eficiencia, desarrollo sostenible, calidad de vida y gestión de los recursos. En este escenario, la aplicación de

las TIC aparece como una respuesta concreta a la urbanización no planificada y a la necesidad de orientar esta expansión a mejorar la calidad de vida de las personas [20].

Como ya fue mencionado durante la introducción, este trabajo se centra en el marco de un proyecto para el desarrollo de una plataforma de servicios inteligentes [21], los cuáles permitan integrar sistemas y fuentes heterogéneas de datos, y fomenten la construcción de aplicaciones de software que consuman dichos servicios. En esta línea, se describe el estado actual de tecnificación de la ciudad de Tandil, y las primeras ideas tendientes a la provisión de servicios de movilidad en base a un mejor aprovechamiento de diversas fuentes de datos disponibles.

Tandil es una ciudad intermedia de la provincia de Buenos Aires, que ha crecido de forma continua y heterogénea durante los últimos años. La población actual ronda los 150.000 habitantes, y la ciudad se extiende de forma irregular en un valle con una superficie aproximada de 50 km². El crecimiento urbano de la última década ha sido disperso y espontáneo, por distintas razones, y más allá de cierta planificación, no necesariamente ha tenido en cuenta la disposición de las infraestructuras de transporte y servicios. En Tandil, al igual que en otras ciudades argentinas, el transporte tanto público (por ej., colectivos) como privado (por ej., automóviles), es utilizado por gran parte de los ciudadanos, incluso muchos de ellos dependen de su correcto funcionamiento. Este tipo de situaciones, casi rutinarias de las personas que se ven afectadas por la experiencia que perciben de los servicios de transporte son factores determinantes cuando se desea plantear alternativas para mejorarlo.

En la actualidad, Tandil cuenta con el Sistema Único de Movilidad Ordenada¹ (SUMO), el cual es utilizado para estacionar en las cuadras céntricas de la ciudad y también para realizar viajes en colectivos. Este sistema es operado mediante una tarjeta que posee cada usuario la cual sirve tanto para estacionar, como para transportarse en colectivos. Dicha tarjeta, posee una billetera a la cual el propietario puede cargarle cierto monto de dinero. En el caso de los colectivos, los mismos cuentan con un dispositivo lector de tarjeta que debitán el costo del viaje al abordar el colectivo. En caso de utilizar la tarjeta para estacionamiento, el usuario debe asociar la patente del auto que utiliza a la tarjeta. Dentro del perímetro de estacionamiento medido, existe un parquímetro en cada cuadra donde el usuario debe registrar el ingreso del auto al estacionar y el egreso al retirarse. Al momento del egreso, el sistema debita el total a cobrar a partir del tiempo que paso estacionado. Además, mediante un sistema Web el usuario puede consultar el saldo de dinero que posee la tarjeta y ver el recorrido de los colectivos en tiempo real, ya sea a través de un navegador Web o de

dispositivos móviles. Este tipo de sistemas presenta ventajas como: i) la no utilización de dinero en efectivo al subir a un colectivo o al estacionar su vehículo, ii) brinda un mejor servicio al ciudadano en el sentido de que puede manejar mejor sus tiempos a la hora de tomar un colectivo. El software del sistema SUMO es provisto por una empresa privada.

Un diagrama de contexto del sistema y sus principales componentes se muestra en la Figura 1. En este sistema, se identifican los siguientes elementos:

- Parquímetros: los cuales se distribuyen en un perímetro de cuadras del centro de la ciudad y son los que transmiten la información ingresada por los usuarios referida al estacionamiento, a través de Internet.
- Servidores: son propios de la empresa, y reciben la información proveniente de los parquímetros. Adicionalmente, se encargan de almacenar los datos de los movimientos registrados por los usuarios en bases de datos propias, y de servir información a un dashboard de monitoreo para la Municipalidad de Tandil.
- Dashboard de monitoreo: permite a las autoridades contar continuamente con indicadores de los estacionamientos por cuadra, y de los movimientos de colectivos, entre otros.

Si bien el sistema ha tenido una buena aceptación por parte de los usuarios, y proporciona mecanismos de seguimiento de las operaciones de colectivos y parquímetros para las autoridades, presenta algunos desafíos cuando se lo considera desde una perspectiva de *smart city*. En particular, el sistema actualmente no está diseñado para dar soporte a la integración de otras fuentes de información u otros sistemas, que permitan ofrecer servicios hacia los ciudadanos con el objetivo de facilitar su vida cotidiana.

En el marco de un proyecto de unidad ejecutora (PUE) desarrollado en ISISTAN-CONICET, y en conjunto con el gobierno municipal de la ciudad de Tandil, se está trabajando en la construcción de una plataforma de servicios integradora, la cual facilita la provisión incremental de servicios tanto para los ciudadanos como para el gobierno municipal. Estos servicios están orientados a ser consumidos por aplicaciones de terceros (por ej., para dispositivos móviles), a ser desarrolladas sobre la plataforma.

Internamente, esta plataforma tiene como objetivo la integración de datos, de fuentes de información heterogéneas, y la incorporación de algoritmos de Inteligencia Artificial y *Machine Learning* en los servicios procesar y realizar predicciones sobre dichos datos. La

¹ <http://www.gpssumo.com>

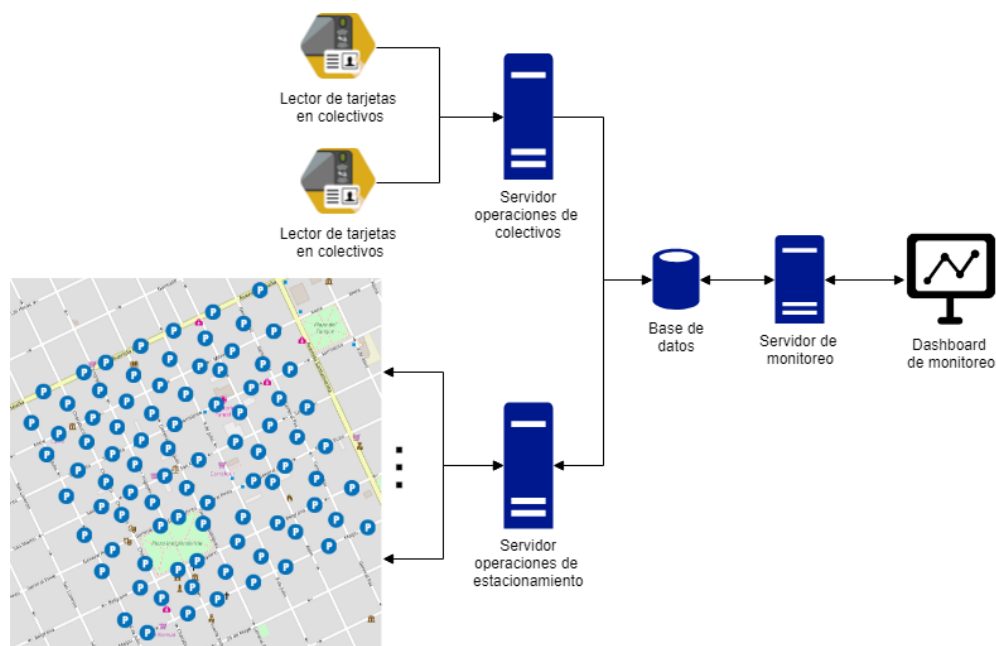


Figura 1: Esquema de componentes del sistema SUMO.

provisión de servicios inteligentes es un diferenciador del enfoque, ya que permite proveer información con valor agregado, en función de la combinación de distintas fuentes de datos. Por ejemplo, ante la problemática de un conductor que desea saber dónde hay un lugar de estacionamiento disponible, pueden emplearse algoritmos de predicción o de recomendación. Esto implica no considerar cada aplicación o proveedor de información como un “silo”. Por ejemplo, el sistema SUMO actual funciona correctamente, pero se centra solamente sobre el estacionamiento medido y la gestión del transporte público de colectivos. Un desarrollador de una aplicación móvil podría tomar esta información, y en vez de simplemente mostrársela al usuario, podría combinarla con otra información municipal para determinar lugares donde está prohibido estacionar, y reusar un servicio de ruteo y geolocalización, e intentar inferir lugares libres para una ventana de tiempo dada. Con estos datos, la predicción podría incluir un ranking (o recomendación) de los lugares con mayor probabilidad de estar desocupados en la cercanía del punto de ubicación del conductor.

Por otro lado, se debe considerar que si bien la inversión en tecnología en la ciudad ha sido importante en los últimos años (por ej., en lo referido a semaforización y cámaras de vigilancia) no se prevé una incorporación masiva de sensores (IoT) en la ciudad, en parte por el costo económico asociado y porque los ciudadanos no perciben (todavía) beneficios en el corto plazo de dichos sensores para su quehacer diario. En este contexto, es más factible

aprovechar los dispositivos móviles de los ciudadanos para una estrategia de ciudad inteligente.

3. Predicción de disponibilidad de estacionamiento

La dificultad que se le presenta a los conductores para encontrar estacionamiento en ciertas ciudades, inclusive en ciudades intermedias, es una problemática recurrente. Esto se debe a distintos factores como: crecimiento continuo de la cantidad de habitantes, concentración de centros comerciales y administrativos en ciertos barrios, mayor cantidad de vehículos que transitan en las calles, y calles angostas que obligan a que ciertas cuadras estén limitadas a estacionamiento en una única mano.

En este contexto, sería provechoso contar con una aplicación que asista a los conductores para encontrar lugares libres para estacionar próximos al lugar por el cual están conduciendo. El presente trabajo se propone un servicio prototipo de análisis y predicción, que tiene como objetivo proveer un indicador de la probabilidad de encontrar un lugar libre de estacionamiento en una cuadra dada, para el perímetro funcional del sistema SUMO. Adicionalmente, Tandil cuenta con una dificultad existente en el perímetro de cuadras con estacionamiento medido ya que se cuenta con ordenanzas municipales que regulan que en ciertos lugares el estacionamiento esté permitido o esté prohibido estacionar. Estas variaciones de reglamentos, que reducen la cantidad de espacios

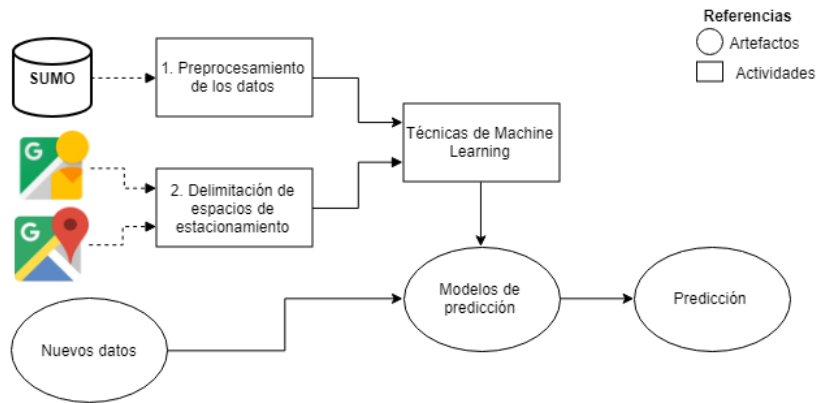


Figura 2: Proceso general del framework de análisis propuesto.

disponibles para el estacionamiento, incluyen: i) cuadras sobre las cuáles se puede estacionar solo en una mano de la calle, ii) cuadras en las cuáles existe una porción reservada para estacionamiento de motos (sin la utilización de los parquímetros), iii) cuadras en las que se estaciona en 45° respecto a la vereda. Existen restricciones sobre ciertos espacios que mediante ordenanzas municipales son reservados para paradas de colectivos, de taxis, o para comercios donde se realiza carga y descarga de insumos, entre otros. También, al tratarse de una zona donde existen viviendas y comercios, existen entradas de garajes donde el estacionamiento se encuentra prohibido. Por otro lado, a diferencia del estacionamiento en centros comerciales en los que existe una delimitación de los espacios disponibles, en este caso eso resulta inviable, ya que se trata de estacionamiento en la vía pública. De este modo, se hace importante tener información acerca de la cantidad de lugares disponibles válidos para estacionamiento en cada una de las cuadras incluidas en el sistema de estacionamiento medido.

El enfoque de análisis y predicción propuesto consta de 3 etapas, según se esquematiza en la Figura 2. Notar que el enfoque se alimenta de múltiples fuentes de información, no solamente del sistema SUMO. Estas etapas son:

- **Preprocesamiento de los datos:** Esta etapa consta dos tareas principales: i) la selección de los datos relevantes (por ej., seleccionar de la base de datos de SUMO solo aquellos datos necesarios para nuestro análisis) y ii) curado de los datos (por ej., eliminación de ingresos/egresos fuera del horario de funcionamiento del estacionamiento medido). Los datos filtrados y curados son insumos para las etapas posteriores.
- **Delimitación de espacios de estacionamiento:** En esta etapa se generan los datos sobre la

cantidad de espacios disponibles para cada cuadra en la que hay parquímetro. La generación de esta información se basa en datos de Google Maps y Google Street View.

- **Construcción de modelos de predicción:** Esta etapa, genera modelos capaces de inferir el porcentaje de disponibilidad para una cuadra determinada utilizando distintas técnicas de Machine Learning, tales como: i) Linear Regression, ii) Regression Trees, y iii) Gradient Boost Regression.

A continuación, se provee una descripción más detallada de cada una de las etapas.

3.1. Preprocesamiento de los datos

La selección de los datos relevantes consiste en la eliminación de información irrelevante y redundante. Para la base de datos de SUMO, las características que se consideraron relevantes al problema son:

- **Identificador de la cuadra:** es un valor numérico que identifica a una cuadra.
- **Día de la semana:** este dato surgió de la transformación de la fecha. La representación de estos datos es un rango de valores numéricos que va del 0 al 6 y cada uno se corresponde a un día de la semana, comenzando desde el 0 asociado al lunes y terminando con el 6 que es el domingo.
- **Hora:** se definió una ventana de tiempo de 15 minutos para realizar el análisis, por lo que este dato representa la hora límite inferior del rango. Por ejemplo, los datos entre las 11:00 y las 11:14 corresponden a la hora 11:00.
- **Cantidad de ingresos:** teniendo en cuenta la hora, se realiza el conteo de la cantidad de ingresos.

- Cantidad de egresos: del mismo modo que para los ingresos, en este caso se realiza el conteo de los egresos.

A modo de ejemplo se puede ver el resultado de esta tarea en la Tabla 1. En este caso, un lunes entre las 10:00 hs. y las 10:14 hs. se registraron 5 ingresos y ningún egreso. En tanto que entre las 10:15 hs. y las 10:29 hs. se registraron 3 ingresos y 1 egreso.

Luego, se filtran aquellos valores que no correspondan al problema, y se lleva a cabo una acción rectificadora sobre esos datos. En este caso, los datos que se filtran son datos no deseados. Por lo tanto, se filtran los datos registrados por los parquímetros que correspondan a operaciones que hayan tenido lugar fuera del horario de servicio del sistema, el cual es de lunes a sábado desde las 10:00 AM hasta las 20:00 PM. La acción rectificadora que se tomó fue eliminarlos.

Tabla 1. Ejemplo de representación de los datos.

Identificador de la cuadra	Día de la semana	Hora	Ingresos	Egresos
10	0	10:00	5	0
10	0	10:15	3	1

3.2. Delimitación de los espacios de estacionamiento

Aun teniendo los datos recolectados por el sistema SUMO, es difícil realizar la predicción del espacio disponible en cada cuadra, ya que no se cuenta con una noción de la cantidad de lugares disponibles para estacionar por cuadra. Para resolver este problema, se utilizan las imágenes satelitales proporcionadas por Google Maps y las imágenes del radio céntrico de Tandil proporcionadas por Google Street View. En cada una de las cuadras dentro del perímetro que abarca el sistema, se realizó el conteo de la cantidad de metros contiguos de lugares validos de estacionamiento teniendo en cuenta las variaciones de reglamentación mencionadas anteriormente. Una vez obtenida la cantidad de metros contiguos, para el cálculo de la cantidad de lugares validos de estacionamiento, se realiza la división de la cantidad de metros contiguos por la longitud promedio de un vehículo. La misma, se definió en 5 metros con el objetivo de tener en cuenta el espacio necesario para realizar las respectivas maniobras de estacionamiento y además, para contemplar las diferencias de longitudes entre distintos tipos de autos (Tabla 2). Este valor se considera razonable si se tiene en cuenta las variaciones de la longitud de los distintos tipos de vehículo y, además, que es necesario que el auto tenga un cierto espacio delante y/o detrás para realizar las maniobras para dejar el espacio de estacionamiento. En el caso de las cuadras en las que solo se puede estacionar en 45° respecto de la vereda, se tomó como ancho promedio

2,5 metros. A diferencia que la longitud promedio, que tenía en cuenta el espacio delante y detrás, en este caso se tiene en cuenta los espacios necesarios para que los conductores puedan descender de su vehículo sin dañar el vehículo que se encuentra al lado.

Tabla 2. Ejemplos de las dimensiones de distintos tipos de vehículos.

Vehículo	Longitud (metros)	Anchura (metros)
Smart	2,69	1,66
Fiat 600	3,22	1,38
Toyota Corolla	4,62	1,77
Volkswagen Amarok	5,24	1,90
Dodge Ram	6,02	2,09

Una vez obtenidos los espacios de estacionamiento disponibles para cada cuadra, se procede a realizar el cálculo del porcentaje de disponibilidad de estacionamiento (AVR) para una cuadra y ventana de tiempo determinada. De esta manera, siendo P =identificador de cuadra y T_i = ventana de tiempo i ; se define a $Espacios\ Disponibles_{P,T_{i-1}}$ como la cantidad de espacios disponibles para la cuadra P para la ventana de tiempo $i - 1$; $Ingresos_{P,T_i}$ como la cantidad de ingresos para la cuadra P para la ventana de tiempo i ; $Egresos_{P,T_i}$ como la cantidad de egresos para la cuadra P para la ventana de tiempo i y $Espacios\ Totales_P$ como la cantidad de espacios disponibles para la cuadra P . Dados estos elementos, definimos el AVR como:

$$AVR_{P,T_i} = \frac{Espacios\ Disponibles_{P,T_{i-1}} - Ingresos_{P,T_i} + Egresos_{P,T_i}}{Espacios\ Totales_P}$$

A modo de ejemplo, supongamos el cálculo del AVR de la cuadra 60 para un día martes a las 12:00 hs. La cuadra 60 cuenta con 25 espacios disponibles, durante el periodo de tiempo comprendido en el *dataset*, en el lapso de tiempo entre las 12.00 hs. y las 12.14 hs. para un día martes se registraron un total de 6 ingresos y 4 egresos en dicha cuadra. Suponiendo que a las 11:45 hs. había solo 10 lugares disponibles, el AVR puede calcularse de la siguiente manera:

$$AVR_{60,12:00} = \frac{10 - 6 + 4}{25}$$

$$AVR_{60,12:00} = 0,32$$

Por lo tanto, el porcentaje de disponibilidad para la cuadra 60 a las 12:00 es de 32%.

Una vez modelado el problema, es posible construir y entrenar distintos modelos de predicción para el porcentaje de disponibilidad para cada cuadra.

3.3. Construcción de los modelos de predicción

Los modelos son el resultado de la aplicación de técnicas de *Machine Learning*, es decir el entrenamiento de predictores o clasificadores, en base a un conjunto de datos (de entrenamiento).

En este trabajo, investigamos inicialmente técnicas de regresión, dado que son capaces de trabajar y predecir sobre variables numéricas. Para la predicción del porcentaje de disponibilidad para cada cuadra, se utilizaron 3 técnicas de regresión con el objetivo de comparar cuál de ellas realiza la predicción con mayor efectividad. Estas técnicas son:

1. **Linear Regression (LR):** Esta técnica permite mediante una ecuación lineal hallar el valor esperado de una variable aleatoria a cuando b toma un valor específico. Existen dos tipos de LR: i) simple y ii) múltiple. La primera, solo utiliza dos variables para hallar el valor esperado, y la segunda utiliza dos o más variables. Dado que la técnica utiliza una ecuación lineal, el procedimiento que sigue esta técnica consiste en encontrar los valores de la pendiente y de la ordenada al origen que mejor se ajusten a los datos existentes. Como resultado, se obtiene una recta (para la regresión simple) o un hiperplano (en el caso de la regresión múltiple) que representa la predicción de los valores. Para determinar los valores que se ajustan a los datos existentes, la suma de los cuadrados entre el valor real y el valor de la predicción, debe ser mínima [22].
2. **Regression Trees (RT):** estos árboles son similares a los árboles de clasificación, pero su objetivo es predecir una variable cuantitativa en lugar de una variable de clase. Presentan una gran simplicidad para modelar los datos, y esto implica ser más veloces durante el proceso de predicción. Un árbol de regresión se construye a través de un proceso conocido como partición recursiva binaria, el cual divide los datos en particiones, y luego continúa dividiendo cada partición en grupos más pequeños a medida que el método avanza por cada una de ellas. A diferencia de los árboles de clasificación, este algoritmo selecciona la división de los datos que minimiza la métrica *mean squared error* (MSE) en las dos particiones separadas. Esta regla de división se aplica luego a cada una de las nuevas ramas. Este proceso continúa hasta que cada nodo alcanza un tamaño mínimo de nodo, especificado por el usuario, y se convierte en un nodo terminal. Si MSE en un nodo es cero,

entonces ese nodo se considera un nodo terminal incluso, aún si no ha alcanzado el tamaño mínimo [23]. RT posee una gran facilidad para su entrenamiento, es fácil de interpretar y es rápido. Por otro lado, es muy propenso al *overfitting*.

3. **Gradient Boost Regression (GBR):** esta técnica produce un modelo predictivo integrando iterativamente un conjunto de modelos de predicción “débiles”, típicamente árboles de decisión, formando un modelo más fuerte predictivamente. El modelo se construye de forma escalonada, y se lo generaliza permitiendo la optimización arbitraria de una función de pérdida [24]. Es decir, GBR realiza un procedimiento similar al de RT generando y enlazando nuevos árboles, pero la diferencia está en que GBR genera un árbol particionando los datos y generando una predicción, luego genera otro árbol que intenta predecir el error residual de dichos datos (en base a una función de pérdida establecida). Luego estos árboles se enlazan generando otro árbol que se ajusta mejor a los datos y se repite el proceso iterativamente. Esta técnica posee un gran poder de predicción, es decir entrega muy buenos resultados. Por otro lado, sus desventajas son: i) no poseen mucha escalabilidad, ya que tienen al tener un procesamiento secuencial es difícil paralelizar; ii) poseen varios parámetros para refinar, por lo que su optimización puede ser costosa temporalmente.

4. Evaluación experimental

Considerando la problemática presentada anteriormente, se plantea la siguiente *research question*: “¿Es posible predecir el porcentaje de espacios aptos para estacionar en una cuadra dada, para un día y horario determinado?”. Dicha pregunta, se responde utilizando el proceso de evaluación que se describe a continuación.

Un modelo de regresión que se ajusta a los datos debiera dar como resultado valores pronosticados cercanos a los valores de datos observados. El desempeño del modelo es posible de averiguar mediante la evaluación del mismo con un conjunto de métricas. A continuación, se describe un conjunto de métricas utilizadas para realizar dicha evaluación:

1. **R^2 :** se define como la proporción de la varianza total de la variable de salida del modelo. El R^2 , también llamado coeficiente de determinación, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretende predecir. El valor de dicha métrica oscila entre 0 y 1, teniendo en cuenta que cuanto más cercano a 1 sea su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable de salida.

Análogamente, cuanto más cercano a cero se encuentre, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será. Esta métrica puede ser expresada formalmente de la siguiente manera:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

donde en el numerador representa la varianza de la predicción y el denominador la varianza de la variable de salida.

2. **Mean Absolute Error (MAE):** esta métrica computa la media de la diferencia entre los valores originales y los valores predichos. Es decir, brinda una noción acerca de cuán lejos se encontró la predicción de la realidad. Sin embargo, esta métrica no entrega información acerca de si se está por encima o por debajo de la predicción. Mientras más cercano a 0 sea su valor, significa que no existe variación entre la predicción y los datos verdaderos. Más formalmente:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}_i|$$

3. **Mean Squared Error (MSE):** similar a MAE, solo que computa la media del cuadrado de la diferencia entre los valores reales y los valores predichos. La ventaja de MSE es que hace más fácil calcular el gradiente, mientras que Mean Absolute Error requiere mayor esfuerzo para su cálculo. Al computar el cuadrado de la diferencia, penaliza a los errores que poseen mayor diferencia haciendo que el valor de la métrica sea más grande y, por lo tanto, impacta en el valor total de todo el conjunto de datos. Puede ser representada formalmente de la siguiente manera:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2$$

Para responder a la *research question* planteada se utilizó un *dataset* del sistema SUMO que contiene un *snapshot* del sistema desde el 1 de enero de 2018 hasta el 14 de junio de 2018. A partir de este *dataset*, se extrajo la información de los movimientos (es decir, ingresos y egresos de autos) de cada una de las cuadradas alcanzadas por este sistema para lograr la predicción propuesta. Dichos datos, comprenden información referida a la fecha y hora de la operación, el tipo de operación que se realizó (si es un ingreso o un egreso), un identificador asociado al parquímetro donde se efectúa la operación, y el número de tarjeta con el cual se realizó la operación. El *dataset* utilizado para este caso de estudio está formado por un

total de 184.471 registros, los cuales corresponden a la cantidad de ingresos y egresos de cada cuadra agrupado en una ventana de tiempo definida en 15 minutos, y sobre estos se calcula el porcentaje de disponibilidad.

Para permitir la reproducibilidad de nuestros experimentos, los datos y herramientas utilizados se encuentran disponibles online². La evaluación experimental se llevó a cabo realizando un análisis sobre las métricas descritas anteriormente. La evaluación se planificó utilizando la técnica de validación *cross validation k-fold* con un total de 7 *folds*, a fin de evitar el *overfitting* [25] de cada uno de los modelos de regresión [26].

Los conjuntos de entrenamiento definidos para esta evaluación experimental abarcan el 75% de los datos, y los de test el 25% restante. En cuanto al conjunto de entrenamiento, posee un total 138.286 registros, y estos registros están compuestos de 237.114 ingresos y 170.3775 egresos. El conjunto de test, cuenta con un total de 46.096 registros, compuestos por 79.144 ingresos y 56.892 egresos. La cantidad de ingresos y egresos de todo el conjunto de entrenamiento (Figura 3) es bastante dispersa y dispar. Existen solo 6 cuadradas que superan los 5.000 ingresos (las cuadradas 4, 5, 6, 11, 33 y 59), y solo una cuadra que supera los 5.000 egresos (la cuadra 11). En cuanto a los valores mínimos encontrados, fueron solo 258 ingresos (correspondiente a la cuadra 85) y 99 egresos (los cuales se corresponden a la cuadra 71).

La distribución de la cantidad de ingresos y egresos por cuadra del conjunto de entrenamiento (Figura 4) puede ser analizada para tener una noción de la variación de dichos datos, donde dicha distribución es dispersa y está sesgada hacia los valores menores, es decir que en la mayoría de las cuadradas la cantidad de ingresos y egresos es baja. Teniendo en cuenta todas las cuadradas del perímetro del sistema a lo largo de todo el tiempo que, comprendido por el *dataset*, la media de ingresos es de 2.695 y la de egresos es de 1.934.

La diferencia entre la cantidad de ingresos y la cantidad de egresos tiene una media de 760, es decir que en promedio la cantidad de egresos difiere en dicha cantidad de los ingresos. Esto puede deberse a fallos del sistema como problemas con la conexión de los parquímetros, o cortes en el suministro eléctrico. Otra opción para esta disparidad puede radicar en que el sistema posee una decisión de diseño que permite registrar el ingreso de un estacionamiento en un parquímetro de una cuadra determinada, y registrar la salida del mismo estacionamiento en cualquier otro parquímetro. Además, puede que los usuarios se olviden de registrar los ingresos o egresos al estacionamiento.

² <http://github.com/chirichigno/Parking-Occupancy-Predictor>

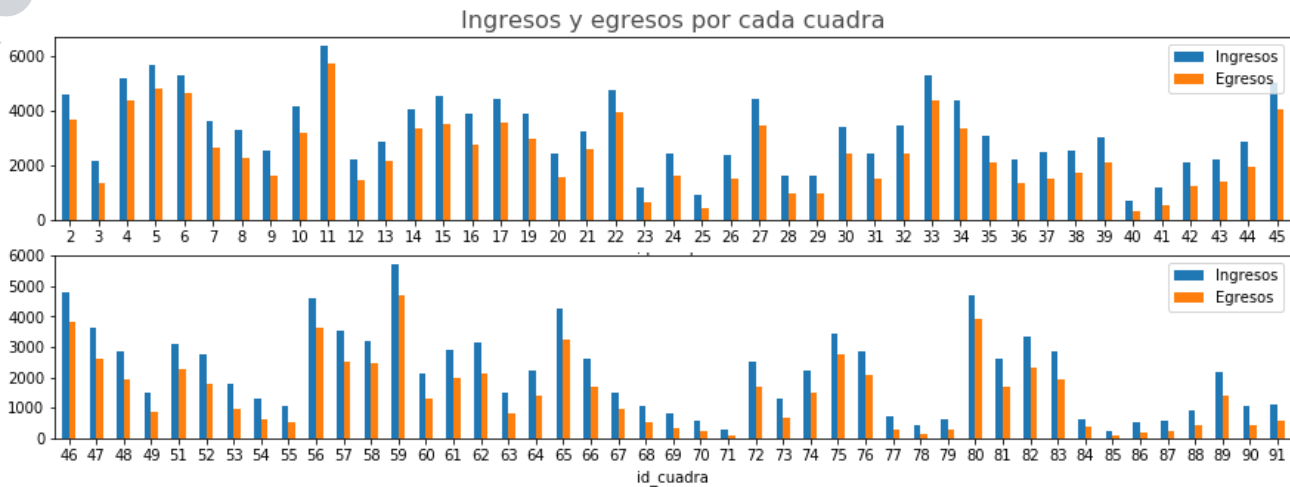


Figura 3: Gráfico comparativo sobre la cantidad de ingresos y egresos para cada cuadra.

El entrenamiento consiste en proporcionar a cada una de las técnicas los datos referidos al identificador de la cuadra, el día de la semana y la hora, y su respectivo porcentaje de disponibilidad, a fin de que los modelos sean entrenados. Luego, la validación consiste en, para cada uno de los datos referidos a la cuadra, el día, la hora pertenecientes al conjunto de test, realizar la predicción del porcentaje de disponibilidad, y luego contrastar esto con los porcentajes de disponibilidad reales (aquellos pertenecientes al conjunto de test), para el cálculo de las métricas presentadas (Figura 5).

parámetros de configuración apropiados para cada técnica, con el fin de que arrojen el mejor resultado de acuerdo a una determinada métrica, en este caso es la métrica R^2 . Dicho proceso consta de una búsqueda exhaustiva del mejor resultado, dada una cierta combinación de hiperparámetros como entrada. Por lo tanto, las técnicas entregan los mejores resultados posibles teniendo en cuenta los datos de entrada.

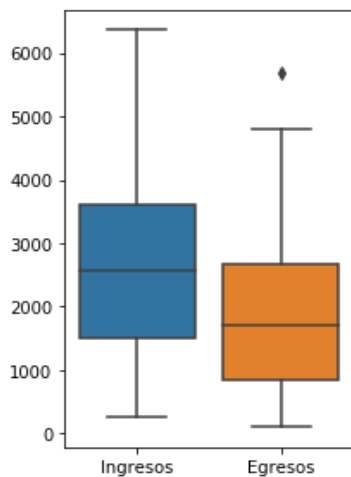


Figura 4: Gráfico boxplot de la variación de la cantidad de ingresos y egresos computado en todo el conjunto de cuadras.

A cada una de las técnicas se les aplicó un proceso de optimización, en el cual se determinan los hiper-

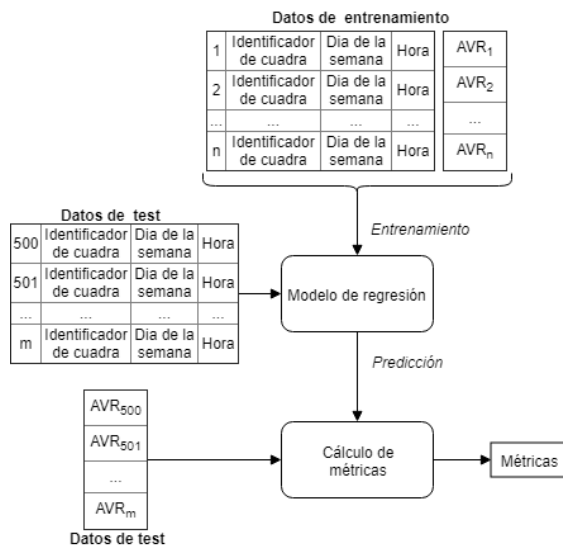


Figura 5: Proceso de predicción y validación.

Para la evaluación experimental se utilizaron dos predictores como baseline, los cuáles entregan una primera predicción de los resultados. Estos predictores no poseen ningún tipo de lógica de Machine Learning

aplicada, de modo que la predicción que entregan es básica. El procedimiento que siguen cada uno de estos predictores para inferir el porcentaje de disponibilidad se describe a continuación:

Tabla 3: Resultados de las métricas.

Modelo de predicción	MAE	MSE	R ²
<i>Dummy Regressor</i>	0,201	0,064	0
<i>Improved Dummy Regressor</i>	0,156	0,048	0,250
<i>Linear Regression</i>	0,159	0,042	0,334
<i>Regression Tree</i>	0,129	0,029	0,535
<i>Gradient Boost Regression</i>	0,123	0,027	0,577

1. *Dummy Regressor* (DR): realiza una predicción básica utilizando la media de todos los datos del conjunto de entrenamiento. De este modo, siempre predecirá el mismo resultado sin importar los datos de entrada. Por ejemplo, si la media del porcentaje de disponibilidad correspondiente al conjunto de entrenamiento es de 73%, esta técnica para cada uno de los datos predecirá siempre el mismo valor sin importar el valor de las características. Es decir, no tiene en cuenta el identificador de la cuadra, el día ni tampoco la hora.
2. *Improved Dummy Regressor* (IDR): consiste en una mejora de la técnica anterior. Esta técnica tiene en cuenta un identificador de cuadra, un día de la semana y una hora determinada, y realiza una búsqueda de aquellos movimientos que correspondan a dicha cuadra, que hayan tenido lugar el día de la semana y la hora mencionada. Una vez obtenido estos datos, computa la media de k observaciones aleatorias del porcentaje de disponibilidad de cada uno de ellos.

Para el análisis de los resultados de las métricas propuestas, se utilizaron los valores medios de los folds para cada métrica (Tabla 3). Teniendo en cuenta los predictores que se usaron de baseline (*Dummy Regressor* e *Improved Dummy Regressor*), se espera que los restantes predictores superen los resultados arrojados por los baseline, para cada métrica presentada, ya que como se mencionó, dichas técnicas no tienen en cuenta el contexto ni la relación entre las variables. De este modo, se puede apreciar en la Figura 6 que todas las técnicas, salvo Linear Regression, superaron al baseline en todas las métricas. Se puede decir que, en cuanto a MAE, la mejor técnica fue Gradient Boost Regression con un 12,4% de error sobre la predicción, superando en cerca del 1% al RT, en casi 3% al IDR, 4% al LR y 8% al baseline. Del mismo modo, analizando la métrica MSE, la técnica GBR fue la de mejor rendimiento, ya que tuvo diferencias de error más pequeñas en contraste con las técnicas restantes. Y teniendo en cuenta la métrica R², se obtuvo un resultado

similar, con un 0,572 para Gradient Boost Regression. Teniendo en cuenta las características de los métodos utilizados se puede decir que la mejor técnica para predecir el AVR es GBR, ya que a pesar de tener un costo computacional más elevado en el entrenamiento que RT, en la mayoría de los casos da muchos mejores resultados. Y si se le realiza un óptimo refinamiento de los hiperparámetros, puede brindar mejores resultados aún.

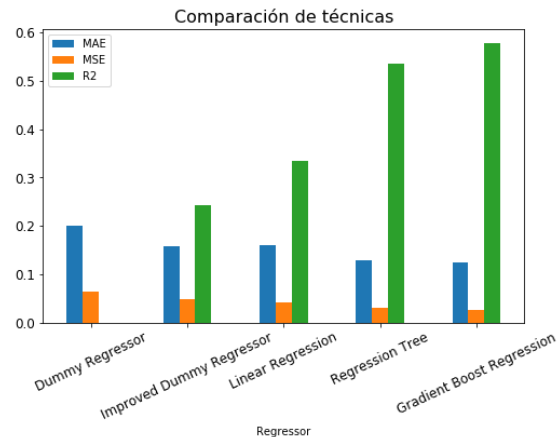


Figura 6: Gráfico comparativo entre métricas.

Se puede apreciar una particularidad en la comparación de los resultados de las predicciones con los valores reales del porcentaje de disponibilidad Figura 7 la mayoría de las predicciones da como resultado porcentajes altos. Esto puede deberse al *dataset* utilizado que tiende a tener una alta concentración de porcentajes de disponibilidad alta. Esto se ve reflejado en el error relativamente bajo que tuvo una técnica como el DR Figura 7 (Gráfico a), ya que solo realiza el cálculo de la media sobre el conjunto de datos de entrenamiento. Por lo tanto, la media del conjunto de entrenamiento va a tender a ser mayor, es decir un porcentaje de disponibilidad alto, y la diferencia entre la predicción y los valores de test, no será una diferencia amplia como debería si se tiene en cuenta el procedimiento básico que sigue la técnica para la predicción.

Los valores registrados para la cantidad de lugares disponibles para cada cuadra fueron generados manualmente. Debido a esto, es posible que haya valores que hagan que el porcentaje de disponibilidad se haya excedido de los límites de 0 y 1. Estos datos han sido acotados, por eso se aprecia tal densidad en la distribución del *dataset* para los valores 0 y 1 en la Figura 8. Una de las razones de esto, como ya se mencionó, es que el sistema posee una decisión de diseño que permite registrar el ingreso de un estacionamiento en un parquímetro de una cuadra determinada, y registrar la salida del mismo estacionamiento en otro. Esto impacta directamente en el cálculo de la disponibilidad. Otra de las razones es el error

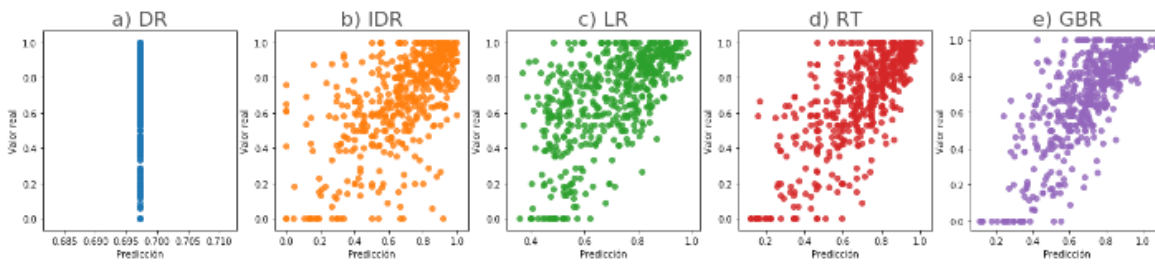


Figura 7: Gráfico comparativo del resultado de las predicciones sobre los valores reales para cada técnica.

que se pudo haber producido a la hora de registrar la cantidad de lugares validos de estacionamiento en cada cuadra, ya que como se mencionó al tratarse de un primer prototipo de predicción este procedimiento fue realizado de forma manual, de modo que puede existir algún error en la estimación.

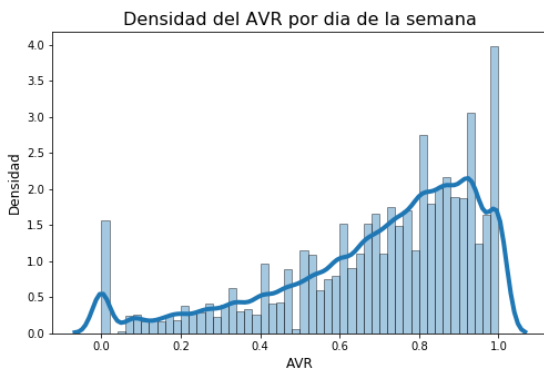


Figura 8: Distribución de densidad del dataset, utilizando la forma kernel distribution estimation.

Finalmente es posible responder la *research question* planteada de forma positiva. Teniendo en cuenta los resultados que se presentaron, pudieron aplicarse técnicas de *Machine Learning* con un buen desempeño en la predicción de espacios disponibles para estacionamiento.

5. Trabajos relacionados

La predicción de lugares de estacionamiento es un tema bastante abordado en la literatura, que ha involucrado distintos puntos de vista, como estacionamientos en la vía pública o en espacios privados de estacionamientos.

En [8] se utilizan datos de las ciudades de Melbourne y de San Francisco, y con ellos los autores proponen un enfoque que aprovecha la infraestructura de cada una de las ciudades, ya que en ellas se encuentran instalados una gran cantidad de sensores que monitorean si el espacio se encuentra ocupado o no. De este modo, los enfoques cuentan con la certeza de la cantidad de lugares disponibles en la ciudad. Se utilizan también técnicas de regresión para lograr la predicción deseada. A diferencia del enfoque del presente trabajo, los autores no utilizan

otras fuentes de información adicional, y, además, las ciudades mencionadas cuentan con una gran infraestructura de sensores que permiten saber de antemano la cantidad de lugares disponibles para cada cuadra y de este modo facilitar la predicción. En nuestro trabajo, dicha información tuvo que ser calculada de forma manual, utilizando distintos tipos de herramientas.

Alajali et al. en [27] proponen un enfoque similar al enfoque del presente trabajo. Se utilizan técnicas de regresión para la predicción deseada en la ciudad de Melbourne. Además, utilizan fuentes de información extras, como datos acerca del flujo de tránsito y datos del flujo de peatones. Se argumenta que el flujo de peatones y de tráfico durante eventos especiales (por ej., vacaciones o fines de semana) influye directamente en la cantidad de espacio disponible para estacionamiento. La diferencia más destacada está en los datos utilizados, ya que los datos de estacionamiento y los datos del tráfico de peatones provienen de distintos sensores, lo cual habla de una infraestructura de sensores instalada sobre la ciudad.

El enfoque propuesto en [28] se basa en la ciudad de Santander, la cual ya es considerada una *smart city* debido a que cuenta con una infraestructura que mejora la calidad de vida de los ciudadanos y además permite poder desarrollar aplicaciones como la que describen los autores. Los modelos de predicción desarrollados pueden predecir: i) la probabilidad que un espacio disponible siga disponible durante cierto intervalo de tiempo y ii) la ocupación de los lugares en ciertos intervalos de tiempo dentro de un área de la ciudad. Los autores aplican redes neuronales para lograr estas predicciones. Al igual que los enfoques ya mencionados, los datos utilizados para predecir son generados por sensores instalados en ciertos sectores de la ciudad.

En [29], en cambio, se propone una aplicación que contiene un modelo de predicción para la ciudad de Pittsburgh. La aplicación informa al usuario la predicción de la cantidad de estacionamientos disponibles en ciertos espacios privados de estacionamientos de dicha ciudad, los cuáles realizan el cobro por el tiempo utilizado. El modelo predictivo se basa en técnicas de regresión que utilizan otras fuentes de información, como eventos que transcurren en un sector de la ciudad muy visitado (por ej.,

funciones de teatro o eventos deportivos). La diferencia respecto a nuestro, enfoque es que la predicción se hace para lotes de estacionamiento, en los cuáles los espacios disponibles totales ya están predefinidos.

6. Conclusión

La movilidad urbana es uno de los componentes más interesantes de las *smart cities*, y es uno de los cuáles puede beneficiar directamente a los ciudadanos. Con la predicción de lugares de estacionamiento, los ciudadanos pueden reducir su tiempo en la búsqueda de estacionamiento. Este primer modelo de predicción de disponibilidad de lugares de estacionamiento para la ciudad de Tandil ha tenido resultados positivos. Específicamente, las técnicas de predicción propuestas han mostrado mejores resultados que los de los predictores baseline. Las técnicas con el mejor rendimiento fueron *Regression Tree* y *Gradient Boost Regression*.

A pesar del rendimiento de las técnicas, es necesario todavía integrar otras fuentes de información útiles (por el momento, se han utilizado solamente dos) a fin de mejorar la especificidad de la predicción y brindar una mejor asistencia al conductor. En esta línea, como trabajos futuros, se espera avanzar en la automatización del proceso de delimitación de los espacios disponibles por cuadra, con el objetivo de reducir posibles errores de cálculo. Además, se pretende integrar la predicción de estacionamiento en una aplicación (por ej., para dispositivos móviles) que esté disponible para los conductores. Por otro lado, podría aplicarse otras técnicas de predicción, como por ejemplo *time series* o técnicas basadas en clasificación. En la medida de lo posible, se podría aplicar el modelo en otras ciudades, como por ejemplo en la ciudad de Bahía Blanca, que cuenta con una estructura urbana similar a la de la ciudad de Tandil y también utiliza el sistema SUMO.

7. Referencias

- [1] P. Gerland, A. E. Raftery, H. Ševčíková, N. Li, D. Gu, T. Spoorenberg, L. Alkema, B. K. Fosdick, J. Chunn, N. Lalic y others, «World population stabilization unlikely this century,» *Science*, vol. 346, pp. 234-237, 2014.
- [2] J. Bélissent y others, «Getting clever about smart cities: New opportunities require new business models,» *Cambridge, Massachusetts, USA*, 2010.
- [3] J. C. Bolay y A. Rabinovich, «Intermediate cities in Latin America risk and opportunities of coherent urban development,» *Cities*, vol. 21, pp. 407-421, 2004.
- [4] N. Capellan, L. Jolias y A. Prince, «Ciudades Inteligentes. El aporte de las TIC a la comunidad,» *Camara de Informatica y Comunicaciones de la Republica Argentina (CICOMRA)*, 2016.
- [5] S. Cairns, L. Sloman, C. Newson, J. Anable, A. Kirkbride y P. Goodwin, «Smarter choices: changing the way we travel,» *Tech. Rep., Department for Transport*, 2005.
- [6] S. Tang y H. Gao, «Traffic-incident detection-algorithm based on nonparametric regression,» *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 6, pp. 38-42, 2005.
- [7] C. De Fabritiis, R. Ragona y G. Valenti, «Traffic estimation and prediction based on real time floating car data,» de *Intelligent Transportation Systems, 2008. ITSC 2008. 11th International IEEE Conference on*, 2008.
- [8] Y. Zheng, S. Rajasegarar y C. Leckie, «Parking availability prediction for sensor-enabled car parks in smart cities,» de *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), 2015 IEEE Tenth International Conference on*, 2015.
- [9] H. Chourabi, T. Nam, S. Walker, J. R. Gil-Garcia, S. Mellouli, K. Nahon, T. A. Pardo y H. J. Scholl, «Understanding smart cities: An integrative framework,» de *System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on*, 2012.
- [10] P. Lombardi, S. Giordano, H. Farouh y W. Yousef, «Modelling the smart city performance,» *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, vol. 25, pp. 137-149, 2012.
- [11] V. Albino, U. Berardi y R. M. Dangelico, «Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives,» *Journal of Urban Technology*, vol. 22, pp. 3-21, 2015.
- [12] A. Caragliu, C. Del Bo y P. Nijkamp, «Smart cities in Europe,» *Journal of urban technology*, vol. 18, pp. 65-82, 2011.
- [13] A. Cocchia, «Smart and digital city: A systematic literature review,» de *Smart city*, Springer, 2014, pp. 13-43.
- [14] S. Pellicer, G. Santa, A. L. Bleda, R. Maestre, A. J. Jara y A. G. Skarmeta, «A global perspective of smart cities: A survey,» de *Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS), 2013 Seventh International Conference on*, 2013.
- [15] T. Nam y T. A. Pardo, «Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions,» de *Proceedings of the 12th annual international digital government research*

- conference: digital government innovation in challenging times*, 2011.
- [16] R. P. Dameri y C. Rosenthal-Sabroux, «Smart city and value creation,» de *Smart City*, Springer, 2014, pp. 1-12.
- [17] C. Benevolo, R. P. Dameri y B. D' Auria, «Smart mobility in smart city,» de *Empowering Organizations*, Springer, 2016, pp. 13-28.
- [18] E. F. Z. Santana, A. P. Chaves, M. A. Gerosa, F. Kon y D. S. Milojicic, «Software platforms for smart cities: Concepts, requirements, challenges, and a unified reference architecture,» *ACM Computing Surveys (CSUR)*, vol. 50, p. 78, 2017.
- [19] F. Manzano y G. Velazquez, «La evolucion de las ciudades intermedias en la Argentina,» *Geo UERJ*, vol. 27, pp. 258-282, 2015.
- [20] S. Finkelievich, P. Feldman y U. Girolimo, «Ciudades Medias, Innovacion y Desarrollo Local: El caso de Tandil,» *Ciudades Inteligentes. Libro digital*, 2016.
- [21] J. A. Diaz-Pace, L. Berdun, A. Zunino y S. Schiaffino, «Towards a Service-oriented Platform for Intelligent Apps in Intermediate Cities,» de *Accepted at ICSC-CITIES, to appear. In Spanish*, 2018.
- [22] D. C. Montgomery, E. A. Peck y G. G. Vining, *Introduction to linear regression analysis*, vol. 821, John Wiley & Sons, 2012.
- [23] W. N. Venables y B. D. Ripley, «Tree-based methods,» de *Modern Applied Statistics with S*, Springer, 2002, pp. 251-269.
- [24] A. Mohan, Z. Chen y K. Weinberger, «Web-search ranking with initialized gradient boosted regression trees,» de *Proceedings of the learning to rank challenge*, 2011.
- [25] S. Arlot, A. Celisse y others, «A survey of cross-validation procedures for model selection,» *Statistics surveys*, vol. 4, pp. 40-79, 2010.
- [26] M. A. Babyak, «What you see may not be what you get: a brief, nontechnical introduction to overfitting in regression-type models,» *Psychosomatic medicine*, vol. 66, pp. 411-421, 2004.
- [27] W. Alajali, S. Wen y W. Zhou, «On-Street Car Parking Prediction in Smart City: A Multi-source Data Analysis in Sensor-Cloud Environment,» de *International Conference on Security, Privacy and Anonymity in Computation, Communication and Storage*, 2017.
- [28] E. I. Vlahogianni, K. Kepaptsoglou, V. Tsetos y M. G. Karlaftis, «A real-time parking prediction system for smart cities,» *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, pp. 192-204, 2016.
- [29] T. Fabusuyi, R. C. Hampshire, V. Hill y K. Sasanuma, «A Predictive Model and Evaluation Framework for Smart Parking: The Case of ParkPGH,» de *Proceedings of the 18th ITS World Congress, Orlando, FL, USA*, 2011.

Sistema de Información Turística basado en un Modelo Integral

Susana I. Herrera, María M. Clusella, Silvia Sánchez Zuaín, David Cheein, Fernando Leturia,
Stefano Trejo, Sergio Rocabado Moreno

Facultad de Ciencias para la Innovación y el Desarrollo

Universidad Católica de Santiago del Estero

Santiago del Estero, Argentina, 4200

{suiherrera,mercedesclusella,silvisanzu,josedavidcheein,fleturia,stefanots,sergiorocabado}@gmail.com

Abstract

The design of an Integral Tourism Information System is presented in this article. The design was carried out within a Research+Development project at the Catholic University of Santiago del Estero. The Information System is based on a systemic model of collaborative tourism. It involves: a) a web application, whose main users are tourist services providers, and b) a multiplatform mobile application, whose main users are the tourists.

A comparative analyses of mobile hybrid development tools was carried out (PhoneGap, Ionic, Apache Córdoba), considering such criteria as: reuse, versioning and GPS context-aware libraries. Agile Unified Process was used to guide the software development process. An initial prototype of the system "Integral Information System of Tourism" was obtained, and is presented in this paper. It will make possible the validation of the collaborative tourism model from now on; subsequently the results will be published.

1. Introducción

En este artículo se presentan resultados parciales de la investigación I+D+i denominada "Aplicación móvil multiplataforma sensible al contexto para el turismo religioso en Santiago del Estero". La misma tiene por objetivo analizar y comparar distintas herramientas (*frameworks*) de desarrollo híbrido de aplicaciones móviles, considerando criterios de reuso, versionado y manejo de bibliotecas de GPS para la sensibilidad al contexto.

En dicho escenario, se han establecido criterios de comparación y se han analizado los *frameworks* PhoneGap [12], Ionic [9] y ApacheCórdoba [16]. A partir de ello, se ha diseñado un Sistema de Información Integral de Turismo (en adelante SIIT), que actualmente existe a nivel de prototipo.

En cuanto a la arquitectura principal, el sistema está compuesto por a) una aplicación web, que permite la publicación de servicios de turismo de los diversos proveedores, y b) una aplicación móvil sensible al contexto multiplataforma, que permite a los turistas

acceder en línea a diversos servicios turísticos según su ubicación, independientemente del sistema operativo de su móvil.

El prototipo se desarrolló siguiendo la metodología Proceso Unificado Ágil (AUP del inglés Agile Unified Process). Para la aplicación web se utilizaron como herramientas el *framework* de *frontend* Vue.js, el *framework* de *backend* Lumen 5.6 y el gestor de bases de datos MySQL 8. Para la aplicación móvil se usó el *framework* ApacheCordova. El sistema facilita la gestión dinámica del contenido, gracias a que usa el modelo colaborativo de turismo propuesto por [8].

El artículo se organiza de la siguiente manera. En el apartado 2 se describen los marcos referenciales necesarios para comprender la problemática y el diseño de la aplicación: modelo integral de turismo, desarrollo híbrido multiplataforma, metodologías para el desarrollo de aplicaciones móviles y breve descripción de AUP. En el apartado 3 se presenta el resultado del análisis comparativo de los *frameworks*. El apartado 4 aborda los productos obtenidos en las actividades de Ingeniería de Requisitos del SIIT. Luego, en el 5, se muestran la arquitectura global del SIIT, las herramientas usadas para el desarrollo y la prototipación con pantallas. Finalmente, en 6, se presentan las conclusiones sobre los resultados preliminares de este estudio.

2. Marcos Referenciales

2.1. Modelo Integral para Aplicaciones Turísticas

Es importante considerar la forma en que se relacionan los diversos actores en una aplicación móvil de turismo para gestionar dinámicamente el contenido.

Generalmente, se presenta la siguiente problemática. El turista debe instalar muchas aplicaciones en sus dispositivos, desconociendo cuáles son de su conveniencia de acuerdo a sus necesidades y preferencias. Ante esta situación, el turista sufre decepción o fatiga al interactuar con desconcierto. Para contrarrestar esto, el turista tiene la posibilidad de usar browsers. Sin embargo, estas aplicaciones –que son gratuitas para los turistas– tienen información incompleta de los lugares turísticos, puesto

que la información debe ser cargada por los proveedores de servicios o gestores de turismo; y, para ello, los datos deben seguir cierto formato y, además, se debe pagar para usar esos servicios. En definitiva, debido a la mala experiencia de usuario, el turista hace poco uso de los sistemas móviles.

Para solucionar esto, Herrera et al. [8], proponen un modelo integral y colaborativo de turismo, denominado “Marco Sistémico para el Desarrollo de Aplicaciones de

m-Turismo”, ver Figura 1. Este marco propone una arquitectura que permite el acceso y actualización de la información por parte de los turistas móviles y del resto de los actores (oficina provincial de turismo, comercios, museos, etc.). Permite gestionar los puntos de interés a través de cualquier aplicación hecha por cualquier proveedor de servicios o gestor de turismo o desarrollador. Para ello, debería estar gestionado por la entidad pública dueña del problema.

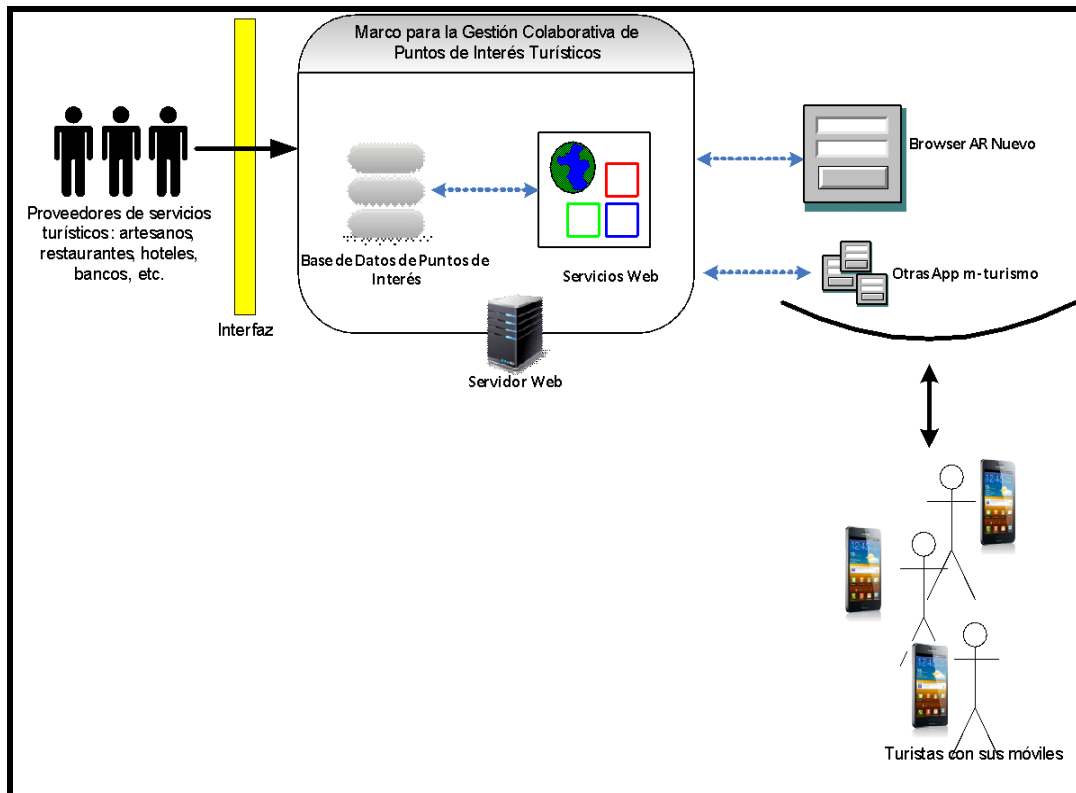


Figura 1. Modelo del marco para la gestión colaborativa de puntos de interés turísticos.

El marco propuesto involucra los siguientes componentes arquitectónicos:

- Base de Datos de Puntos de Interés centralizada, con una estructura de datos normalizada y común a todas las aplicaciones
- Servicios web que contengan los procedimientos de alta, baja y modificaciones de los puntos de interés alojados en el servidor web
- Manuales de Instrucción que describan la estructura de los datos

Esto permite optimizar la accesibilidad a la información por parte de los proveedores de servicios turísticos. Y su información podrá ser consultada en línea, de acuerdo al posicionamiento, por el turista que está en permanente movimiento.

2.2. Aplicaciones Móviles Multiplataforma

El desarrollo de aplicaciones multiplataforma implica un gran esfuerzo desde la Ingeniería del Software, ya que involucra la necesidad de desarrollar aplicaciones que puedan ser ejecutadas en los diversos SO móviles.

Requiere, generalmente, el uso de distintos lenguajes y distintos entornos (IDE). Esto, a su vez, implica: el uso de más recursos (desarrolladores y tiempo), menor posibilidad de reuso del software, mayor esfuerzo de actualización de software, aumento de posibilidades de error en el código y mayor esfuerzo en la gestión de configuración [5].

Según [4], las aplicaciones móviles multiplataforma pueden clasificarse en: aplicaciones web móviles, híbridas, interpretadas y generadas por compilación cruzada:

- **Aplicaciones Web móviles:** diseñadas para ejecutarse dentro de un navegador, se desarrollan con tecnología web estándar (HTML, CSS y JavaScript), no necesitan adecuarse a ningún entorno operativo, son independientes de la plataforma. Sin embargo, sus tiempos de respuesta decaen debido a la interacción cliente-servidor, son menos atractivas que las aplicaciones nativas ya que no se encuentran instaladas en el dispositivo, lo que implica acceder previamente a un navegador. Además, las restricciones de seguridad impuestas a la ejecución de código por medio de un navegador, limitan el acceso a todas las capacidades del dispositivo.
- **Aplicaciones híbridas:** utilizan tecnologías web (HTML, Javascript y CSS) pero no son ejecutadas por un navegador. En su lugar, se ejecutan en un contenedor web (webview), como parte de una aplicación nativa, la cual está instalada en el dispositivo móvil. Las aplicaciones híbridas permiten la reutilización de código en las distintas plataformas, el acceso al hardware del dispositivo, y la distribución a través de las tiendas de aplicaciones. Respecto de las nativas, poseen las siguientes desventajas: i) la experiencia de usuario se ve perjudicada al no utilizar componentes nativos en la interfaz, y ii) la ejecución se ve ralentizada por la carga asociada al contenedor web. Existe una diversidad de *frameworks* que permiten desarrollar aplicaciones híbridas: PhoneGap, Apache Cordova, CocoonJS, Ionic, SenchaTouch.
- **Aplicaciones interpretadas:** son implementadas utilizando un lenguaje base, el cual se traduce en su mayor parte a código nativo, mientras el resto es interpretado en tiempo de ejecución. Estas aplicaciones son implementadas de manera independiente de las plataformas utilizando diversas tecnologías y lenguajes, tales como Javascript, Java, Ruby y XML, entre otros. Una de las principales ventajas de este tipo de aplicaciones es que se obtienen interfaces de usuario totalmente nativas. Sin embargo, los desarrolladores experimentan una dependencia total con el entorno de desarrollo

elegido. Los *frameworks* más conocidos para generar estas aplicaciones son Appcelerator Titanium y NativeScript.

- **Aplicaciones generadas por compilación cruzada:** se compilan de manera nativa creando una versión específica de alto rendimiento para cada plataforma destino. Ejemplos de entornos de desarrollo para generar aplicaciones por compilación cruzada son Applause, Xamarin, QT, Embarcadero Delphi 10 Seattle y RubyMotion.

En este proyecto se trabaja con aplicaciones híbridas, habiendo estudiado los *frameworks* que se presentan en el apartado 3.

Cabe tener en cuenta que los sistemas móviles sensibles al contexto proveen información en línea al usuario según la ubicación en la que se encuentra, brindándole diversos servicios. El desarrollo de este tipo de sistemas implica la necesidad de utilizar bibliotecas de funciones específicas para la interacción con el GPS del dispositivo. Actualmente, las aplicaciones de turismo utilizan estas funciones, según cada SO. Pero, al menos al inicio de la investigación, no se encontraron estudios sobre la eficiencia del manejo de GPS en el desarrollo híbrido de aplicaciones.

2.3. Metodologías de desarrollo móvil. AUP.

Ramirez Vique [14] sostiene que, al abordar un proyecto de desarrollo de software para dispositivos móviles, o bien proyectos en los que una parte esté orientada a dispositivos móviles, hay que contar con una metodología que, además de soportar la problemática habitual del desarrollo de software, se encargue de dar soluciones y de minimizar riesgos.

Según Amaya Balaguera [1], las metodologías en general se clasifican según su enfoque y características esenciales. En la actualidad, se destacan dos enfoques [13]: el prescriptivo y el ágil. El primero es apropiado para proyectos en los que los requisitos son fijos y no van a cambiar durante el ciclo de vida del desarrollo. El ágil se apoya en un desarrollo basado en iteraciones, donde en cada iteración se realizan todas las fases del ciclo de desarrollo, permitiendo obtener prototipos rápidamente, dando poca importancia a la documentación; entre las metodologías ágiles más conocidas se encuentran Scrum, Kanban, Lean, AUP, Extreme Programming.

Según Parada [11], una metodología de desarrollo de sistemas no tiene que ser necesariamente adecuada para usarla en todos los proyectos. Cada metodología es más o menos apropiada para diferentes tipos de proyectos, según sus consideraciones técnicas, organizacionales, de proyecto y de equipo.

En cuanto a las aplicaciones móviles, Fennema et al. [6], plantean que estas aplicaciones pueden desarrollarse

tanto con métodos prescriptivos, como Waterfall, como con métodos ágiles. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, en el desarrollo de aplicaciones móviles, los requisitos tienden a cambiar constantemente [11]. Es por esto, que no sería recomendable usar metodologías tradicionales, poco flexibles a los cambios y restricciones de tiempo.

Considerando lo antedicho, inicialmente, se usó Mobile-D para el desarrollo de SIIT. Pero fue reemplazada tempranamente por AUP. Este cambio se debió, principalmente, a que el Sistema de Información completo involucra, además de la aplicación móvil, una aplicación web.

Es importante tener en cuenta que AUP:

- es una versión simplificada de RUP, por lo tanto, permite usar el lenguaje UML
- incluye actividades y artefactos a los que están acostumbrado los desarrolladores

- describe un enfoque simple y fácil de entender para el desarrollo de software de aplicaciones empresariales utilizando técnicas y conceptos ágiles [2]
- es usada en diferentes tipos de software, áreas de aplicación, niveles de competencia, tamaños de proyectos, adaptándose fácilmente a las necesidades de cada organización
- se preocupa especialmente de la gestión de riesgos, ya que propone que aquellos elementos con alto riesgo obtengan prioridad en el proceso de desarrollo y sean abordados en etapas tempranas del mismo.

AUP se apoya en tres pilares: casos de uso, arquitectura y el concepto iterativo e incremental.

Como lo muestra la Figura 2, consta de cuatro fases: Iniciación, Elaboración, Construcción y Transición. Cada una de éstas tiene siete actividades.

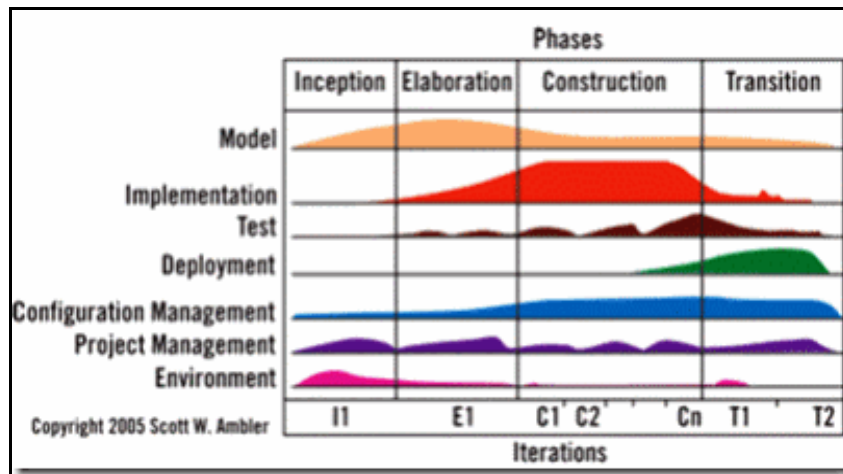


Figura 2. El ciclo de vida AUP (Ambler, 2006).

1) Iniciación, siendo su objetivo el identificar el alcance inicial del proyecto, una arquitectura potencial, y obtener el financiamiento inicial del proyecto y la aceptación de las partes interesadas,

2) Elaboración, permite definir la arquitectura del sistema,

3) Construcción, implica un desarrollo incremental del software, teniendo en cuenta las prioridades funcionales de los involucrados,

4) Transición, en la que se valida e integra el sistema con el entorno de uso [10].

Presenta iteraciones, en las cuales se definen las actividades que los miembros del equipo de desarrollo realizan para construir, validar y entregar el software que

satisfaga las necesidades de los usuarios [10]. En Cada iteración el AUP aborda las siguientes actividades o disciplinas [2]: Modelado, Implementación, Prueba, Despliegue, Administración de la Configuración, Administración del proyecto, Ambiente. En el Modelado se crean representaciones de UML de los dominios del negocio y el problema. En la Implementación los modelos se traducen a código fuente. En la Prueba el equipo diseña y ejecuta una serie de pruebas para detectar errores y garantizar que el código fuente cumpla sus requerimientos. El Despliegue se centra en la entrega de un incremento de software y en la obtención de retroalimentación de los usuarios finales. La Administración de la configuración incluye la

administración del cambio y el riesgo. La Administración del proyecto da seguimiento y controla el avance del equipo y coordina sus actividades. El Ambiente coordina una infraestructura del proceso que incluye estándares, herramientas y otra tecnología de apoyo de la que dispone el equipo.

3. Comparación de Frameworks para el desarrollo de aplicaciones híbridas

En este trabajo se estudiaron los siguientes frameworks:

- Apache Cordova. Es un framework de desarrollo móvil de código abierto que permite utilizar las tecnologías estándar web para el desarrollo multiplataforma, evitando el lenguaje de desarrollo nativo de cada una de las plataformas móviles [16].
- PhoneGap. Permite crear aplicaciones multiplataforma utilizando HTML y JavaScript. Es una distribución gratuita y de licencia libre de Apache Cordova [12]. Posibilita la creación de aplicaciones híbridas mediante la utilización de una serie de APIs que permiten controlar características de los dispositivos como el acelerómetro, la cámara, las notificaciones o la geolocalización [7]. PhoneGap permite conectar un dispositivo móvil con una aplicación web mediante dos componentes principales: Webview y Plugins.
- Ionic. Es una herramienta, gratuita y de código abierto, para el desarrollo de aplicaciones híbridas basadas en HTML5, CSS y JS. Está construido con Sass y optimizado con AngularJS [9]. Está orientado al desarrollo de aplicaciones móviles híbridas. Debido a que Ionic es un marco de trabajo HTML5 necesita de un envoltorio nativo como Cordova o Phonegap para ejecutarse como una aplicación nativa.

Los mencionados frameworks fueron comparados considerando los criterios presentados en la columna 1 de Tabla 1.

Según estos criterios, se puede observar que todos los frameworks tienen características muy similares, son de código abierto, usan los mismos lenguajes y están bien documentados. Sin embargo, los frameworks Ionic y PhoneGap ofrecen servicios y capacidades adicionales, tales como Ionic Creator y PhoneGap Build que, si bien facilitan el proceso de desarrollo y compilación de las aplicaciones, no son indispensables y tienen costo.

En función de lo mencionado, se decidió utilizar ApacheCordova para el desarrollo de la aplicación móvil de turismo.

Además, dada la necesidad de trabajar con sensibilidad a la ubicación, se realizó un pequeño prototipo en ApacheCordova para mostrar el comportamiento de aplicaciones que usan GPS generadas desde este

framework. Se usó un simulador de GPS y emuladores de móviles. Con ello, se pudo corroborar la viabilidad del desarrollo de aplicaciones sensibles a la ubicación usando ApacheCordova.

Tabla 1. Frameworks para apps híbridas.

	Apache Cordova	PhoneGap	Ionic
Tecnologías	HTML 5, CSS, JavaScript	HTML 5, CSS, JavaScript	HTML 5, CSS, JavaScript, AngularJS
Entorno Desarrollo	Visual Studio (no oficial)	No dispone de uno oficial	No dispone de uno oficial
Licencia	Código Abierto	Código Abierto	Código Abierto
Costo	Gratuito	Gratuito, excepto servicio privado de PhoneGap Build	Gratuito
Servicios Ofrecidos	Plugins, Cordoba CLI	Plugins de Cordova, PhoneGap CLI, PhoneGap Desktop, PhoneGap Build	Plugins de Cordova, CLI, Ionic Pro, Ionic Creator
Soporte	No dispone de un foro oficial pero existen foros y una gran comunidad	Dispone de un foro oficial y tiene una gran comunidad de desarrolladores	Dispone de una comunidad oficial con grandes aportes
Documentación	Amplia, simple y bien detallada	Amplia, simple y bien detallada. Puede utilizarse la de Cordova	Amplia y comprensible. Incluye textos y material multimedia
Plataformas	Android, iOS, Windows Phone, Blackberry, Windows, Ubuntu, OSX	Android, iOS, Windows Phone, Windows, Blackberry	iOS, Android, Windows Phone, Windows Desktop

4. Ingeniería de Requisitos de SIIT

Actualmente, el sistema SIIT se encuentra aún en Fase de Construcción, habiéndose obtenido ya un prototipo. Por lo tanto, las actividades de Modelado se han realizado iterativamente, obteniendo especificaciones de requisito, usando diversas técnicas de educación de requisitos.

Se considera conveniente explicar cómo fue el proceso que permitió la educación de requisitos y, luego, mostrar las Historias de Usuario (obtenidos con Mobile-D antes de cambiar a AUP) y los Diagramas de Caso de Uso (obtenidos con AUP).

4.1. Turismo Religioso en Santiago del Estero

Si bien SIIT tiene un amplio alcance que involucra a todos los actores de turismo de un sitio, en el proyecto de investigación, el sistema tiene un alcance más acotado: el turismo religioso en la Provincia de Santiago del Estero. Por lo tanto, la Ingeniería de Requisitos estuvo enfocada hacia dicho sector turístico. A continuación, se presenta algunos conceptos importantes de la temática y se describe el proceso de educación de requisitos.

La Organización Mundial de Turismo sostiene que el turismo comprende las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias en lugares distintos al de su entorno habitual, por un período consecutivo inferior a un año, con fines de ocio, por negocios y otros motivos (religión, cuestiones culturales, etc.).

El turismo religioso es una variante del turismo cultural y sus motivaciones pueden ser estrictamente religiosas/espirituales como así también pueden responder a otro tipo de motivaciones (educativas, deportivas, artísticas) o el deseo de conocer o una combinación de varias de ellas. El turismo religioso comprende:

- Visitas al patrimonio material: por su valor religioso/espiritual, social, histórico, arquitectónico, artístico
- Participación y/o asistencia en las prácticas rituales de índole religioso por su valor religioso/espiritual, histórico, educativo, participativo/interactivo, cultural y artístico.

La región Noroeste de Argentina, donde se encuentra la Provincia de Santiago del Estero, es un espacio emblemático para el turismo religioso. Allí se puede vivir la experiencia de peregrinaciones ligadas a la espiritualidad heredada de los pueblos originarios que mantienen prácticas ancestrales y revalorizan el respeto a la naturaleza. Santiago del Estero posee alto valor turístico por las celebraciones y festividades religiosas y culturales que se realizan.

Una ruta turística permite seguir un itinerario o circuito, conectando zonas a la vez de admirar paisajes, sitios históricos, disfrutar de zonas naturales, conocer poblaciones, realizar actividades propias del lugar, con diversos atractivos, siempre utilizando los recursos naturales y culturales de manera sustentable [15].

La educación de requisitos en SIIT se realizó usando diferentes técnicas. Inicialmente, se acudió a la revisión de bibliografía y a la exploración web sobre Turismo Religioso en Santiago del Estero. Esto permitió,

principalmente, definir informantes calificados (perfiles, características y nombres), a quienes se les aplicaría la técnica de entrevista (diseñada como un cuestionario abierto). También, se obtuvo el listado de parroquias y capillas en la provincia, según diócesis, localidad y año de creación [3].

El SIIT busca facilitar y guiar el recorrido turístico religioso o ruta turística o circuito turístico en la provincia, considerando sus espacios culturales, historia, iglesias y manifestaciones religiosas, su ubicación y la forma de llegar a esos destinos. El nombre que generalmente se usa en este trabajo es “circuito religioso”, por ejemplo, el circuito del “Camino Real”.

La información educada está relacionada, principalmente, con el registro de todas las celebraciones religiosas más importantes y su ubicación geográfica. La especificación de requisitos se enfocó hacia las rutas de Turismo Religioso en Santiago del Estero, y el impacto en la promoción turística de disponer de información sobre manifestaciones religiosas de Santiago del Estero.

4.2. Historias de Usuarios

Como se mencionó anteriormente, en el inicio del desarrollo, se utilizó la metodología Mobile-D para el desarrollo del SIIT. Es por ello, que los requisitos fueron formalizados, la primera vez, mediante 17 Historias de Usuarios (ver Tabla 2).

Estas historias de usuario corresponden a los roles Turista, Turista Religioso, Proveedor de Servicios y Desarrollador Turístico.

4.3. Casos de Uso

Luego, como consecuencia de la adopción de AUP como metodología de desarrollo, se construyeron los diagramas de casos de uso. En ellos se identifican tres actores: Turista, Proveedor de servicios y Dirección de Turismo.

La Figura 2 muestra el diagrama de casos de uso del proveedor de servicios. A través de un sitio web responsivo (acceso desde una computadora de escritorio o de un dispositivo móvil), podrá gestionar (consultar/registrarse/modificar/eliminar) sus servicios, con el objetivo de proveer a los usuarios información completa y actualizada.

La Figura 3 muestra el diagrama de casos de uso correspondiente al actor Dirección de Turismo de la Provincia de Santiago del Estero. Este actor gestionará toda la información que brindará la aplicación móvil correspondiente a los puntos de interés, circuitos religiosos y eventos. A partir de la consulta general (o listado ordenado por diversos criterios) de todos los puntos de interés, eventos y circuitos, podrá dar de alta, modificar o eliminar cada uno de ellos.

Tabla 2. Historias de Usuario del SIIT.

N°	Rol	Nombre
1	Turista	Instalar la App
2	Turista	Novedades
3	Turista	Alternativas por tipo de turismo
4	Turista religioso	Alternativas del Turismo Religioso
5	Turista religioso	Busqueda estandar de Puntos de interés
6	Turista religioso	Busqueda de puntos de interés basada en la ubicación
7	Turista religioso	Consulta de puntos de interés
8	Turista religioso	Busqueda estandar de Fiestas Religiosas
9	Turista religioso	Busqueda de Fiestas Religiosas basada en la ubicación
10	Turista religioso	Consulta de Fiestas
11	Turista religioso	Busqueda estandar de Circuitos Religiosos
12	Turista religioso	Busqueda de Circuitos Religiosos según la ubicación
13	Turista religioso	Circuitos Religiosos de la provincia: puntos de interés (nodos) y otra información del circuito.
14	Turista religioso	Acceso a Punto de Interés desde un Circuito Religioso
15	Turista	Información sensible contexto sobre eventos, promociones, etc.
16	Proveedor de servicios (museos, restaurantes)	Dar de alta información de un servicio
17	Desarrollador Turístico	Dar de alta información de puntos de interés, eventos, novedades, etc.

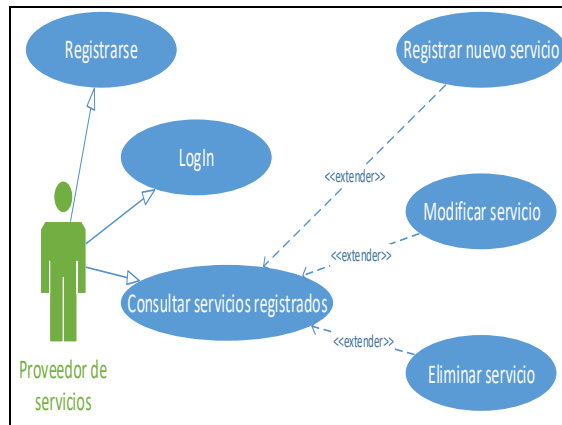


Figura 2. Diagrama de casos de uso Prov. de servicios.

Finalmente, la Figura 4 se muestra el diagrama de casos de uso del Turista, quien podrá acceder a través de su aplicación móvil a la consulta de los puntos de interés/servicios/circuitos religiosos. Además, tendrá la posibilidad de iniciar navegación hacia estos lugares y consultar/escribir reseñas de los mismos.

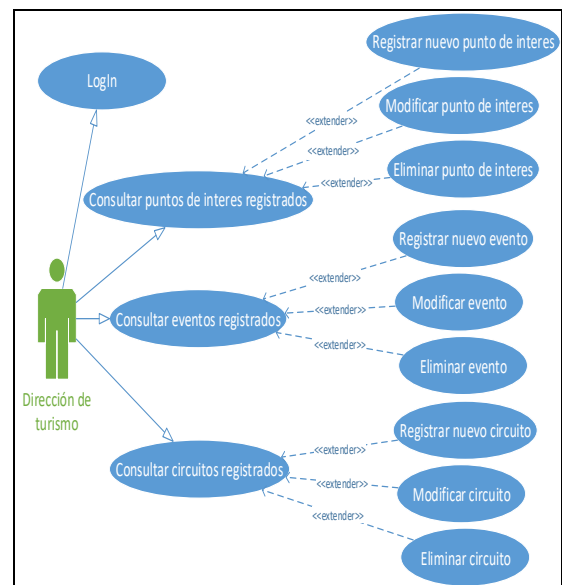


Figura 3. Diagrama de casos de uso Dción. de Turismo.

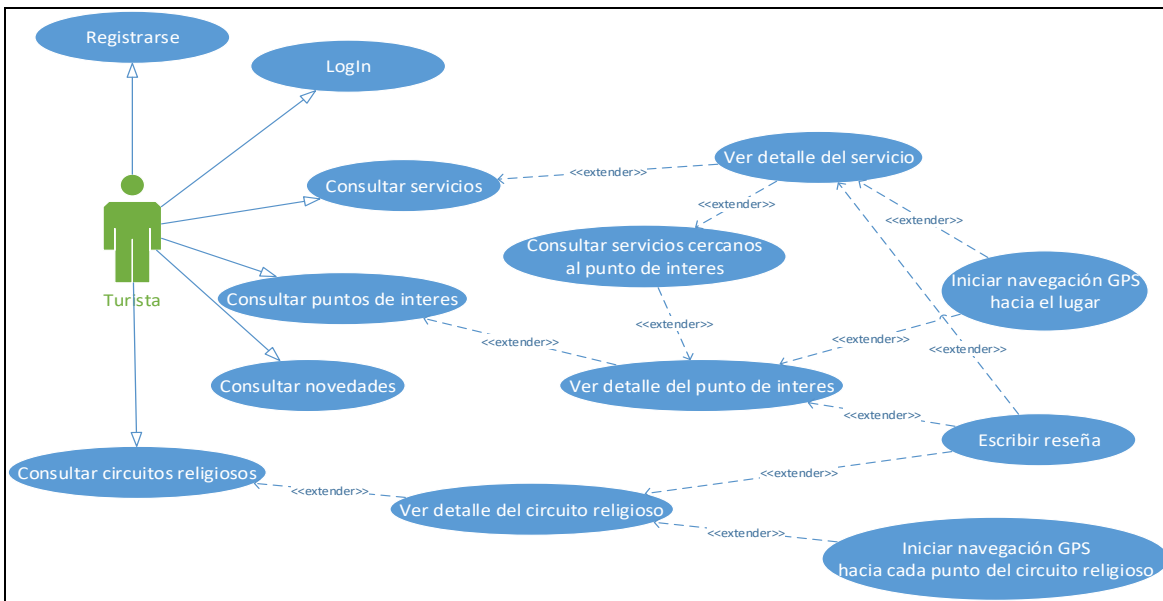


Figura 4. Diagrama de casos de uso para el actor Turista.

5. Construcción

5.1. Arquitectura

La arquitectura general se compone de varios elementos que interactúan entre sí y permiten brindar información turística actualizada, tanto a los proveedores

de contenido como a los turistas, en cualquier momento y lugar. Estos elementos son (ver Figura 5):

1. **Servidor:** se trata de una plataforma escalable que alojará el *backend* y el *frontend*, junto con la base de datos. El mismo permitirá acceder a la información e interactuar con los proveedores de contenido y turistas vía Internet.

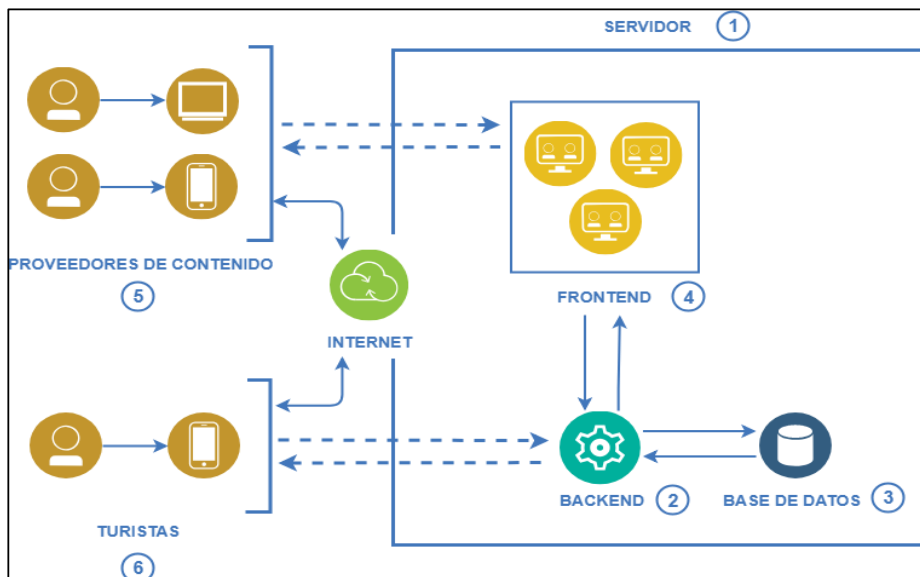


Figura 5. Arquitectura general.

2. **Backend:** contiene la lógica de negocios, representa la parte que administrará los datos en cuanto a consultas, generación de nueva información, entre otros. Se compone de una Web API con un conjunto de métodos, que según el rol del usuario dará acceso y entregará cierta información. Se utiliza para su construcción el *framework* Lumen 5.6 que está basado en el lenguaje de programación PHP. Lumen es un microframework de PHP que procesa información y la pone a disposición del usuario de una manera rápida y eficiente, ya que está especialmente diseñado para su uso en entornos de estas características.
3. **Base de Datos:** contiene los datos propiamente dichos almacenados en forma de tablas relacionales. Se utiliza el sistema gestor de base de datos (RDBMS) MySQL versión 8.
4. **Frontend:** está formado por las vistas y toda la capa visible que contiene la interfaz del usuario. Permite la interacción vía navegador con la Web API; es independiente de esta última. Se emplea el *framework* Vue.js basado en el lenguaje de programación JavaScript.
5. **Proveedores de contenido:** representa a todos los usuarios que generan contenido en la base de datos. Los mismos interactúan con el *Frontend* mediante el navegador en equipos como PC, Mac, o cualquier dispositivo móvil, a través de Internet. Abarca tanto al actor Proveedores de Servicio como al actor Dirección de Turismo.
6. **Turistas (aplicación móvi):** representa a los turistas que mediante la aplicación móvil consumirán los servicios ofrecidos por el *Backend*. No interactúan con el *Frontend* dado que el mismo se encuentra definido en la propia aplicación móvil que se construye usando el *framework* Apache Cordova. El proyecto Apache Cordova mantiene un conjunto de complementos en el *Core Plugins*. Estos permiten a su aplicación acceder a las capacidades del dispositivo, tales como la batería, la cámara, los contactos, etc. En el caso particular de esta aplicación, se utiliza el complemento de geolocalización para obtener información sobre la ubicación del dispositivo (latitud y longitud). Las fuentes de información de localización son: el sistema de posicionamiento Global (GPS) y ubicación deducida de las señales de la red (dirección IP, direcciones de RFID, WiFi y Bluetooth, MAC y celulares GSM/CDMA IDs).

El punto importante a destacar en esta arquitectura es que todas funciones y acceso a la información están definidos en la Web API, posibilitando de esta forma que se creen vistas en el *frontend* según la necesidad, facilitando así escalar a futuro. Así, la Web API podrá ser consultada de manera independiente por la aplicación

móvil y cualquier otro servicio que requiera acceso a la información almacenada. Todo esto está configurado en un esquema de usuario-rol definido en el propio *backend*, garantizando el acceso a la información únicamente a usuarios autorizados.

5.2. Prototipo

En las figuras 6 a 9 el lector puede visualizar las pantallas correspondientes al prototipo de la aplicación móvil que integra el SIIT.

En la Figura 6 se muestra la pantalla de ingreso al sistema, correspondiente al caso de uso "LogIn" del actor Turista mencionado en la Figura 2.

La Figura 7 muestra el menú de la aplicación móvil donde aparecen las diferentes opciones a las que puede acceder el usuario Turista. Es decir, corresponde al caso de uso de la Figura 4, acotado al turismo religioso.

La Figura 8 presenta la pantalla de consulta de circuitos religiosos, con la opción de buscar por nombre y por cercanía a la ubicación actual del usuario Turista.

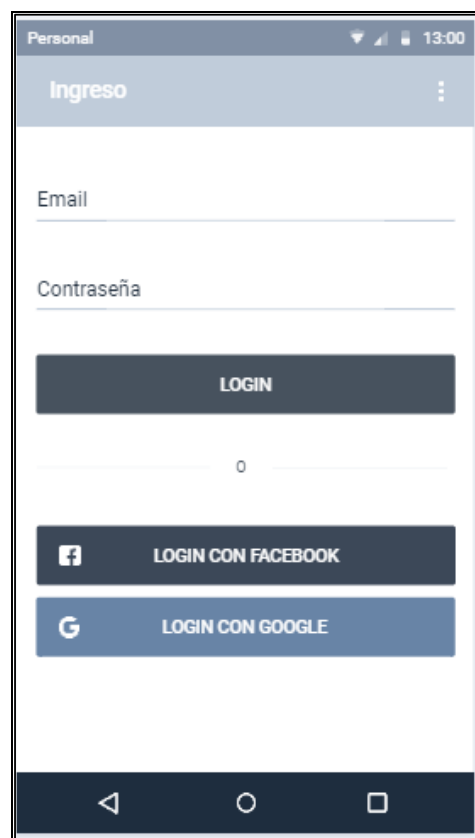


Figura 6. Pantalla de ingreso del usuario.



Figura 7. Menú principal del turista religioso.

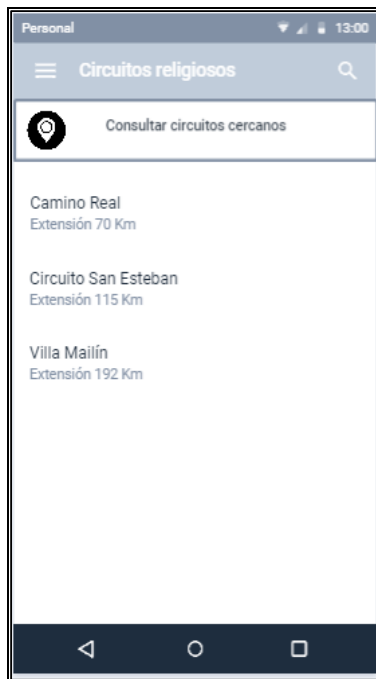


Figura 8. Consulta de circuitos religiosos.

La Figura 9 presenta la pantalla de detalle de un circuito religioso denominado Camino Real. Allí se muestran la calificación, los puntos de interés que incluye y la opción de escribir una reseña e iniciar navegación.

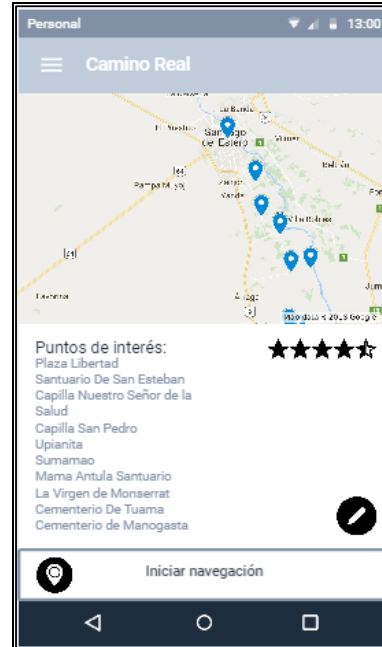


Figura 9. Detalle de un circuito religioso.

6. Conclusiones

En este artículo se han presentado resultados parciales del estudio de metodologías y *frameworks* para el desarrollo de aplicaciones móviles, aplicados a la construcción de un sistema de turismo integral SIIT.

El uso de un modelo teórico integral del manejo de información turística ha permitido guiar la construcción del software, permitiendo obtener rápidamente una arquitectura inicial eficaz que contempla los requerimientos de todos los actores del turismo.

Por otra parte, respecto a la aplicación móvil, la planificación prolija de la Fase de Inicialización, basado en la aplicación de diversas técnicas de educación de requisitos, permitió formalizarlos usando lenguaje de modelado orientado a objetos. Se desatacan los requisitos relacionados con servicios correspondientes a la ruta turística.

Es importante destacar que el estudio comparativo de la eficiencia de los *frameworks* para aplicaciones híbridas, realizado previo al inicio del desarrollo del SIIT, permitió identificar tempranamente la herramienta que se utilizaría en la Fase de Construcción.

Finalmente, se puede concluir que el uso de una metodología ágil AUP ha permitido obtener rápidamente un prototipo. El mismo se utilizará para validar la eficiencia del modelo integrado de turismo y del SIIT.

Referencias

- [1] Amaya Balaguera, Y. D. Agile methodologies in the development of applications for mobile devices. present state. Revista de Tecnología Journal Technology, vol. 12, n° 2, pp. 111-124. ISSN 1692-1399. 2013.
- [2] Ambler, S. The Agile Unified Process (AUP). 2016. Disponible en www.amblysoft.com/unifiedprocess/agileUP.html. Consultado en Agosto 2018.
- [3] Caumo, M., and Santillán O. Distribución en el territorio provincial de parroquias y capillas en las diócesis de Santiago del Estero y Añatuya, Revista Trazos, Ediciones UCSE, diciembre, 2016.
- [4] Delía, L. Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma. Trabajo Final de Especialista en Ingeniería Web. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, 2017.
- [5] Emmanouilidis, C., Koutsiamanis, R.A., and Tasidou, A. Mobile guides: Taxonomy of architectures, context awareness, technologies and applications. Journal of Network and Computer Applications. Volume 36, Issue 1, January 2013, Pages 103–125. Elsevier.
- [6] Fennema, M. C., Herrera, S. I., Palavecino, R. A, Budán, P. D., Rosenzvaig, F., Najar Ruiz, P., Carranza, Á. J, and Saavedra, E. Aproximaciones para el Desarrollo Multiplataforma y Mantenimiento de Aplicaciones Móviles. XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. ISBN: 978-987-42-5143-5. WICC 2017, ITBA, Buenos Aires, 2017. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61343>.
- [7] Genbetadev. <http://www.genbetadev.com/frameworks/phonegap>. 2016. Fecha de acceso: 13/08/2018.
- [8] Herrera, S., Najar Ruiz, P., Contreras, N., Fennema, C., and Lara, C. Marco Sistémico para el Desarrollo de Aplicaciones de m-Turismo. Libro. Artículo Completo. Congresso Brasileiro de Sistemas: pensar a compreensão de sistemas. Universidade Federal do Tocantins. Brasil. Palmas, Tocantins. 2013.
- [9] Ionic. Disponible en: <http://ionicframework.com/docs/guide/preface.html>. Fecha de acceso: 13/08/2018.
- [10] Kalirungkut, R. Review on the effectiveness of agile unified process in software development with vague system, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 9, n° 10, pp. 1763–1768. ISSN 1819-6608. 2014.
- [11] Parada, C. J. Caracterización de metodologías ágiles para el desarrollo de aplicaciones. Tercer Encuentro Internacional Universidad – Empresa en el sector de la Ingeniería. San José de Cúcuta. Obtenido de <http://service.udes.edu.co/eisi/memorias/ponencias/ep17.pdf>. 2016.
- [12] PhoneGap 3. A guide to building cross-platform apps using the W3C standards-based Cordova/PhoneGap framework. Packt Publishing, 2013.
- [13] Pressman, R.S. Ingeniería del software Un enfoque Práctico, séptima edición, University of Connecticut, Mc GRAW-Hill Interamericana Editores, 2010.
- [14] Ramírez Vique, R. Métodos para el desarrollo de aplicaciones móviles. PID_00176755, FUOC Universitat Oberta de Catalunya, p. 20. 2013.
- [15] Rossi, C., and Zárata, L., *Celebraciones y festividades. La ruta del turismo religioso, cultural y natural de Santiago del Estero*. Informes de avances de la Investigación Convocatorias UCSE 2012, diciembre 2014.
- [16] Wargo, J. Apache Cordova 4 Programming. Addison-Wesley Professional. 2015.

Modelo de Decisión Multicriterio apoyado en herramientas SIG para definir Prioridades en la Gestión Sustentable del Recurso Hídrico Subterráneo en el Partido de Gral. Pueyrredon, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Lima, M. Lourdes^{1,2,3}; Corleto, Bárbara¹; Barilari, Agustina^{1,2,3}; Fresta, Paula¹; Asili, Victoria¹; Albornoz, Daniel¹; Veras, Natalia¹; Pertini, Ignacio¹

¹ Universidad FASTA- Facultad de Ingeniería. Gascón 3145, Mar del Plata,

² Universidad Nacional de Mar del Plata-FCEyN, IGCyC-CIC. Funes 3350, Mar del Plata,

³ CONICET, Av. Rivadavia 1917, C.A.B.A.

Email: lourlimas@gmail.com

Abstract

Groundwater is the only source of drinking water supply for the population at Partido de General Pueyrredon (PGP), therefore it is intensively exploited through extraction wells. Due to the anthropic activities developed in the area, this resource has a probability of being polluted.

Geographic information systems (GIS) are the most appropriate computer tools for research and application in environmental sciences, as in the case of groundwater contamination assessment.

The objective of this investigation is to generate a multicriteria decision model supported by GIS tools with the aim of evaluating priorities through 16 hydrological sub-watersheds at Partido de General Pueyrredon in order to achieve an adequate sustainable management system for the underground hydrological resource.

Using ArcGis 9.3 and Criterium DecisionPlus (CDP) programs, this Decision Model was developed using the SMART technique and considering the following criteria for groundwater: depth, number of extraction wells and potential point sources of contamination.

The result of the decision model is proposed in a spatial map of priorities by sub-watersheds with 5 categories: the very high priority category corresponds to: A. Las Chacras, A. El Cardalito and Camet. Based on these results, it is observed that the most influential criteria are point sources and groundwater supply wells.

1. Introducción

El peligro de contaminación del agua subterránea puede definirse como la probabilidad que un acuífero experimente impactos negativos a partir de una actividad antrópica dada, hasta un nivel tal que el agua subterránea se torne inaceptable para el consumo humano (Foster et al. 2002). El recurso hídrico subterráneo en el Partido de

General Pueyrredon (PGP) es la única fuente de abastecimiento de agua potable para la población, en el cual se realiza una explotación intensiva del mismo a través de unos 250 pozos de extracción de la empresa pública Obras Sanitarias Mar del Plata SE (OSSE), ubicados principalmente en los alrededores de Mar del Plata, ciudad cabecera del Partido. El agua subterránea es el soporte esencial de las diversas actividades que se desarrollan en la zona, una de las más importantes corresponde a la actividad agrícola, la cual depende en gran medida de la disponibilidad y calidad del agua subterránea (Kruse et al. 1993, Campo de Ferreras y Piccolo 2002, Lima et al. 2013).

Los problemas de decisión espacial, como es una evaluación de la contaminación del agua subterránea, típicamente involucra un gran conjunto de alternativas viables y criterios de evaluación múltiples, contradictorios e incommensurables. Esto lleva a encontrar soluciones que no solo sean científicamente precisas, sino también comprensibles y aplicables en el territorio. En este sentido, el empleo de Modelos de Decisión Multicriterio (MCDM) apoyados en herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha convertido en una de las metodologías de decisión más utilizadas para el apoyo de decisiones espaciales (Ferretti y Montibeller, 2016; Della Spina, 2016). MCDM proporciona una rica colección de técnicas y procedimientos para estructurar problemas de decisión, así como para diseñar, evaluar y priorizar alternativas (Karimipour et al., 2005; Zeng y Trauth, 2005; Malczewski, 2006). Estas alternativas a menudo son evaluadas por un número de personas (tomadores de decisiones, gerentes, partes interesadas, grupos de interés) (Malczewski, 2006). Los SIG son sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales y constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional

en las ciencias ambientales. Los SIG sirven de apoyo a los MCDM y son adecuados para abordar problemas complejos que presentan alta incertidumbre, objetivos contradictorios, y diferentes formas de datos e información (cualitativos o cuantitativos).

El objetivo del trabajo es generar un modelo de decisión multicriterio apoyado en herramientas SIG que pueda evaluar prioridades de las subcuencas hidrológicas del Partido de General Pueyrredon para un adecuado manejo sustentable del recurso hídrico subterráneo.

2. Área de Estudio

El Partido de General Pueyrredon (PGP) se encuentra ubicado al sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, entre los 37° 70' y los 38° 02' de latitud Sur y los 57° 52' y los 58° de longitud Oeste. Tiene una superficie de 1.460 km² (Figura 1). El clima de la región es de tipo "templado-húmedo", según el esquema de Köppen o del tipo "subhúmedo-húmedo, mesotermal, sin deficiencia de agua", de acuerdo con el método de Thornthwaite (Burgos y Vidal, 1951). Los cursos de agua superficiales son de escasa significación, en cambio las fuentes de agua subterránea son de muy buena calidad, fácilmente accesibles y se las puede obtener a muy bajo costo.

La región del sudeste de la Provincia de Buenos Aires se caracteriza por un relieve relativamente monótono, en el que sobresale un conjunto de sierras, cerros, cerrilladas y lomas de baja altura (en general menos de 250 metros por encima de la llanura circundante), que se dispone en una franja de ancho variable y que a semejanza de columna vertebral atraviesa el Partido de General Pueyrredón con rumbo noroeste-sudeste, constituyendo la divisoria regional de aguas, a partir de la cual se desarrollan dos vertientes a las que se las ha denominado: norte (N) y sur (S) (Cionchi y Redín, 2004).

Dentro del PGP se encuentran 16 subcuencas, las cuales fueron obtenidas de la base de datos espacial elaborada por Obras Sanitarias Mar del Plata SE. Las subcuencas que integran la vertiente norte dentro del Partido son: Arroyo Vivoratá, Arroyo Los Cueros, Arroyo Seco, Arroyo El Casal, Arroyo de los Padres, Arroyo Los Patos, Camet, Arroyo La Tapera, Arroyo El Cardalito y Arroyo Las Chacras y las subcuencas que integran la vertiente sur son: Arroyo Corrientes, Arroyo Lobería, Arroyo Seco Sur, Arroyo Chapadmalal, Arroyo San Eduardo y Arroyo Las Brusquitas. El área urbana de la ciudad de Mar del Plata, Sierra de los Padres y Batán no fueron consideradas en este trabajo, al igual que el Parque Industrial Gral. Savio, porque las mismas necesitan de otro tipo de evaluación utilizando otros criterios y subcriterios característicos del área urbana. El área rural fue seleccionada como área de estudio debido

a la falta de sistema cloacal e impermeabilización del suelo, lo que incrementa el peligro de contaminación del recurso hídrico subterráneo.

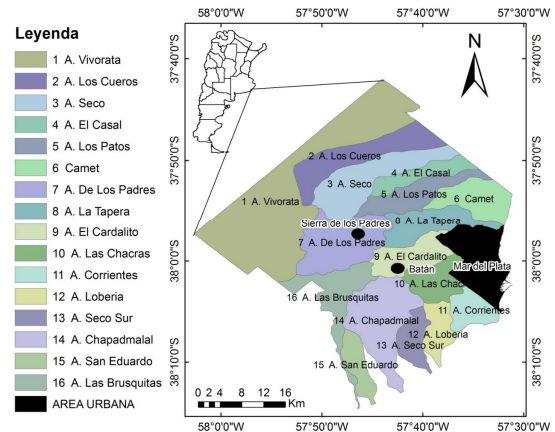


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Partido de General Pueyrredon (PGP).

3. Metodología

Como paso inicial de este trabajo, se digitalizaron las 16 subcuencas utilizando el software ArcGis 9.3 (ESRI, 2012) y se recopilaron los datos espaciales generados en el Partido de General Pueyrredon, por el Grupo de Investigación de Recursos Hídricos de la Universidad FASTA. El segundo paso fue desarrollar el modelo de decisión utilizando el software Criterium DecisionPlus (CDP) (InfoHarvest), siguiendo la técnica de evaluación multicriterio Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART) para evaluar prioridades de las subcuencas hidrológicas del Partido de General Pueyrredon. Para ello se definieron los siguientes criterios dentro del MCDM:

1. Profundidad del agua subterránea.

2. Presencia de pozos de extracción de agua para consumo humano de la empresa Obras Sanitarias MGP-Batán. .

3. Potenciales fuentes puntuales de contaminación del agua subterránea.

Se creó la estructura jerárquica del modelo de decisión, se seleccionaron las 16 subcuencas del Partido como alternativas y se definieron los pesos para las ponderaciones (Figura 2). En el caso del criterio Fuentes Puntuales, en el cual se consideraron 9 subcriterios se utilizó la técnica de comparación entre pares (Full Pairwise), donde cada subcriterio se evalúa contra los demás subcriterios considerando el orden de importancia en cuanto al peligro de contaminación del acuífero (Lima et. al. 2017).

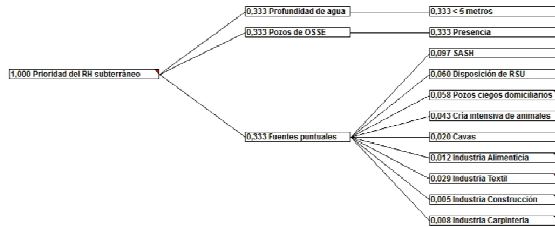


Figura 2. Estructura jerárquica del modelo de decisión MC.

En la Tabla 1 se muestran los subcriterios definidos y su fuente de dato. Los mapas espaciales utilizados como input en el modelo de decisión multicriterio fueron desarrollados con las herramientas SIG y fueron analizados para cada alternativa definiendo los rating dentro del MCDM (Figura 3).

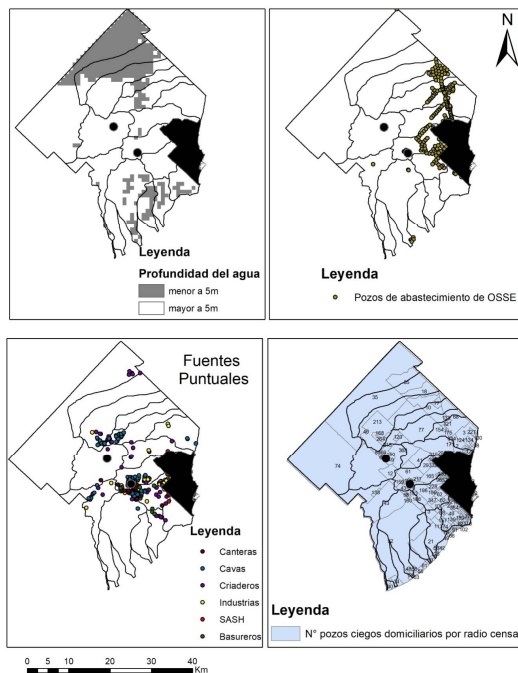


Figura 3. Criterios y subcriterios espaciales definidos para el modelo de decisión.

Con respecto al subcriterio Pozos ciegos domiciliarios los datos fueron obtenidos del último Censo Nacional de 2010 y la información brindada por el Censo fue el número de pozos por radio censal. Al tener los radios censales mapeados se trabajó con ArcGis para obtener

un número de pozos por subcuenca. En muchos casos, los radios censales no coincidieron con las áreas de las subcuencas, por lo que, para determinar la cantidad de pozos ciegos domiciliarios por subcuenca, se optó por la siguiente metodología: superposición del mapa de subcuencas con el mapa de radios censales y se fraccionaron los radios censales compartidos por subcuencas en polígonos coincidentes con los polígonos de las mismas. Luego con el dato del área total de cada radio, se calculó de manera proporcional la cantidad de pozos dentro de cada subcuenca para obtener como resultado final el número de pozos por alternativa (subcuenca).

Tabla 1. Detalle de criterios y subcriterios utilizados.

Criterio	Subcriterio	Descripción	Fuente
Profundidad del agua subterránea	< 5 metros (% de superficie)	Se consideró como el área de mayor peligro de contaminación, aquellas con profundidades menores a 5 metros	Lima et. al 2017
Presencia de pozos de extracción de agua subterránea . OSSE MGP	Cantidad	Es necesario considerarlos por el notable estado de abandono o desatención en que se encuentran normalmente las instalaciones relacionadas a la extracción y almacenamiento de agua dentro de las propiedades, incluyendo establecimientos educativos, de recreación, complejos habitacionales y el agro en general.	OSSE (Obras Sanitarias Sociedad del Estado), Municipalidad de General Pueyrredon
Potenciales fuentes puntuales de contaminación del agua subterránea	SASH (cantidad)	Se consideran los SASH por el tipo de sustancia química que almacenan (Y9), la cercanía a las napas, y el escaso sistema de seguridad que presentan los mismos.	ADA (Autoridad del Agua) Provincia de Buenos Aires.

Disposición de RSU (cantidad)	Se consideran los sitios de disposición de RSU debido a que no son gestionados adecuadamente como Rellenos Sanitarios, por lo que podría existir infiltración de lixiviados generados por la descomposición de los mismos.	EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) Municipalidad de General Pueyrredon
Pozos ciegos domiciliarios (cantidad)	Se consideran los pozos ciegos domiciliarios debido a que los desechos cloacales infiltran en el suelo y pueden llegar al agua subterránea. Además existe falta de control sobre la construcción de los mismos, así como también pozos clandestinos.	INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), Censo Nacional 2010
Cría intensiva de animales (cantidad)	Se considera esta fuente debido a la falta de impermeabilización de sus suelos, la gran cantidad de residuos orgánicos que generan por superficie, y la falta de control sobre la gestión de los mismos	SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria)
Cavas (cantidad)	Se considera esta fuente, debido a la desprotección que presentan sus suelos, la mayor cercanía a las napas, y el inadecuado uso que se les da generalmente tras su abandono (basurales)	EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) Municipalidad de General Pueyrredon
Industria Alimenticia (cantidad)	Se considera esta fuente debido a los residuos que generan, principalmente efluentes líquidos orgánicos	EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) Municipalidad de General Pueyrredon

Industria Textil (cantidad)	Se considera esta fuente por utilizar químicos como insumos de su producción, formando parte luego de los efluentes líquidos	EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) Municipalidad de General Pueyrredon
Industria Construcción (cantidad)	Se considera esta fuente por el lavado de maquinaria para la construcción, la utilización de hidrocarburos y de sustancias auxiliares para la producción de concreto y asfalto que son contaminantes si fueran derramadas	EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) Municipalidad de General Pueyrredon
Industria Carpintería (cantidad)	Se considera esta fuente por utilizar productos químicos durante sus procesos, los cuales forman parte de sus desechos	EMSUR (Ente Municipal de Servicios Urbanos) Municipalidad de General Pueyrredon

4. Resultados

Mapas espaciales como input del MCDM (Figura 3):

1. Mapa de Profundidad del agua subterránea del Partido

Con la herramienta Spatial Analyst y 3D Analyst del ArcGIS se pudo interpolar los valores de profundidad y obtener el mapa raster de profundidad de agua subterránea. Se clasificó el área de profundidad menor a 5 metros como el área de mayor peligro de contaminación. Las subcuencas que presentan mayor porcentaje del área con valores de profundidad del agua subterránea menores a 5 metros son A. Los Cueros, A. Vivotatá, A. Seco y A. Seco Sur, principalmente ubicadas en la vertiente norte, a excepción de la última subcuenca (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de áreas menores a 5 metros de profundidad.

Subcuenca	% Área < 5m de profundidad
1	40
2	86,89
3	33,21
4	22,94
5	19,67
6	0,17
7	3,17
8	5,42
9	3,64
10	5,70
11	20,59
12	31,61
13	37,59
14	24,08
15	3,71
16	2,54

Tabla 3. Cantidad de pozos de abastecimiento por subcuenca.

Subcuenca	Cantidad de pozos
1	0
2	0
3	8
4	21
5	9
6	44
7	0
8	21
9	28
10	24
11	2
12	0
13	0
14	6
15	0
16	1

2. Mapa de ubicación de los pozos de extracción de OSSE en el Partido

Dentro del Partido de Gral. Pueyrredón, OSSE implementa una metodología de manejo sustentable del acuífero, que consiste en una explotación racional del recurso subterráneo para la provisión del servicio oficial de agua. Por lo tanto, considera potencialmente explotables sólo aquellos volúmenes que anualmente se recargan en cada una de las cuencas hidrológicas, evitando así extraer más agua que la disponible.

La actual estrategia de explotación exige controles y monitoreos de calidad de agua, que posibiliten el aprovechamiento de los recursos hídricos de aquellas cuencas que posean reservas explotables.

En la Tabla 3 se hace mención de la cantidad de pozos de extracción presentes por subcuenca, encontrándose la gran mayoría dentro de la subcuenca Camet y en menor cantidad, pero también con valores significativos, dentro de la subcuencas El Cardalito, La Taperá, Las Chacras y El Casal.

3. Mapa de inventario de fuentes puntuales del Partido

La fuente puntual con mayor relevancia son los sistemas de almacenamiento subterráneos de hidrocarburos (SASH), ya que los hidrocarburos y sus derivados son compuestos con alto grado de peligrosidad y nocividad para el ambiente ante su deficiente manejo. En orden de importancia, continúa la Disposición de RSU y los pozos ciegos domiciliarios, ya que toda el área bajo estudio no cuenta con servicio de sistema cloacal y presenta gran cantidad de población dispersa.

Actualmente, la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se realiza en un predio confeccionado para su operación como relleno sanitario, sin embargo, hay otros sitios dentro del área de estudio que fueron basurales a cielo abierto, que ya no funcionan con tal fin, pero fueron considerados como potenciales fuentes puntuales de contaminación.

Existen también establecimientos con cría intensiva de animales, que son principalmente avícolas y en segundo lugar, porcinos, considerados como potenciales fuentes puntuales de contaminación.

La actividad minera generadora de cavas, otra fuente puntual considerada, está relacionada con las canteras de cuarcita, conocida como "piedra Mar del Plata".

También las industrias tienen importancia en el sector, a pesar que la mayor concentración de las mismas se encuentra en el área urbana (Tabla 4).

Tabla 4. Cantidad de fuentes puntuales por subcuenca.

Subcuenca	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			108	7		1			
2			68						
3			776	7	9	4			
4			82						
5			390	5	25	1		1	
6			2952		3	1		1	
7			898	2	1				
8	1		1551	4		1			
9	2	1	3341	5	29	3	1	1	
10	6	3	4288	10	20	2	2	3	3
11			5932	2					
12		2	330	4					
13			28						
14			647	1	21	2		1	
15			32						
16			175	4	5	2			

A. SASH; B. Basureros; C. Pozos ciegos domiciliarios; D. Criaderos; E. Cavas; F. Industria Alimenticia; G. Industria Textil; H. Industria de la Construcción; I. Industria Carpintera.

Modelo de decisión multicriterio (MCDM)

El resultado del modelo de decisión propuesto para una adecuada gestión del recurso hídrico subterráneo se muestra en el mapa espacial de prioridades por subcuencas, donde se clasifican 5 clases de prioridades (muy baja a muy alta prioridad) (Figura 4). La clase de prioridad muy alta corresponde a las subcuencas: A. Las Chacras, A. El Cardalito y Camet, con un Decision Score de 0.506, 0.377 y 0.370, respectivamente. En estas 3 subcuencas los criterios que tienen una mayor contribución son las fuentes puntuales y los pozos de abastecimiento del agua subterránea, como se puede ver en la Figura 5.

La clase de prioridad alta muestra 4 subcuencas: A. Los Cueros, A. El Casal, A. La Tapera y A. Seco, con un Decision Score de 0.290, 0.236, 0.229 y 0.227, respectivamente. En las subcuencas A. Los Cueros y A. Seco predomina el criterio de profundidad del agua subterránea, mientras que en las subcuencas A. El Casal y A. La Tapera predomina el criterio de pozos de abastecimiento de agua subterránea.

La clase de prioridad moderada corresponde a 5 subcuencas: A. Los Patos, A. Vivoratá, A. Lobería, A. Chapadmalal y A. Corrientes, con un Decision Score de 0.182, 0.167, 0.166, 0.159 y 0.150, respectivamente. En esta clasificación predomina el criterio profundidad del agua subterránea y fuentes puntuales, a excepción de la subcuenca Los Patos donde los 3 criterios tienen una contribución similar.

Por último, la clase de prioridad baja y muy baja muestra 4 subcuencas: A. Seco Sur, A. Las Brusquitas, A. De los Padres, y A. San Eduardo, con un Decision Score de 0.125, 0.044, 0.028 y 0.012, respectivamente. En las subcuencas A. Seco Sur y A. San Eduardo predomina netamente el criterio de la profundidad del agua subterránea mientras que en las Subcuencas A. Las Brusquitas y A. De los Padres el criterio predominante es fuentes puntuales.

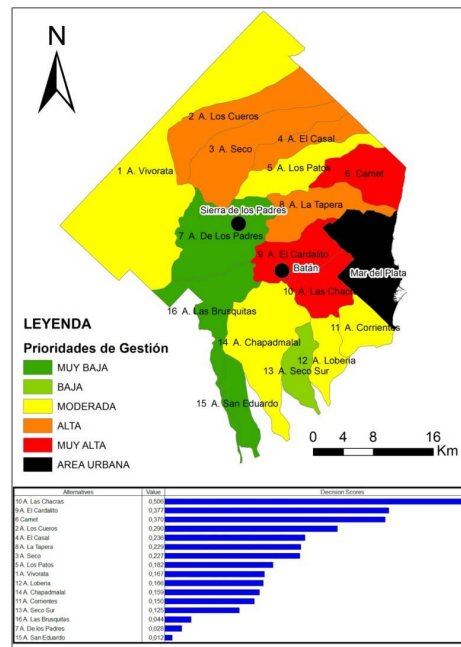


Figura 4. Mapa de Prioridades de Gestión.

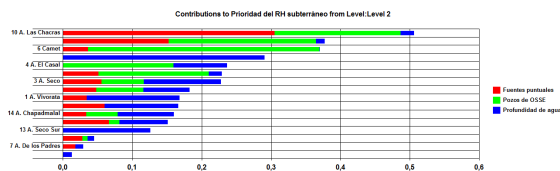


Figura 5. Contribución de los criterios en la priorización de las subcuencas.

5. Conclusiones

La aplicación e integración de toda la información espacial, obtenida a partir de las herramientas SIG, dentro del modelo de decisión multicriterio (MCDM), permitió identificar las contribuciones de los principales criterios y subcriterios evaluados para definir prioridades de gestión en el Partido de General Pueyrredon. La información provista por estos sistemas ofrece a los encargados de la toma de decisiones una mayor habilidad para seguir los resultados de variables que interactúan, mejora la reproducibilidad de decisiones (con alternativas conflictivas), y documenta las razones por las cuales fue tomada una decisión en particular (Rauscher, 1999).

En base a los resultados obtenidos, se observa que dentro de la categoría muy alta prioridad de gestión del recurso hídrico subterráneo los criterios de mayor influencia son las fuentes puntuales y los pozos de abastecimiento del agua subterránea. Teniendo en cuenta lo mencionado, se recomienda a los tomadores de decisiones ejercer mayor control sobre las fuentes puntuales ubicadas en las subcuencas determinadas como prioritarias y regular la extracción de los pozos de abastecimiento de agua subterránea en dichas subcuencas. Dentro del Grupo de Investigación de Recursos Hídricos de la Universidad FASTA se pretende seguir avanzando con el desarrollo de estrategias metodológicas para desarrollar propuestas de gestión sustentable del recurso hídrico subterráneo.

6. Referencias

- [1] Burgos, J.J., Vidal, A., “Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite”. *Revista Meteoros*, 1(1), Buenos Aires, 1951, pp 3-32.
- [2] Campo de Ferreras, A.M., Piccolo, M.C., “Hidroquímica del arroyo Pescado Castigado”, en *Actas III Jornadas Nacionales de Geografía Física*, Santa Fe, 2002, pp. 97-103.
- [3] Cionchi, J., Redin, I., “La contaminación del agua subterránea producida por las deficiencias constructivas en las perforaciones”, *Informe RH 1/2004*, Municipalidad de Gral. Pueyrredón. Obras Sanitarias, 2004.
- [4] Della Spina, L., “Evaluation decision support models: Highest and best use choice”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 223, 2016, pp. 936 – 943.
- [5] Environment System Research Institute, ESRI, 2012. <http://www.esri.com>. Accessed 10 May 2012.
- [6] Ferretti, V. and Montibeller, G., “Key challenges and meta-choices in designing and applying multi-criteria spatial decision support systems”, *Decision Support Systems*, 84, 2016, pp. 41-52.
- [7] Foster, S., Hirata, R., Gomez, D., D’ Elia, M., Paris, M., “Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies”. Washington: The World Bank, 2002.
- [8] Karimipour, F., Delavar, M. R., Kinaie, M., “Water quality management using GIS data mining”, *Journal of Environmental Informatics*, 5, 2005, pp. 61-71.
- [9] Kruse, E., Rojo, A., Laurencena, P., “Aspectos geohidrológicos de la zona sur de Mar del Plata (Buenos Aires)”, in *Actas XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración Hidrocarburos*, Mendoza, VI, 1993, pp. 216-221.
- [10] Lima, M.L., Romanelli, A., Massone, H., “Decision support model for assessing aquifer pollution hazard and prioritizing groundwater resources management in the wet Pampa plain, Argentina”, *Environmental Monitoring Assessment*. 185(6), 2013, pp. 5125-5139. DOI 10.1007/s10661-012-2930-4.
- [11] Lima, M.L., Barilari, A., Corleto, B., Albornoz, D., Massone, H., Fresta, P., Veras, N., Pertini, I., Asili, V., Damiano, M.F. “Aplicación de técnicas multicriterio en estudios de sistemas hídricos en el partido de General Pueyrredón, Provincia Buenos Aires, Argentina”, *XXVI Congreso Nacional del Agua. Córdoba, Argentina*. 2017. ISSN 978-987-4029-23-2.
- [12] Malczewski, J. “GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature”, *International Journal of Geographical Information Science*, 20, 2006, pp. 703-726.
- [13] Rauscher, H.M., “Ecosystem management decision support for Federal forests in the United States: A review”, *Forest Ecology and Management*, v. 114, 1999, pp. 173-197.
- [14] Zeng, Y., Trauth, K. M., “Internet-based fuzzy multicriteria decision support system for planning integrated solid waste management”, *Journal of Environmental Informatics*, 6, 2005, pp. 1-1

Beneficios del uso de Big Data en la Justicia. Análisis de su aplicación sobre el software INVESTIGA

Autores: Ariel Podestá*, Sergio Viera+, Sabrina Lamperti*, Diego Caparra+,
Pedro Asis+, Ana Di'Iorio*

*Facultad de Ingeniería - UFASTA - (ufasta.edu.ar) {apodesta, slamperti, diana}
+Facultad de Ingeniería - UTN FRD - (frd.utn.edu.ar) {sviera, diego.caparra, pasis}

Resumen

El presente trabajo introduce los notables beneficios que el sistema judicial puede obtener del uso de las técnicas de Big Data vinculados al análisis forense de datos operando sobre la copiosa cantidad de información que la sociedad genera día tras día, a través de los distintos medios de comunicación y sistemas informáticos que utiliza. Se presenta un caso testigo desarrollado por dos Universidades Argentinas para el Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires.

1. Introducción

La Agencia Española de Protección de Datos Personales definió al Big Data como a “las gigantescas cantidades de datos digitalizados que son controlados por las empresas, autoridades públicas y otras grandes organizaciones que poseen la tecnología para realizar un análisis extenso de los mismos basado en el uso de algoritmos.” [1]

Big Data es un concepto que cobra fuerza progresivamente con el paso del tiempo. Se sustenta sobre dos pilares fundamentales. La información y la capacidad de cómputo.

La información, como primer pilar, es un activo cuyo crecimiento aumenta en forma exponencial al transcurrir los años. Nuevos sistemas de comunicación, diferentes formas de capturar momentos, recursos de entretenimiento, redes sociales de distintas finalidades y sistemas administrativos al servicio de la sociedad son algunos de los ejemplos de recursos que se van integrando al mundo tecnológico, que todo ciudadano tarde o temprano comienza a utilizar con cotidianeidad.

Esta creciente tendencia al uso de las tecnologías de información digital genera este incremento masivo de información, que debe ser almacenada en algún medio y que puede ser aprovechada para realizar análisis de una infinidad de índoles. Es por ello que el protagonismo de

Big Data va cobrando relevancia a medida que evoluciona la sociedad junto a la tecnología, dándole el soporte para operar sobre esta significativa cantidad de datos.

La capacidad de cómputo, como segundo pilar del Big Data, es una característica de la tecnología actual, que según la “Ley de Moore” [2] se duplica cada 18 meses. Este aumento, también exponencial, genera el escenario correcto para poder procesar tanta cantidad de datos generados por el ser humano [3]. Sin este poder de cálculo sería inviable el análisis tanta información.

Así, es como hoy en día el análisis de Big Data tiene todo el sustento necesario para tener lugar y ofrecer toda su potencia.

1.1. Fuentes de Información

El origen de los datos corresponde a una incontable cantidad de recursos. Técnicamente cualquier medio de almacenamiento, sistema o red de comunicaciones puede proveer datos útiles para un análisis de tipo Big Data. Todo recurso es válido. Toda red social (Facebook, Twitter, Instagram, etc.), sistema de gestión, medio de comunicación (telefonía fija, celular, de radio, SMS, WhatsApp, etc.) y datos integrados en cualquier archivo son algunos de los ejemplos de recursos de datos viables para integrar a un sistema de análisis de Big Data. Con lo cual, ningún registro de información queda exento.

1.2. Síntesis de Beneficios

Big Data ofrece infinidad de beneficios que no siempre son comúnmente conocidos. Este tipo de análisis puede dar el sustento para una correcta toma de decisiones a futuro; puede servir para reconstruir sucesos (aplicable a la justicia) y encontrar posibles causas de los mismos; o incluso puede brindar una visión muy precisa del comportamiento de individuos, sociedades u otras entidades. Es la percepción directa de lo que ocurre con el mayor nivel de síntesis y precisión que se puede tener, si los datos son compilados adecuadamente.

Por otra parte, las tecnologías de Big Data ofrecen la posibilidad de procesar cantidades de información inmanejables por otros sistemas para reducirlas a un volumen representativo que sí pueda ser tratado por los mismos. Este es el caso de Big Data – INVESTIGA, el sistema que se presenta en este trabajo.

2. Problemática – Big Data en la Justicia

El uso de Big Data representa un desafío cada vez mayor para quienes buscan incorporarla a sus mecanismos de tratamientos de datos personales. En este sentido, quienes tienen el rol de investigación de los delitos, se enfrentan no sólo a los hechos, rastros, y redes criminales, sino también al crecimiento exponencial de las fuentes de información.

Es innegable que la posibilidad de unir distintas informaciones provenientes de fuentes de datos abiertas, tales como publicaciones en redes sociales, imágenes digitales, vídeos y fotos, registros de transacciones comerciales y bancarias, señales GPS de los móviles, registros de servidores web, imágenes de satélites, contenido de las páginas web, constituyen un potencial enorme que puede coadyuvar a los investigadores judiciales.

Desde esta perspectiva, se busca que los operadores judiciales o de organismos de investigación, optimicen el tratamiento de grandes volúmenes de datos reduciendo el tiempo para descubrir puntos de interés que contribuyan a una oportuna toma de decisiones. Dentro de esta información, proveniente de fuentes heterogéneas, se espera que los operadores judiciales sean capaces de detectar los patrones delictivos, reconstruyan secuencias temporales, descubran a los partícipes de hechos y determinen sus roles.

2.1. Necesidades puntuales

En el marco de las investigaciones judiciales y el tratamiento de datos, se hacen evidentes ciertas necesidades que pueden ser cubiertas por procesos informáticos automatizados.

- **Almacén único de datos:** Durante toda investigación, el operador judicial recopila información cuyo volumen puede ser significativo. La posibilidad de cargarla masivamente con celeridad, en un único lugar, en forma organizada y disponible para ser rápidamente analizada es sin duda una clara necesidad.

- **Integración de información en diferentes formatos:** Ciertamente la información puede provenir de distintos orígenes en formatos disímiles. El ejemplo más emblemático son los registros de llamadas provistos por las distintas operadoras de telefonía. La ausencia de estándares y protocolos para la entrega de la información hace que el formato de estos archivos sea heterogéneo.

- **Normalización de datos:** La expresión de ciertos tipos de datos puede no ser siempre la misma. Por ejemplo, el número telefónico podría o no contener el código de área. La forma de expresar estos datos depende de quién los entregue. Ergo, es responsabilidad de quien los procesa el interpretar correctamente la información a fin de generar efectivamente las interrelaciones existentes.

- **Trazabilidad completa:** En toda investigación es fundamental poder determinar el origen exacto de cada dato procesado. Se debe poder conocer de dónde proviene la información que se observa en cualquier momento. El objetivo es garantizar que todo dato analizado provenga de un recurso oficial.

- **Confidencialidad de los datos:** En el ámbito de la justicia es menester mantener una estricta discreción con los datos manipulados. En toda investigación es posible que se sospeche de la conducta de determinados individuos hasta que se determina su participación en el caso o no. Pero el hecho de que estén siendo investigados no significa que hayan cometido un delito. Sin embargo la percepción desde la sociedad habitualmente es que seguramente algo tienen que ver, perjudicándolos en su vida cotidiana. Esta condena social a destiempo y posiblemente injustificada es lo que se debe evitar, manteniendo en secreto los datos de la investigación.

- **Interrelación de datos:** Una de las tareas de todo investigador judicial es descubrir vínculos entre las entidades involucradas en un caso (por ejemplo personas en contacto con redes delictivas). Con toda la información surgida de una investigación es posible realizar cruzamientos de datos, cuyo fruto podría resultar en el descubrimiento de relaciones inesperadas o difícilmente visibles si los datos se procesaran manualmente.

3. Solución propuesta - Caso de Aplicación INVESTIGA + Big Data

El proyecto Big Data – INVESTIGA, utilizando tecnologías orientadas al Big Data (como lo es “Apache Solr” [4]) da el soporte técnico necesario al proyecto INVESTIGA (que se tratará a continuación) para satisfacer estas necesidades.

3.1. Proyecto base: INVESTIGA

INVESTIGA es un software de soporte a las investigaciones judiciales desarrollado por el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática Forense (InFo-Lab) [5]. Su principal utilidad es brindar una visión gráfica de interrelaciones que pueden existir entre datos provenientes de diferentes fuentes de información. Su propósito fundamental es proveer al investigador judicial una percepción clara del caso y la interacción entre las entidades involucradas.

En la Figura 1 se presenta una captura del sistema donde se observa la representación gráfica de un entrecruzamiento de datos.

permite descartar masivamente datos que pueden no ser relevantes para la investigación.

Por ejemplo, algunos de los casos típicos investigados

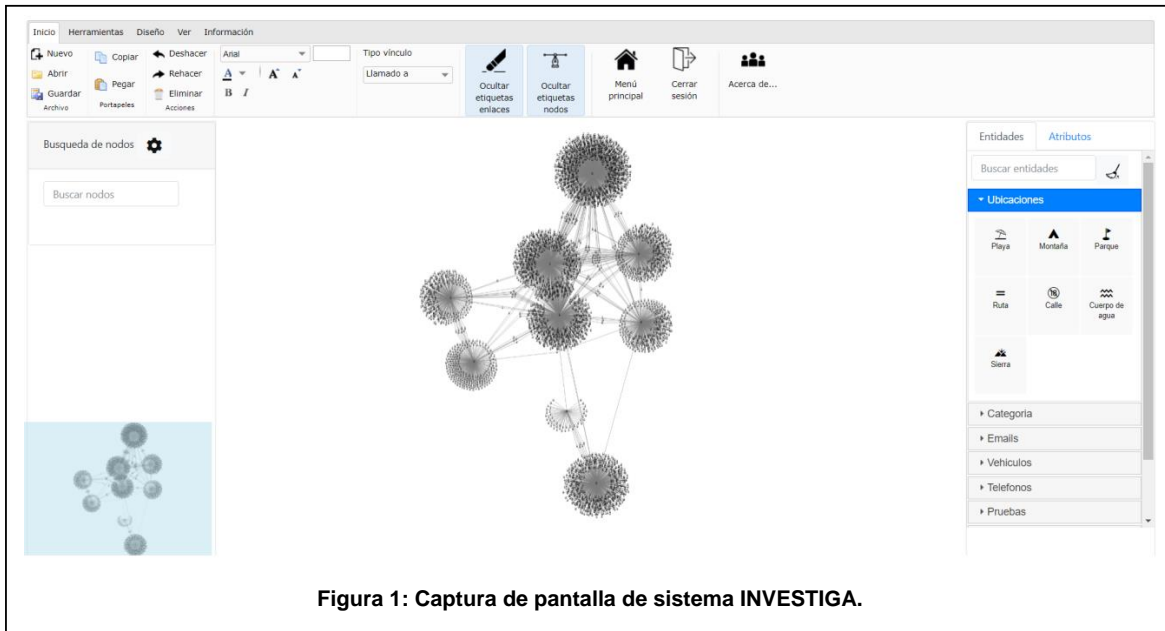


Figura 1: Captura de pantalla de sistema INVESTIGA.

Cada investigación es un escenario diferente para INVESTIGA. Los datos recopilados difieren, así como también las modalidades de investigación y el uso que se le da. Esto se vio reflejado, al momento de realizar las primeras pruebas piloto, donde surgieron necesidades específicas que requerían aplicar una solución tecnológica apropiada al procesamiento de grandes datos.

Toda plataforma de análisis e interrelación de datos, como lo es INVESTIGA, naturalmente tendrá un límite en la cantidad de entidades que puede procesar en un determinado momento. Sin importar la evolución en la potencia de procesamiento, siempre existirá un umbral tras el cual el sistema deja de responder en el tiempo esperado. Como INVESTIGA no es la excepción, para trabajar con un número ilimitado de datos, se requirió de otra solución que le dé el soporte necesario: Big Data – INVESTIGA.

3.2. Proyecto Big Data – INVESTIGA

El proyecto Big Data - INVESTIGA aborda esta problemática mencionada creando un módulo de pre-procesamiento de la información a graficar, que permite filtrarla y resumirla según el criterio del usuario. De este modo, el usuario puede desentenderse de la limitante del tamaño de los datos recolectados.

Las herramientas que permiten hacer esta reducción en el volumen de información son los “filtros” que Big Data – INVESTIGA ofrece. La aplicación de estos filtros

son los que comúnmente se llaman “piratas del asfalto”, dada la modalidad en que asaltan vehículos de transporte en viaje. En estos casos habitualmente se analizan las llamadas que ocurren en las cercanías de determinadas antenas de telefonía celular. Los listados de comunicaciones suelen ser de magnitudes considerables, dificultando así su tratamiento. Por ejemplo, un gráfico representativo de uno de ellos podría ser el presentado en la Figura 2.

Este tipo de gráficos, no solo es un problema para el usuario, dado el exceso de información contenida, sino que también lo es para el sistema. El operar con tal cantidad de entidades en un gráfico demanda un poder de procesamiento enorme que afecta notablemente el rendimiento de la interfaz de usuario, lo que reduce en utilidad final del sistema percibida por el usuario final.

Para este caso filtrar la información irrelevante suele ser la alternativa indicada. Un filtro útil podría ser: “filtrar aquellos números telefónicos cuyo código de área no corresponda a Mar del Plata”. De ese modo, solo serán contempladas las llamadas que involucren a números telefónicos con código de área “0223”. En la Figura 3 se presenta el gráfico con dicho filtro aplicado.

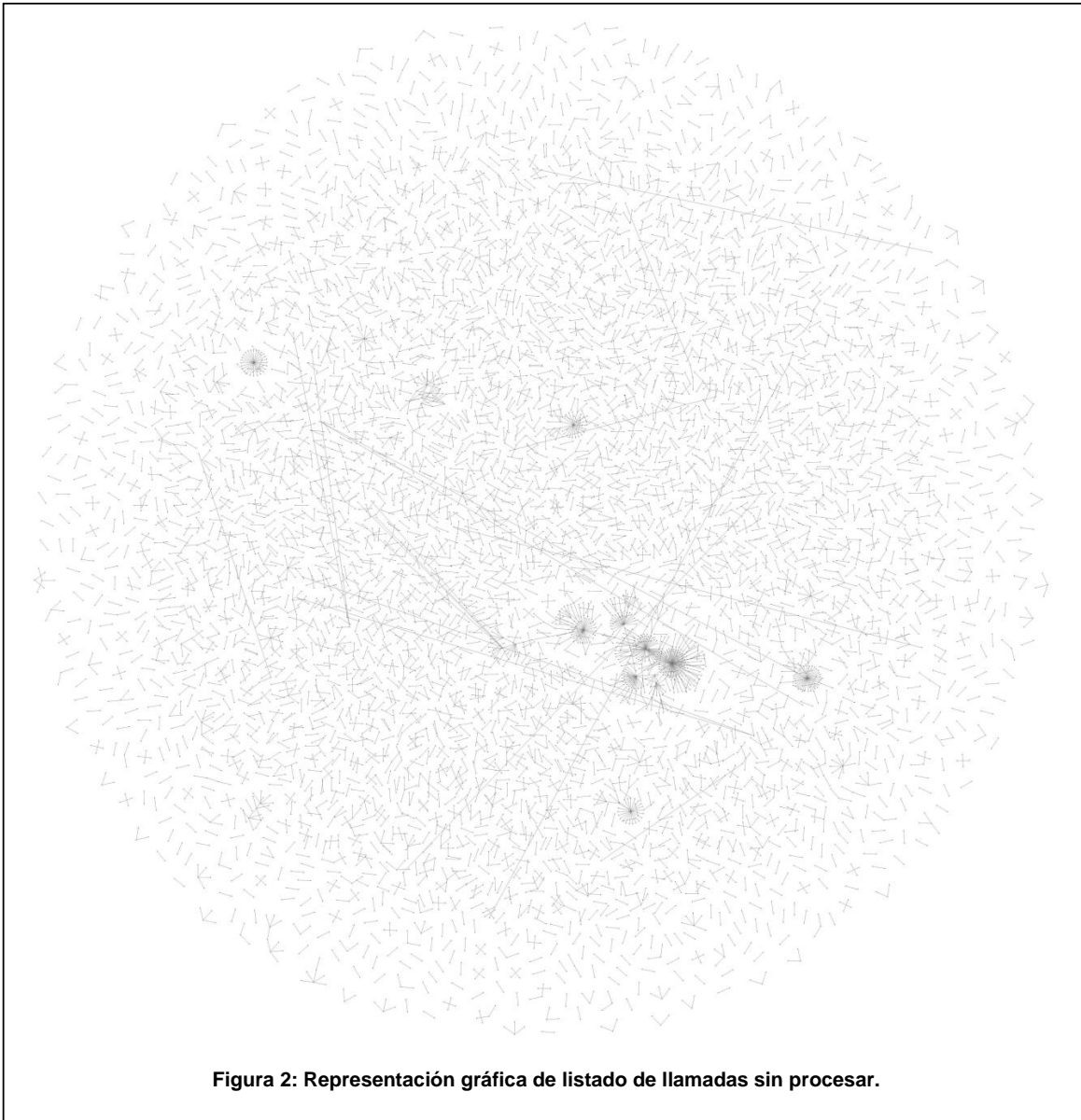


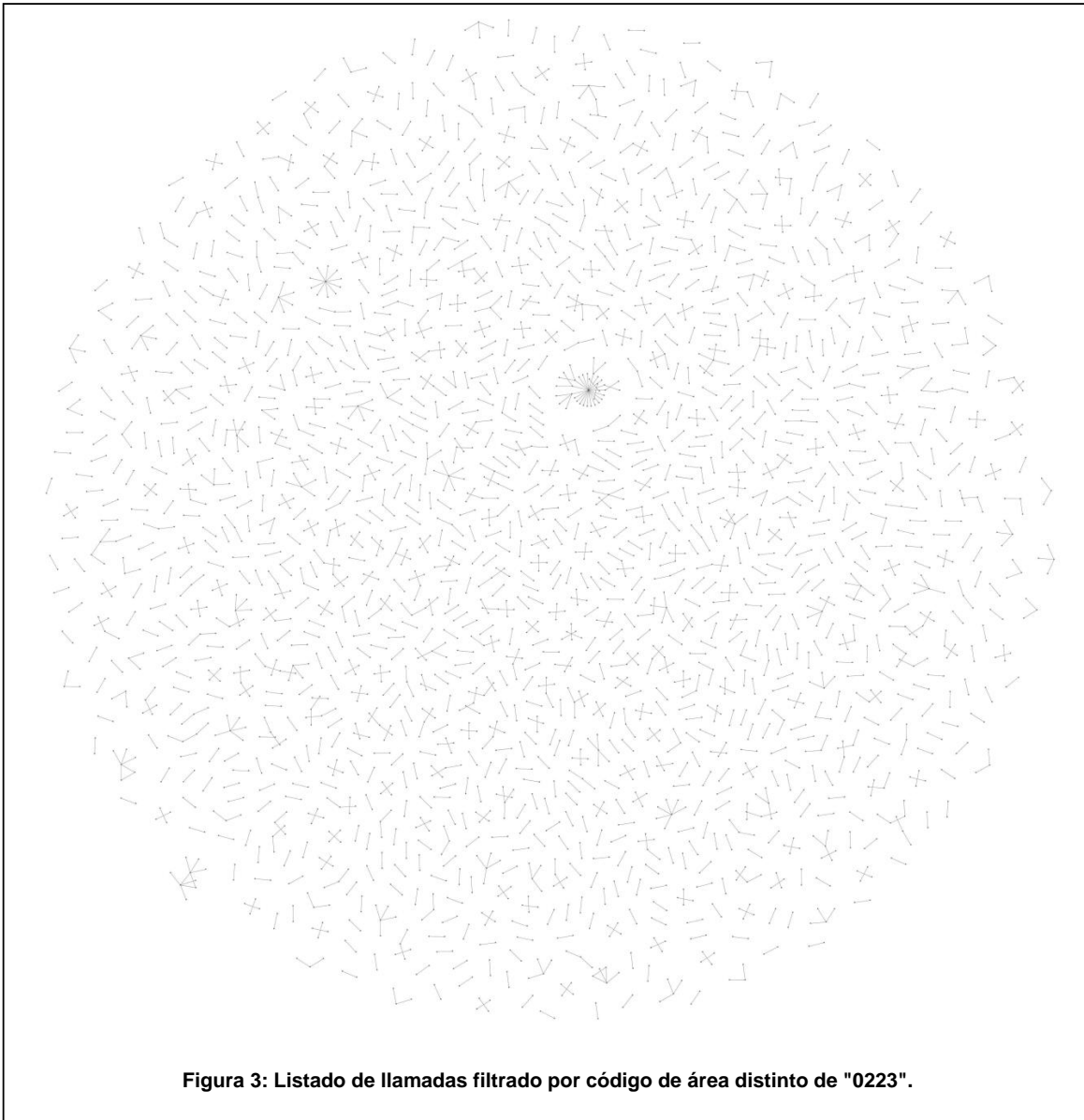
Figura 2: Representación gráfica de listado de llamadas sin procesar.

Si bien es un filtro simple, el verdadero potencial radica en la concatenación de múltiples filtros, en base a criterios o indicios apropiados de la investigación. Entonces, bien podría utilizarse el filtro anterior, en combinación con “filtrar toda llamada producida fuera del horario de 6:00 AM y 8:00 AM”. Con lo cual, para el ejemplo solo se tratarían llamadas de teléfonos celulares no pertenecientes a Mar del Plata producidas entre las 6:00 AM y las 8:00 AM cualquier día dentro del registro obtenido. En la Figura 4 se observa el resultado obtenido.

Luego de la aplicación de esta concatenación de filtros se percibe una visión más limpia de la información, evidenciándose ciertos grupos con actividad elevada en el periodo en cuestión. Este grupo se observa ubicado en el centro de la Figura 4.

Este tipo de concatenación de filtros puede realizarse en forma indefinida, aislando cada vez más los datos significativos para la causa.

Esta es la diferencia fundamental entre contar con un módulo de procesamiento de grandes cantidades de datos y no: es el poder operar con la información recolectada o



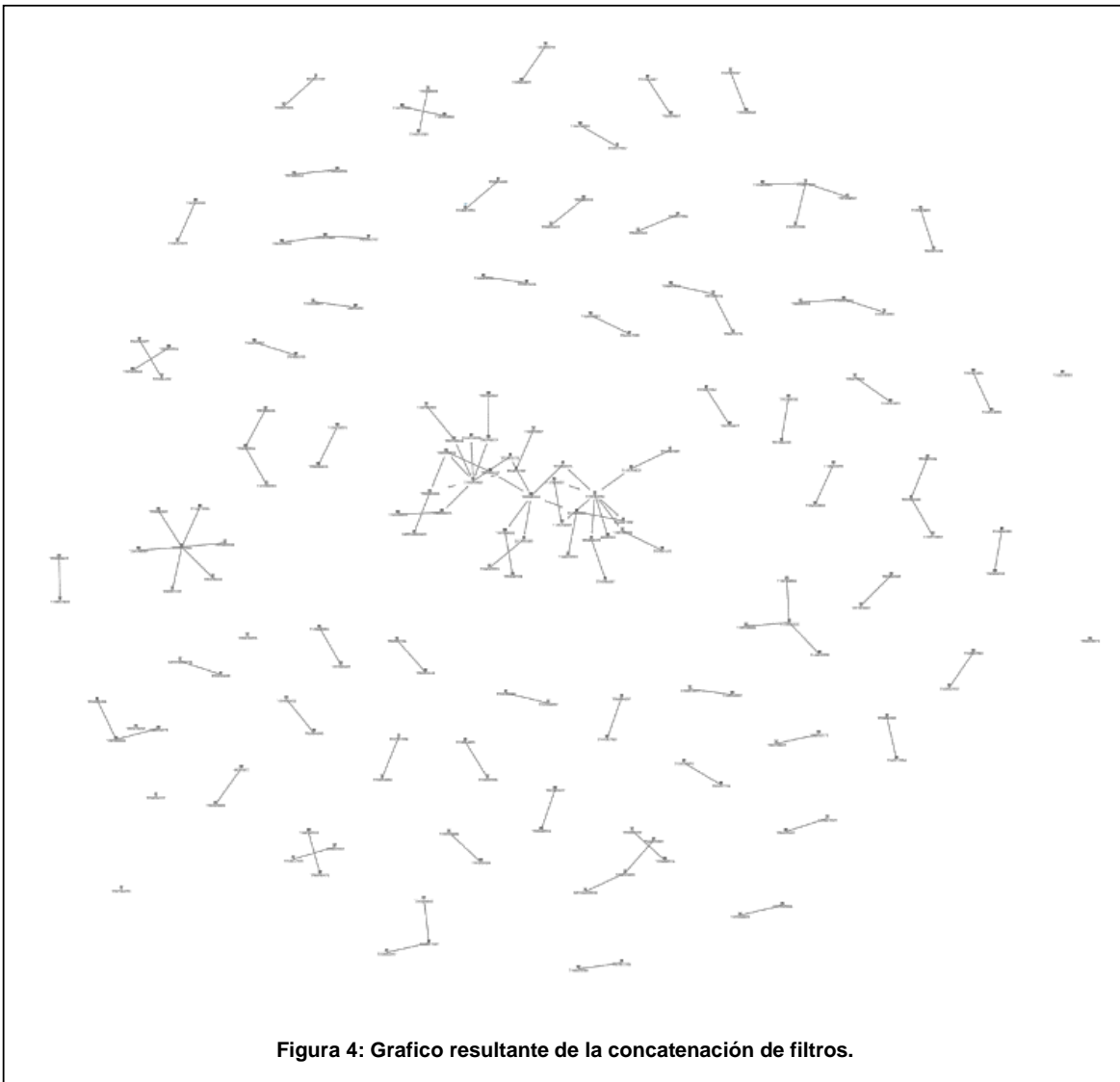
no hacerlo. En el ejemplo el tamaño de los datos no es tan extenso, a fin de presentar el caso con claridad, pero bien podría haberse aplicado la misma mecánica con lotes de información decenas o cientos de veces más grande que el presentado, y aun así poder ser procesados.

4. Resultados de las Pruebas

Big Data – INVESTIGA no solo aporta la posibilidad de filtrar información, sino que permite abordar las

necesidades mencionadas en el punto “2.2 Necesidades puntuales” y brindar los siguientes beneficios:

- **Enriquecimiento progresivo del conocimiento:** A medida que diversos casos van siendo tratados con un sistema de este tipo, la información acumulada aumenta. Esta información, puede tener correlación con nuevos casos que se aborden. La diferencia entre comenzar el estudio de un caso sin información previa y hacerlo con un conjunto de casos predecesores vinculados, puede ser



determinante. El pre-conocimiento de conductas ya demostradas en individuos involucrados puede realmente agilizar la investigación actual.

- **Reportes estadísticos:** Pudiendo obtener reportes estadísticos sobre toda la información almacenada, en tiempos insignificantes para el proceso de investigación, podría poner en evidencia ciertos patrones aún no avistados. Por ejemplo: “obtener números telefónicos que han recibido más de 100 llamadas por día”. Un dato que solo podría surgir por el entrecruzamiento de información de diferentes casos, podría ser de suma utilidad para nuevas investigaciones o aquellas en curso.

- **Trazabilidad de la información:** Los sistemas de Big Data ponen especial atención al origen y consistencia

de la información visualizada. De todo dato deben conocerse sus etapas de procesamiento transitadas. Esto garantiza la legitimidad de la información analizada. En el ámbito de la justicia esta capacidad una necesidad básica debido a la sensibilidad los datos y las posibles consecuencias de contemplar información errónea en una investigación judicial.

- **Velocidad de reacción:** Cuando grandes cantidades de datos deben ser analizadas, los tiempos de investigación pueden extenderse a un punto inaceptable, volviendo impracticable su procesamiento. Un sistema que responda siempre en tiempo y forma, sin importar la magnitud de la



Figura 5: Análisis gráfico de frecuencia de aparición, filtrado a criterio del usuario.

información ingresada puede brindar la celeridad que la justicia necesita para evitar nuevos delitos.

- **Análisis gráfico masivo:** Uno de los beneficios más notables de este tipo de sistemas es la representación gráfica de los datos, en diferentes formas de visualización. Según la herramienta utilizada dichos gráficos podrían permitir el filtrado de datos en forma dinámica. Este es el caso de Big Data – INVESTIGA.

Esta percepción directa del comportamiento de la información es una ventaja significativa para los tiempos de investigación que sintetiza aspectos relevantes del caso abstrayendo al usuario del excesivo detalle innecesario al momento de hacer un análisis macro.

En esta ocasión se presentan dos herramientas que Big Data – INVESTIGA contempla.

- En la figura 5 se observa el componente de “Análisis gráfico de frecuencia”. Allí el usuario puede observar la frecuencia de aparición de datos, filtrados por un rango de fechas y tipo de actividad (mensajes y llamadas para este caso).
- En la figura 6 se muestra la herramienta de “Tag Clouds” que expone los datos más protagónicos dimensionando su texto según su frecuencia de aparición.

Estas herramientas indudablemente son un recurso útil para los investigadores.

5. Posibilidades a futuro

- **Filtros semánticos.** El análisis de la información a través de los medios convencionales implica conocimiento detallado de los datos para poder aplicar filtros matemáticos, obteniendo de esta manera un subconjunto de datos, a los cuales se aplica un nuevo nivel de filtrado previo análisis. Esta metodología, si bien es efectiva, puede generar una complejidad muy elevada desde el punto de vista del usuario. Los filtros semánticos, transforman la lógica matemática en expresiones claras

para los usuarios, disminuyendo la abstracción matemática que implican los filtros convencionales.

- **Integración con más sistemas.** Las tecnologías utilizadas permiten separar de manera coherente el análisis referido al manejo de gran cantidad de datos (Big Data) del análisis y uso posterior de los resultados obtenidos. De esta manera se puede pensar en el proceso de Big Data como un sistema independiente, pero con la facilidad de integrarlo a otros sistemas, ya que la esencia de Big Data es obtener una muestra representativa de una gran cantidad de datos para ayudar al usuario a tomar una decisión acertada.

- **Incorporación de ontologías:** Se puede extender y mejorar la búsqueda semántica si incorporamos ontologías para limitar la complejidad y para organizar la información. La ontología puede entonces ser aplicada para resolver problemas. Incorporando una descripción (como una especificación formal de un programa) de los conceptos y relaciones que pueden formalmente existir para realizar búsquedas dentro del dominio de los datos investigados, que a la vez permita persistir y utilizar la información de búsquedas ya realizadas. Esta definición es consistente con el uso de ontología como un conjunto de definiciones conceptuales, pero más generales.

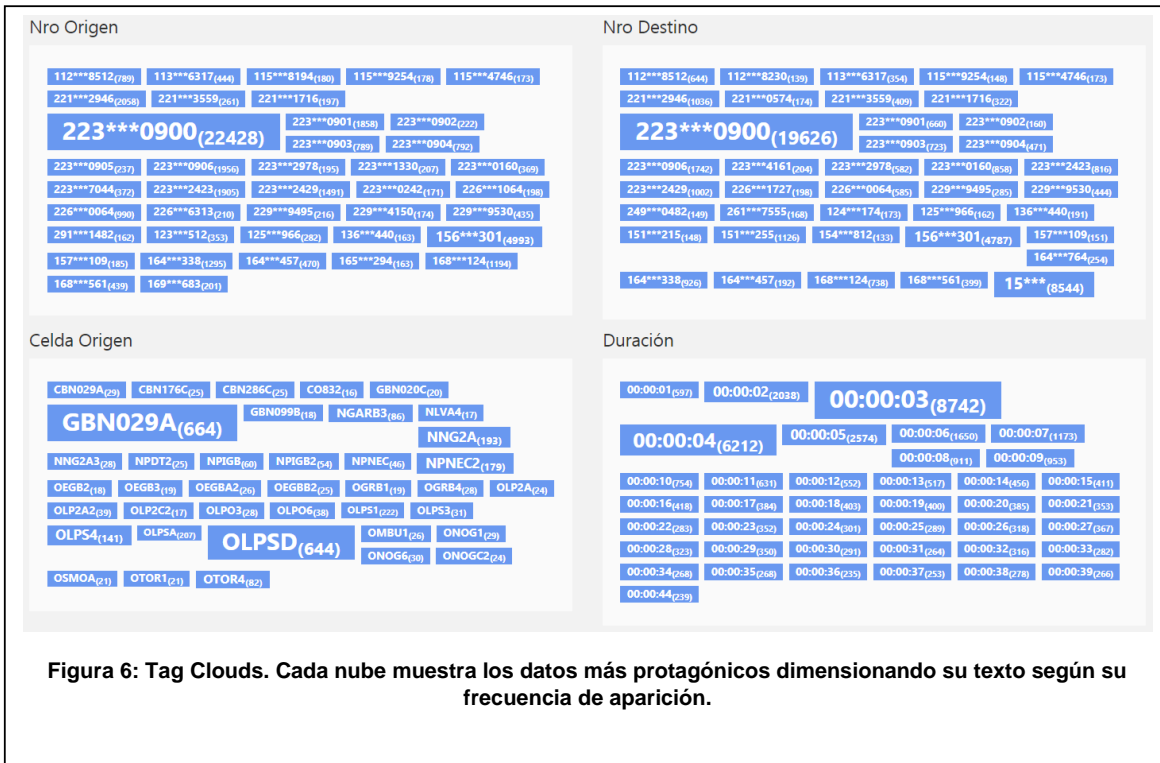


Figura 6: Tag Clouds. Cada nube muestra los datos más protagónicos dimensionando su texto según su frecuencia de aparición.

6. Conclusiones

El uso del Big Data en las investigaciones judiciales crece en importancia cada día en forma ininterrumpida. Es necesario seguir incorporando nuevas técnicas y herramientas que saquen provecho de toda la información recabada en las diversas fuentes de datos accesibles por la justicia, atendiendo por supuesto a las consideraciones propias y pertinentes en cuanto a protección de datos y fines de dicha investigación. Big Data bien aplicado, puede ser desequilibrante en términos de agilidad de la justicia. Big Data - INVESTIGA es un sistema informático desarrollado según las necesidades de los investigadores judiciales de la provincia de Buenos Aires, y próximo a implantarse como prueba piloto.

Big Data es una temática relativamente moderna. Debido a esto existe una demanda de tecnología aún insatisfecha para dar soporte a necesidades puntuales. Por consiguiente es esencial desarrollar proyectos que se ajusten a estos requerimientos específicos. Big Data – INVESTIGA es un ejemplo emblemático de esto mismo.

7. Referencias

[1] Memoria AEPD 2014 - ISSN: 2254-691X – Link: https://www.prevent.es/Files/HtmlCustom/Documentos/Memoria_AEPD_2014.pdf (accedido 10/08/2018)

[2] Moore, Gordon E. "Cramming more components onto integrated circuits". 1965. Link: <https://drive.google.com/file/d/0By83v5TWkGivQkpBcXJKTI1TTA/view?usp=sharing> (accedido el 10/08/2018).

[3] John R. Mashey. "Big Data ... and the Next Wave of InfraStress". Presentación de charla invitada, Usenix. 1998. Link: http://static.usenix.org/event/usenix99/invited_talks/mashey.pdf (accedido 10/08/2018).

[4] Apache Solr. Link: <http://lucene.apache.org/solr/> (accedido 10/08/2018)

[5] Constanzo Bruno, Lamperti Sabrina, Lasia Sebastián, Podestá Ariel, Cistoldi Pablo, Haydée Di Iorio Ana. "El Análisis Automático de Datos, su Aporte a la Investigación Criminal". 2017. Link: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/12345678/9/1596/JAIIO%20SID%202017-2556-Investigaci%C3%B3n-CR.pdf?sequence=1> (accedido el 10/08/2018)

Modelo de ensamble de clasificadores homogéneos basado en la integración de técnica de reducción de instancias y atributos de manera simultánea.

Corso Cynthia, Calixto Maldonado, Luque Claudio, Casatti Martín, Martínez Gimena, Sarmiento Leandro

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS)
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional

Maestro Marcelo López esq. Cruz Roja Argentina – Ciudad Universitaria – Córdoba
{corso.cynthia, calixtomaldonado, cluque, mcasatti, gimemartinez05, lean.ls}@gmail.com

Abstract

El presente trabajo expone los resultados de aplicar una propuesta de modelo correspondiente a un conjunto de clasificadores homogéneos para la ejecución de tareas de clasificación supervisada, con la finalidad de obtener conocimiento de carácter predictivo con un nivel de precisión aceptable. La propuesta de este modelo surge como una adaptación del método Bagging, que es uno de los métodos de multclasificación clásicos, que en esta propuesta integra la aplicación de un método de reducción de datos simultáneo bajo un esquema de funcionamiento co-evolutivo. En la fase experimental se ha considerado como algoritmo base, una alternativa clásica para la clasificación como lo es J48. Para demostrar su rendimiento se utilizaron distintos conjuntos de datos comparando los resultados obtenidos con la versión original de Bagging y otros métodos de reducción de datos clásicos. Finalmente con el modelo propuesto se obtuvo un modelo de clasificación con un resultado superador, en términos de precisión, en comparación con los otros casos considerados.

1. Introduction

En la actualidad ha surgido un creciente interés en el establecimiento de nuevos enfoques que combinan hipótesis, con el propósito de mejorar los modelos de conocimiento de carácter predictivos. La combinación de hipótesis es la base de los métodos llamados multclasificadores o métodos de fusión o ensamble. En términos generales la idea de funcionamiento es la utilización de un conjunto de modelos diferentes para luego combinarlos considerando un determinado criterio (normalmente por votación), generando finalmente un nuevo modelo. La precisión obtenida por esta combinación, supera generalmente, la precisión de cada

componente individual del conjunto [1]. Existen varias razones que justifican el uso de sistemas basados en métodos de ensamble, entre ellas se pueden mencionar: a) las estadísticas: determinado principalmente por la capacidad de generalización a pesar de contar con rendimiento similar en el entrenamiento y la necesidad de una segunda opinión, b) grandes volúmenes de datos, c) muy escasos datos, d) principio de divide y vencerás, e) fusión de datos de diferentes fuentes.

La combinación de modelos se ha desarrollado principalmente para la creación de modelos predictivos, como la clasificación y la regresión. Este trabajo se focalizará en los procesos de clasificación supervisada. Realizar un proceso de clasificación supervisada implica disponer un conjunto de datos con clases o categorías claramente establecidas y a partir de este, mediante la aplicación de un algoritmo de aprendizaje, es posible la generación de un nuevo modelo clasificatorio válido que permita ser usado para predecir a que clase pertenece en casos futuros.

Los requerimientos para lograr un alto desempeño de clasificación y la estrategia de ensamble son: 1) cada clasificador individual debe tener un número suficiente de datos de entrenamiento, 2) los miembros del ensamble deben ser diversos o complementarios (deben mostrar diversas propiedades de clasificación), 3) una estrategia apropiada de ensamble es requerida en un conjunto de clasificadores complementarios para obtener un alto desempeño de clasificación.

Existen diferentes categorías de métodos de ensamble o de multclasificación, como los homogéneos e híbridos. En el primer caso la construcción de modelos se realiza mediante la consideración de una única evidencia de datos y utilizando un único algoritmo de aprendizaje.

Mientras que los híbridos permiten la construcción del modelo considerando diferentes métodos de aprendizaje. Este trabajo se focaliza en Bagging, un método de multclasificación homogéneo, y que ha sido considerado como punto partida para el diseño del modelo de ensamble propuesto en este trabajo.

Bagging (Bootstrap Aggregating) es una técnica de multclasificación que fue creada por Leo Breiman para la optimización de un modelo predictivo. Básicamente esta técnica consiste en la creación de diferentes modelos de aprendizaje usando muestras aleatorias con reemplazo y luego combinar o ensamblar los resultados obtenidos. En la Figura 1 se muestra el pseudocódigo sobre su mecánica de funcionamiento.

<p>Entrada: Base de Datos inicial (BD)</p> <p>Param: Conjunto de Clasificadores (D), Nro. Clasificadores (N)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Inicializar Param2. Para $n = 1 \dots N$3. Muestreo con reemplazo (B_n) de BD4. Construir un clasificador (D_n) usando B_n5. Añadir clasificador D_n al conjunto $D: D = D \cup D_n$6. Fin Para7. Para cada D_n8. Predicción de la clase usando D_n9. Predicción de clase por voto mayoritario10. Fin Para <p>Salida: Retornar la clase a predecir</p>
--

Figura1. Pseudocódigo algoritmo Bagging

Si bien el uso de métodos multclasificadores ha sido utilizado por diversos autores como una alternativa apropiada para mejorar la precisión de modelos de conocimiento en el ámbito de la clasificación; es posible pensar en optimizar dichos resultados mediante la integración de otras estrategias como las que incluyen los métodos de reducción de datos.

Estas técnicas incluyen estrategias que permiten decidir qué datos y/o atributos deben ser considerados para mejorar el proceso de aprendizaje automático. El objetivo de estas en el ámbito de las técnicas de clasificación, es llevar a cabo una selección del conjunto más apropiado de los atributos sobre la base de datos inicial, y eliminar por tanto aquellos que son redundantes o irrelevantes, con el fin de disminuir la tasa de error en la clasificación final [2]

Existen técnicas de reducción de datos que son sumamente útiles, para el caso de algunos métodos de

minería de datos que al presentar cambios estructurales en el conjunto de datos (base de datos) generan resultados muy diferentes. A esta propiedad para un determinado método de aprendizaje se la denomina inestabilidad o debilidad, y al método se lo llama aprendiz débil (weak learner).

De lo expresado anteriormente las técnicas de reducción de datos, pueden resultar ser sumamente útiles cuando se trabaja con clasificadores inestables o débiles. Los métodos de reducción de datos se encuentran clasificados en diferentes categorías [3]. Una de ellas se denomina Selección de Instancias o IS (del inglés, instance selection) el propósito fundamental es concretar una selección apropiada de las instancias del conjunto de datos original, con el objetivo de minimizar el error de clasificación [4]. Mientras que la Selección de Atributos o FS (del inglés, feature selection) es la técnica más común de reducción de dimensionalidad. Se entiende por alta dimensionalidad una alta proporción del número de atributos sobre el número de instancias. Este proceso de selección se efectúa eliminando características irrelevantes y redundantes, proporcionando una mejor representación de la información original reduciendo significativamente el costo computacional y contribuyendo una mejor generalización del algoritmo de aprendizaje.

Aunque estos procesos de reducción de datos se definen por separado, es posible aplicarlos de manera simultánea. Un enfoque que permite implementar los procesos de manera simultánea es la Selección de Instancias y Atributos de manera simultánea o IFS (del inglés, instance feature selection). Este surge al no existir la definición de ningún criterio o regla, que permita decidir cuál categoría de método de reducción de datos implementar antes que otro.

Incorporar un proceso de reducción de datos como parte de la estrategia enfocada a la resolución de problemas en el ámbito de la clasificación podría eliminar las características que puedan inducir a error (características ruidosas), las características que no aporten mayor información (características irrelevantes) o aquellas que incluyen la misma información que otras (características redundantes) [5].

1.1.Estado del arte

Diversas han sido las técnicas que abordan los métodos de selección de instancias y atributos de manera simultánea desde diferentes enfoques. Uno de los más innovadores considera el uso de algoritmos genéticos, que han sido implementados para el tratamiento de diferentes situaciones problemáticas con resultados

exitosos. En [6] y [7] los autores presentaron un algoritmo genético para la realización de IFS, considerando su evaluación sobre un clasificador INN. Mientras que en [8] los autores presentaron el algoritmo IGA, que es un algoritmo genético inteligente que incorpora un operador de cruce ortogonal. Otros autores en [9] definen un algoritmo genético híbrido (HGA) que reúne una serie de técnicas de búsqueda local y el propio algoritmo genético.

Uno de los trabajos más recientes presenta un modelo basado en algoritmos de co-evolución cooperativa que permite obtener tasas de error significativamente mejores que sus predecesores, al que denominaron IFS-CoCo [10]. IFS-CoCo consiste en una técnica wrapper que maneja tres tipos de poblaciones: una para la IF, otra para la FS y una última para la IFS. Cada una de las poblaciones evoluciona a partir de un algoritmo CHC, el objetivo es maximizar la tasa de acierto del multclasificador definido a partir de la combinación de las tres poblaciones y maximizar el porcentaje de reducción de instancias y atributos.

CHC es un algoritmo genético con una representación binaria [11]. Es por esto que este algoritmo se ha convertido en una especie de algoritmo evolutivo, que ofrece resultados prometedores en diversos problemas de búsqueda. El algoritmo IFS-CoCo considera CHC, ya que ha sido ampliamente estudiado y en estudios previos [12] ha sido implementado de manera exitosa en la reducción de dimensionalidad de los datos de un problema.

Este trabajo define una adaptación de un modelo de multclasificación clásico como Bagging, basado en la integración de un enfoque de co-evolución cooperativa (IFS-CoCo), para el abordaje de problemas de clasificación supervisada. Este enfoque de co-evolución cooperativa se aplica en el proceso de selección de características e instancias que se implementan de manera simultánea en la base de datos inicial, con el propósito de obtener una configuración del conjunto de datos adecuada para efectuar el proceso de clasificación.

A continuación se explica de manera más detallada el funcionamiento del algoritmo IFS-CoCo. Este algoritmo parte de un conjunto de datos con "N" instancias y "M" atributos. Cada cromosoma consiste en un número de genes, que es el representante de una característica o una instancia. Como se mencionó anteriormente IFS-CoCo considera tres poblaciones, cada una de ellas comparten la misma definición básica de cromosoma.

Al considerar una representación binaria cada gen tiene dos estados posibles: 1 si la característica/instancia está incluida en el conjunto de datos representado por el cromosoma, 0 si no. La representación y tamaño del cromosoma depende de la población a la que pertenece:

- Población IS: cada gen representa una instancia (cromosoma de tamaño N).
- Población FS: cada gen representa una característica (cromosoma de tamaño M).
- Población IFS: los primeros N genes del cromosoma representan instancias, los genes restantes representan características (cromosoma de tamaño N x M).

Al usar este esquema de representación, todos los cromosomas podrán definir un subconjunto del conjunto de datos original cuyo foco es la reducción de datos (características e instancias). En lo que respecta a la tarea de clasificación, cada cromosoma representa un subconjunto reducido del conjunto de entrenamiento, al que se aplica el clasificador J48. Este último será considerado como el algoritmo base para ser fusionado por el método multclasificador Bagging.

Cada una de las poblaciones evoluciona a partir de un algoritmo CHC, donde el objetivo es maximizar la tasa de acierto del multclasificador definido a partir de la combinación de las tres poblaciones y maximizar el porcentaje de reducción de instancias y atributos. La Figura 2 visualiza el pseudocódigo del algoritmo CHC, que refleja su mecánica de funcionamiento.

Entrada: población

1. Inicializar(población)
2. $d = L/4$
3. Evaluación(población)
4. **Mientras** condición no se cumpla **hacer**
5. candidatos = SeleccionPadres(población)
6. descendientes = CruzarPadres(candidatos)
7. Evaluacion(descendientes)
8. NuevaPoblacion(población, descendientes)
9. **Si** Poblacion no cambió **entonces**
10. $d = d - 1$
11. **Fin Si**
12. **Si** $d < 0$ **entonces**
13. Reiniciar(población)
14. Inicializar(d)
15. **Fin Si**
16. **Fin**

Salida: Mejor(población)

Figura 2. Estructura Básica del algoritmo CHC

El funcionamiento del algoritmo considerado en nuestra propuesta y propuesto por los autores Derrac, García y Herrera se refleja en la Figura 3.

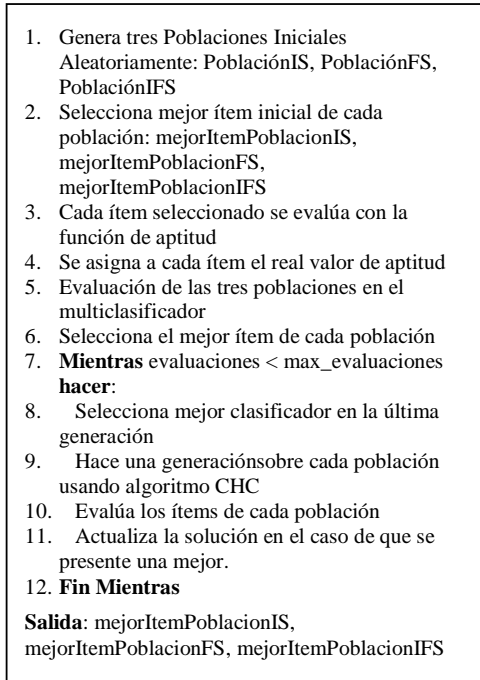


Figura 3. Algoritmo IFS-CoCo.

2. Metodología

Para la etapa de implementación de esta solución se adoptó la metodología Top-Down, lo que facilitó fundamentalmente la modularización del programa, el seguimiento y la detección de errores. La elección de esta metodología se fundamenta en el diseño del modelo de ensamble propuesto, ya que se hizo hincapié en la construcción desde una perspectiva general hasta llegar a un nivel de refinamiento que permitió enfocarse en los componentes individuales del modelo de ensamble diseñado.

El lenguaje de desarrollo seleccionado fue R (versión 3.5), ya que el mismo además de ser muy utilizado en el campo de la minería de datos y el aprendizaje automático, el framework ofrece una diversidad de librerías para el tratamiento de algoritmos de multclasificación y recursos para la implementación de estrategias basadas en un esquema evolutivo.

Algunas de las etapas que se cumplimentaron con esta metodología se resumen en la Figura 4.

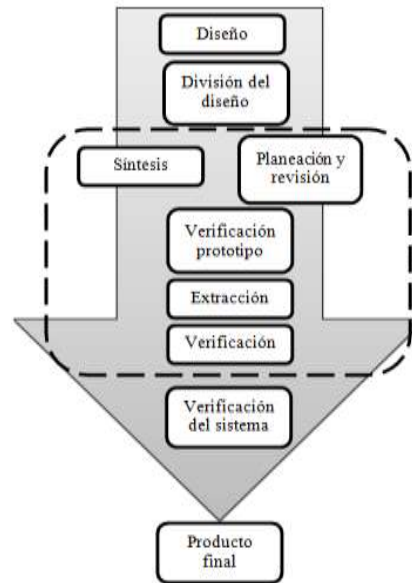


Figura 4. Etapas ejecutadas de la Metodología Top-Down

En la Figura 5 se presenta el pseudocódigo del modelo de ensamble propuesto en este trabajo denominado *Bagging IFS-CoEvolution*:

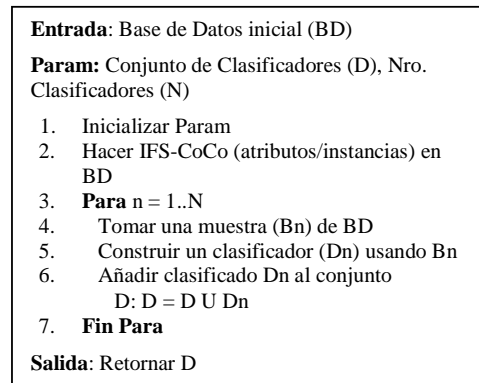


Figura 5. Algoritmo Bagging IFS-CoEvolution

2.1. Fase Experimental

Al completar la etapa de implementación, para demostrar el rendimiento del modelo multclasificador propuesto se concretó una fase experimental del trabajo.

El diseño previsto consistió en la comparación de la propuesta del modelo multclasificador diseñado con algunos algoritmos clásicos de reducción de datos. En esta etapa se consideró la ejecución de los experimentos con diez conjuntos de datos utilizados en problemas de clasificación, los cuales fueron extraídos del repositorio UCI Machine Learning Database Repository [13]. En la Tabla 1 se expone las características principales de los conjuntos de datos considerados en los experimentos.

Tabla 1. Características de los conjuntos de datos utilizados.

Data Set	Instancias	Atributos	Clases
Balance	625	4	3
Car	1728	6	4
Dermat	366	34	6
German	1000	20	2
Iris	150	4	3
Pima	768	8	2
Sonar	208	60	2
Vehicle	846	18	4
Wisconsin	699	9	2
Texture	5500	40	11

Cumplimentada la etapa de experimental, se comparó los resultados de los modelos resultantes desde dos enfoques: el rendimiento obtenido a partir de la tasa de acierto de clasificación y la medida Kappa y la eficiencia en el tiempo que insumió la ejecución. Para esto se consideraron las siguientes métricas:

- Tasa de acierto (TA): se trata de la medida que más se ha utilizado para evaluar un clasificador. Se define como el porcentaje de instancias predichas correctamente sobre las reservadas para testear. Es decir, indica cuan libre de error están las predicciones hechas por un determinado algoritmo.
- Kappa (Cohen's kappa): medida alternativa a la tasa de acierto, con el fin de compensar los aciertos aleatorios, para problemas con más de dos clases. Se puede calcular a partir de la matriz de confusión obtenida tras el proceso de clasificación.
- Tiempo: expresado en segundos para todas las ejecuciones.

Cada uno de los conjuntos de datos considerados fueron particionados utilizando el mecanismo de validación cruzada de diez particiones. El modelo propuesto, será comparado usando Bagging con diferentes algoritmos de reducción de datos considerando como clasificador base J48.

3. Resultados

En la Tabla 2 se resume las salidas de los experimentos realizados sobre los conjuntos de datos seleccionados que representan el valor promedio resultante respecto a las métricas consideradas. A continuación se detallan las estrategias de multclasificación que se han considerado para los experimentos.

- Configuración 1: Bagging + DROP3
- Configuración 2: Bagging + IFC
- Configuración 3: Bagging + Relief

Las mismas se utilizaron para ser comparadas con los resultados que arrojó la propuesta diseñada en este trabajo.

Tabla 2. Promedio de resultados a nivel de tasa de acierto, Kappa y tiempo de ejecución aplicando otras opciones de multclasificación

Métrica	Config 1	Config 2	Config 3
TA	61.25	67.32	70.21
Kappa	0.42	0.58	0.65
Tiempo	0.60	1.29	0.85

Mientras que en la Tabla 3 se resume las salidas de los experimentos realizados sobre los conjuntos de datos seleccionados que representan el valor promedio obtenido respecto a las métricas consideradas aplicando *Bagging IFS-CoEvolution* (Bagging Instance Future Selection Co-Evolución), que representa la propuesta de modelo de ensamble diseñado.

Tabla3. Promedio de resultados a nivel de tasa de acierto, Kappa y tiempo de Ejecución aplicando Bagging IFS-CoEvolution.

Métrica	Bagging IFS-CoEvolution
TA	74.20
Kapa	0.61
Tiempo	1.15

Del análisis de la Tabla 2 se puede concluir que las configuraciones de multclasificación considerando Bagging mas la integración de métodos de reducción de datos clásicos en promedio ha arrojado un resultado aceptable poniendo central interés en la métrica tasa de acierto resultante del proceso de clasificación ejecutada.

De los resultados reflejados en la Tabla 3 se puede inferir que la propuesta del modelo de multclasificación

presentado en este trabajo supera en promedio la tasa de acierto respecto a las tres configuraciones consideradas. Mientras que para la demás métricas se encuentra dentro del rango arrojado por las otras configuraciones.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha propuesto un método de ensamble para clasificadores débiles, con un enfoque co-evolutivo, para abordar problemas de clasificación supervisada. Esta alternativa aborda la elección de la mejor configuración de atributos e instancias del conjunto de datos original con la finalidad de optimizar el proceso de clasificación.

El proceso de selección de atributos e instancias de la base de datos original considerada en el modelo propuesto se basa en una búsqueda bajo un enfoque co-evolución cooperativa. Con la integración de este esquema co-evolutivo a un modelo de ensamble homogéneo como Bagging, se ha logrado una mejora sustancial en términos de la tasa de acierto en la clasificación final respecto a modelos de Bagging, que aplican técnicas clásicas de reducción de dimensionalidad de atributos e instancias.

Un aspecto a considerar a futuro es la experimentación del modelo multclasificador propuesto con conjuntos de datos que presenten una distribución diferente en los datos, analizando la precisión de los resultados en relación con el tiempo que insume la ejecución del mismo y otras métricas no consideradas en este trabajo.

A modo de cierre se puede decir que este trabajo se focalizó en la presentación de un modelo multclasificador como un enfoque alternativo para el tratamiento de problemas de clasificación supervisada, que puede ser considerado como otra alternativa en el uso de metaclasificadores.

5. Referencias

[1] Orallo Hernández J, Quintana José, Ramírez César, *Introducción a la Minería de Datos*, Prentice Hall, pp.485-487, 2004.

[2] G. Baohua, H. Feifang, and L. Huan. *Sampling: Knowing whole from its parts*. In H. Liu and H. Motoda, editors, *Instance Selection and Construction for Data Mining*, pp. 21-38. Kluwer Academic Publishers, 2001.

[3] Huan Liu and Hiroshi Motoda, *Computational Methods of Feature Selection (Chapman & Hall/Crc Data Mining and Knowledge Discovery Series)*, Chapman & Hall/CRC, 2007.

[4] Huan Liu and Hiroshi Motoda, *Instance Selection and Construction for Data Mining*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, 2001.

[5] Gao Cong, Anthony K. H. Tung, Xin Xu, Feng Pan, and Jiong Yang, "Farmer: finding interesting rule groups in microarray datasets," in *Proceedings of the 2004 ACM SIGMOD international conference on Management of data (SIGMOD '04)*, New York, NY, USA, 2004, pp. 143-154.

[6] Ludmila I. Kuncheva and Lakhmi C. Jain, *Nearest neighbor classifier: Simultaneous editing and feature selection*, *Pattern Recognition Letters*, vol. 20, no. 11-13, pp. 1149-1156, 1999.

[7] T. Nakashima H. Ishibuchi and M. Nii, *Genetic algorithm-based instance and feature selection in Instance Selection and Construction for Data Mining*, Motoda (Eds.), Ed., 2001.

[8] Shinn-Ying Ho, Chia-Cheng Liu, and Soundy Liu, *Design of an optimal nearest neighbor classifier using an intelligent genetic algorithm*, *Pattern Recogn. Lett.*, vol. 23, pp. 1495-1503, November 2002.

[9] Frederic Ros, Guillaou Serge, Marco Pintore, and Jacques R. Chretien, *Hybrid genetic algorithm for dual selection*, *Pattern Anal. Appl.*, vol. 11, pp. 179-198, May 2008.

[10] Joaquín Derrac, Salvador García, and Francisco Herrera, *Ifs-coco: Instance and feature selection based on cooperative coevolution with nearest neighbor rule*, *Pattern Recogn.*, vol. 43, pp. 2082-2105, June 2010.

[11] L.J. Eshelman, *The CHC adaptive search algorithm: how to have safe search when engaging in nontraditional genetic recombination*, in: G.J.E. Rawlins (Ed.), *Foundations of Genetic Algorithms*, pp. 265-283, 1991.

[12] J.R. Cano, F. Herrera, M. Lozano, "Using evolutionary algorithms as instance selection for data reduction in KDD: An experimental study", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 7, pp.561-575, 2003.

[13] Carrera Enrique, Rodríguez Jefferson, "Selección de características para atributos continuos en tareas de clasificación de actividad física". *Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*. ISSN: 2007-9915, 2016.

[14] Yang, B., & Wang, L. *The Construction Method of Knowledge Discovery Theory System Based on Cognitive*. (C. a. Circuits, Ed.) Wuhan: *IEEE*, 2011.

[15] Cao, D., Ma, N., Liu, Y., & Guo, J. A. "Feature Selection Algorithm for Continuous Attributes Based on the Information Entropy", *Journal of Computational Information Systems*, 1467-1475, 2012.

[16] Obtenido de: <http://sci2s.ugr.es/keel/category.php?cat=clas>

Aplicación de criterios para la evaluación de un repositorio institucional en implementación. El caso del Repositorio Digital Universitario (RDU) del CRUC –IUA

Ciolti, María Elena
Disderi, Judith

*Subsecretaría de Investigación. Facultad de Ciencias de la Administración.
Centro Regional Universitario Córdoba IUA
mciolli@gmail.com, jdisderi@gmail.com*

Abstract

Disponer de criterios de autoevaluación supone una importante ayuda a la hora de detectar puntos fuertes y áreas de mejora durante la implementación de un repositorio institucional, lo cual contribuye a incrementar el alcance y la visibilidad de los mismos entre la comunidad científica y académica de una institución.

El Repositorio Digital Universitario (RDU) del CRUC IUA, puesto en marcha durante los meses de abril a junio del corriente año 2018, se encuentra en una etapa de revisión y mejora constantes, por lo cual, dispuestos a adherirnos al Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD), avizoramos de suma importancia realizar una autoevaluación del mismo, en base a una valoración de criterios seleccionados.

Como resultado de esta evaluación se proponen una serie de mejoras que consideramos serán de gran utilidad para la presentación ante el SNRD.

El Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD) es una iniciativa del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva conjuntamente con el Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICYT) a través de sus representantes en el Consejo Asesor de la Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología. Tiene como propósito conformar una red interoperable de repositorios digitales en ciencia y tecnología, a partir del establecimiento de políticas, estándares y protocolos comunes a todos los integrantes del Sistema.

Palabras clave: Acceso abierto. Repositorio institucional. Metadatos. Preservación.

1. Introducción

La implementación del RDU del CRUC IUA deviene de la promulgación de la Ley 26899 en diciembre de 2013 [1], la que fue reglamentada en noviembre de 2016 [2], y que establece que los organismos e instituciones públicas que componen el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), conforme lo prevé la ley 25.467 [3], y que reciben financiamiento del Estado Nacional, deberán desarrollar *repositorios digitales institucionales de acceso abierto*, propios o compartidos, en los que se depositará la producción científico-tecnológica resultante del trabajo, formación y/o proyectos, financiados total o parcialmente con fondos públicos, de sus investigadores, tecnólogos, docentes, becarios de posdoctorado y estudiantes de maestría y doctorado.

El Sistema Nacional de Repositorios Digitales define, en su instructivo de adhesión [4], tres estados de situación para Repositorios Institucionales (RI):

- Planificados: corresponde al momento de planificación, de la elección del tipo de repositorio, de la demarcación de objetivos, de la definición de los tipos de documentos a ser incluidos, la elección del software, aprobación de las normativas y reglamentaciones correspondientes, etc.
- En desarrollo: también puede denominarse de prueba o implementación, corresponde al momento de la publicación en línea del repositorio, pero que aún se encuentra como una versión de prueba.
- Activos: corresponde al momento de consolidación del proyecto, luego de la publicación en línea. Esta etapa se evidencia a través del ingreso de documentos en forma continua.

El RDU del CRUC IUA se encuentra este año en estado activo, su presencia está publicada en la

pestaña Investigación de la página web institucional y fue refrendada por una publicación interna del 30 de mayo del corriente año.

La implementación de un RI requiere de una planificación detallada con objetivos bien definidos como así también de conocimientos técnicos y operativos necesarios para su correcto funcionamiento con el fin de ofrecer un conjunto de servicios acorde a las necesidades de cada usuario.

Cada objetivo planteado en este proyecto, se cumplió satisfactoriamente, como se muestra a continuación:

- Se definió una versión preliminar de políticas que rige el uso del repositorio, las cuales ya se encuentran disponible en el sitio del repositorio.
- Se crearon las distintas comunidades y colecciones de acuerdo a las necesidades particulares de cada unidad académica.
- Se determinó un modelo de repositorio de acuerdo a lo previsto en la planificación de este proyecto y también basado en la información recolectada en los distintos relevamientos realizados en otras instituciones.
- Se definieron los diferentes servicios para cada perfil de usuario del sistema.
- Se aplicó la tecnología acorde a este tipo de proyecto y de acuerdo a lo especificado en la planificación previa, logrando resultados satisfactorios.

Como los RI deben contar con interfaces para añadir, buscar, borrar o recuperar contenidos, con base de datos para almacenar dichos contenidos e con interfaces administrativas para gestionar colecciones y otros, fue relevante hacer estudios comparativos entre plataformas y motores de base de datos (BD) para determinar los que mejor se adaptaran a las necesidades de la institución.

Existen distintos softwares de código abierto para la gestión de los contenidos. Entre los más usados en Argentina a octubre de 2018, se encuentran DSpace (40 RI, 44%), GreenStone (20 RI, 24%) y EPrints (11 RI, 16%) [5]. Cada uno de ellos ofrece distintas características que se adaptan a las necesidades particulares de quien las implemente.

El software seleccionado fue DSpace, que es un software de tipo Open Source (o código abierto) diseñado y desarrollado en conjunto por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y los laboratorios de Hewlett Packard (HP).

Es utilizado en el mundo por instituciones académicas y comunidades científicas para gestionar una gran variedad de documentos digitales tales como tesis, libros, fotografías, audios, videos y datos de investigación, facilitando el depósito de la información y organizándola a través de una estructura jerárquica que puede ser modificada y adaptada a los requerimientos de quien administre el sistema o del usuario a quien se le otorgó privilegios específicos.

Además, es importante tener en cuenta los motores de base de datos para las consultas y el almacenamiento de los contenidos. Los más utilizados son PostgreSQL, Oracle y MySQL, los cuales dependen del software que se elija para la gestión, ya que cada uno cuenta con una configuración específica para algunos de los motores mencionados anteriormente. El motor seleccionado fue PostgreSQL debido a universidades regionales que lo han recomendado.

La implementación del RDU requirió llevar adelante las actividades de la Tabla 1, las cuales hacen referencia a aspectos técnicos y operativos necesarios para el funcionamiento del mismo:

Tabla 1: Actividades de la Implementación

Etapas	Actividades
Análisis del servidor de trabajo	Determinar estado operativo del servidor de trabajo para la instalación del prototipo.
	Identificar componentes de hardware y software requeridos para la instalación del prototipo.
Instalación Sistema Operativo	Descargar Sistema Operativo Ubuntu 16.04
	Realizar esquema de particionamiento adecuado para el prototipo.
	Instalar el Sistema Operativo y programas asociados.
Instalación de DSpace	Descargar DSpace en su última versión.
	Configurar variables de entorno DSpace.
	Crear carpeta de instalación y de logs.
	Instalar DSpace en la carpeta correspondiente.
Instalación de la BD	Modificar archivos de configuración y establecer nuevos valores.
	Descargar e instalar PostgreSQL.
Personalización de DSpace	Crear usuario y password.
	Desarrollar nuevas funcionalidades.
Pruebas del Sistema	Crear nuevos estilos del sitio.
	Crear perfiles de usuario.
	Asignar roles a usuarios.
	Crear esquema de contenidos.
	Cargar archivos.
Realizar consulta de contenidos.	

En la actualidad existen en el RDU del CRUC IUA, publicados a julio de 2018, alrededor de 1200 objetos digitales entre publicaciones científicas, material didáctico, seminarios y talleres, documentos de trabajo y trabajos finales de grado y posgrado.

Nuestro objetivo es lograr la adhesión al Sistema Nacional de Repositorios Digitales a los fines de cumplir con uno de los principios básicos de la creación de un RDU que es la interoperabilidad.

Para cumplir este objetivo se inició un proceso que se encuentra en pleno desarrollo que consiste en la aplicación de criterios para evaluar el estado del repositorio e implementar un plan de mejoras en el corto plazo (seis meses), que coincide con la fecha de finalización del proyecto acreditado en la Universidad de la Defensa Nacional (UNDEF).

2. Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica de distintas propuestas de indicadores para la evaluación de RDU, considerándose las más actualizadas las presentadas entre otros por (Serrano Vicente et al, 2014) [6], (Fushimi et al, 2011) [7] y la más reciente publicada Guía para la evaluación de repositorios institucionales de investigación (Recolecta, 2017) [8].

Serrano evalúa, en su trabajo titulado "Indicadores para la evaluación de repositorios institucionales de Acceso abierto", la calidad de los repositorios en sí y de los servicios que ofrecen al usuario, es decir, cómo los contenidos y los servicios creados a partir de éstos satisfacen las necesidades de los investigadores, principales colaboradores y destinatarios de los repositorios.

La evaluación propuesta considera factores que influyen en el mejor rendimiento de los repositorios institucionales referentes a la gestión del repositorio y los clasifica en dos tipos de factores: técnicos o internos al repositorio, como por ejemplo la tecnología, los procesos, la gestión, o la interoperabilidad con otros repositorios; e institucionales, que refieren a cómo se integra el repositorio con las políticas de la institución, adaptándose a las necesidades de la universidad y de los investigadores.

Propone 32 indicadores agrupados en las siguientes categorías: tecnología, procedimientos, gestión, marketing y personal, centrándose en los aspectos

relacionados con la gestión del repositorio, los servicios de valor añadido y el personal. De esta forma, el objetivo de la evaluación se dirige a ver cómo la organización interna puede influir en el mayor o menor éxito de un repositorio.

En el trabajo de Fushimi, "Indicadores para evaluar repositorios universitarios argentinos, de la teoría a la práctica", las autoras presentan 51 indicadores cualitativos y cuantitativos que se consideraron relevantes dentro del contexto de las universidades nacionales argentinas, seleccionando solamente 10 repositorios entre las 48 universidades detectadas con iniciativas de acceso abierto en el año 2010, ya que se detectó una variedad en cuanto a que algunas eran repositorios, otras proyectos de repositorios y otras se reducían a colecciones de archivos digitales. Dichos indicadores se agrupan en 9 categorías: visibilidad, interoperabilidad, políticas, aspectos legales, comunidades, servicios y colecciones, metadatos, interfaz y presupuesto.

De los 51 indicadores propuestos según sus autoras, sólo 33 pudieron ser aplicados, en su mayoría de tipo cualitativo, por observación directa del sitio web, considerándose que el resto podría ser esclarecido con el administrador del RDU. Esta limitación surge principalmente a nuestra primera impresión, debido a las dificultades técnicas que se presentan por el uso de distintos softwares para la construcción de los repositorios. Por otro lado, los aspectos legales y el presupuesto son factores que influyen en el desempeño de un RDU y no siempre se dispone de un buen asesoramiento para encarar los mismos. Los derechos de autor y la falta de presupuesto para equipamiento y asistencia técnica son ejemplos tangibles de estas limitaciones.

En lo que hace a propuestas de indicadores y criterios, la "Guía para la evaluación de repositorios institucionales de investigación" (Barrueco Cruz, 2017), del Grupo de Trabajo sobre Evaluación de RIs de Recolecta (www.recolecta.net), pretende ofrecer una serie de directrices que guíen la creación y permitan la evaluación de los RIs. Diseñada como una herramienta de auditoría interna que posibilite mejorar la calidad de los repositorios, puede ser aplicada tanto a RIs en funcionamiento, con el objeto de detectar sus fortalezas y debilidades, así como a RIs que se encuentran en fase de planificación, sirviendo de orientación sobre los aspectos a tener en cuenta en su constitución y desarrollo. Además, es una guía útil para los diferentes roles de quienes

gestionan los repositorios: administradores, gestores, técnicos o personal de apoyo.

La guía propone ocho secciones con un total de 64 criterios de evaluación, algunos de los cuales se consideran obligatorios para ser incluido en el portal de Recolecta y otros recomendados en cuanto se encuadran dentro de las buenas prácticas. A continuación se indica a que refiere cada una de ellas.

- a. En *visibilidad* se analiza la presencia del repositorio en directorios nacionales e internacionales, así como en la existencia de un nombre normalizado que lo identifique en todos ellos.
- b. En *políticas* se pregunta si existe una declaración sobre la misión y objetivos del repositorio, donde se establecen al menos los siguientes puntos: quién puede depositar, qué se puede depositar y en qué formatos, así como los formatos de los archivos permitidos (pdf, doc, etc.), sobre preservación de los contenidos, así como se valora la existencia de diferentes medios de contacto (redes sociales, correo electrónico, teléfono, etc.) para realizar asesoramiento telefónico y/o personal a los autores. También plantea si el repositorio ofrece en un lugar visible su compromiso con el acceso abierto.
- c. En *aspectos legales* se recogen aquellas cuestiones relacionadas con la propiedad intelectual de los contenidos distribuidos en el repositorio, considerando que se debe garantizar que dichos contenidos están libres, como mínimo, de restricciones en su visualización y descarga, y que el repositorio obtenga del autor, mediante algún tipo de autorización, la licencia de distribución no exclusiva.
- d. En *metadatos descriptivos de la publicación* (OAI-DC) se marcan y se definen las características y el formato de los metadatos que deben tener los documentos del repositorio para facilitar la interoperabilidad.
- e. En *interoperabilidad de los metadatos descriptivos de la publicación* (OAI-DC) se establece el uso del protocolo OAI-PMH, y, los registros eliminados deben marcarse durante, al menos, un periodo de tiempo suficiente, de tal forma que los recolectores puedan identificarlos y eliminarlos de sus bases de datos. De otra forma se corre el riesgo de que registros eliminados del proveedor de datos sigan existiendo en los recolectores. A su vez el repositorio debe ofrecer la posibilidad de importar/exportar metadatos y/o texto completo de sus contenidos.

- f. En *logs y estadísticas* se establece que los logs del servidor web donde está alojado el repositorio se archiven de forma permanente, y el repositorio debe proporcionar un servicio de estadísticas públicas sobre el uso de los recursos almacenados.
- g. En *seguridad, autenticidad e integridad de los datos* se propone la existencia de un procedimiento establecido sobre la elaboración de copias de seguridad, tanto del software como de los registros (metadatos y archivos) y por lo menos una en una localización geográfica distinta.
- h. En *servicios y funcionalidades de valor añadido* se prevé la posibilidad de enlazar con redes sociales.

Todos los criterios de evaluación reciben como respuesta un sí o un no, algunos requieren además la especificación de URL, lo que determina que la evaluación es principalmente cualitativa. La guía fue pensada para la evaluación de RIs europeos, específicamente españoles, por lo que varios de los criterios definidos responden a intereses regionales que no siempre coinciden con los de nuestro país. Más allá de ello, resulta un documento orientador sumamente útil a los efectos de evaluar un RI con miras a mejorar su desarrollo.

En vistas de orientar la evaluación del RDU del CRUC-IUA, el presente trabajo pretende valorar los avances en cada una de las secciones de la guía Recolecta, sin abordar en detalle los criterios de la misma. En ese sentido, se describirá la *visibilidad* y *servicios* actuales del repositorio; las *políticas* definidas en cuanto a contenido, depósito, acceso a los datos, servicios, metadatos, preservación digital y privacidad; y la relación de las mismas con los *aspectos legales*, los *metadatos* y la *interoperabilidad*, la *seguridad e integridad*; se mostrarán las primeras *estadísticas* de desempeño luego de 8 meses de implementación que valoran el contenido que almacena el repositorio y las consultas realizadas al repositorio.

3. Visibilidad y Servicios

Actualmente, el RDU cuenta con un nombre propio que lo identifica unívocamente y una URL amigable y segura (<https://rdu.iua.edu.ar/>), ya que está compuesta únicamente por la dirección del servidor web y sigue el protocolo https. Siendo que está prevista la adhesión al SNRD en los próximos meses, actualmente puede accederse al mismo a través de buscadores como Google o Yahoo pero no ha sido registrado en otros directorios y recolectores

nacionales e internacionales, como así tampoco se ha adherido a alguna de las declaraciones Open Access (Budapest, Berlín o Bethesda).

Se destaca la concientización exhaustiva realizada dentro de la comunidad interna sobre la importancia de poseer un repositorio institucional, no sólo por el hecho de almacenar producciones en formato digital, sino también por la visibilidad de las mismas a través del libre acceso y su impacto al interior de la institución que las alberga. La realización de la *Jornada de Difusión sobre experiencias en acceso abierto y repositorios institucionales*, subsidiada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba en el mes de setiembre de 2017 permitió fomentar la visibilidad del repositorio dentro de la propia institución. En esta línea, se debe continuar la labor con la oferta de cursos de formación e información sobre la introducción de los documentos en el repositorio.

Dentro de los *servicios actuales* del RDU se mencionan: la existencia de diferentes medios de contacto (redes sociales Facebook y Twitter, correo electrónico y teléfono) para realizar asesoramiento telefónico y/o personal a los autores y usuarios y la política de servicios para los usuarios, autores y encargados de recepción, revisión y carga de documentos que se desarrolla en el siguiente apartado.

Quedan pendientes de implementar las siguientes funcionalidades de valor añadido para que el RDU permita:

- exportar las citas a diferentes gestores bibliográficos (Mendeley, Refworks, Zotero, etc.),
- ofrecer servicios de alerta,
- visualizar/exportar los metadatos del ítem en diferentes esquemas de metadatos (METS, PREMIS, RDF, JSON, MARC, BibTeX, etc.), y
- obtener indicadores alternativos (Altmetric, PlumX).

4. Políticas

Atento al Art. 2 de la Ley 26899, que menciona que se deben “establecer *políticas* para el acceso público a datos primarios de investigación, así como también políticas institucionales para su gestión y preservación a largo plazo”, se definieron las siguientes políticas, las cuales se explicitan públicamente dentro de su interfaz <https://rdu.iaa.edu.ar/institucional/policias> (Figura 1):

- a. **Política de contenido:** Los contenidos deben ser producidos en la institución y los autores deben pertenecer a ella o estar bajo el amparo de convenio, deben ser el resultado de actividades científicas o académicas, pasar por un proceso de revisión, estar aprobados por la autoridad correspondiente y deben encontrarse en el formato digital requerido por la plataforma.

En cuanto a los *contenidos*, el RDU del CRUC-IUA almacena y mantiene toda la producción científica y académica de la institución, a saber:

- Productos Científicos: proyectos de investigación, ponencias, tesis de grado y posgrados, pre-prints y post-prints, revistas, etc.
- Productos Institucionales: reglamentos y normas, revistas y noticias, documentos de trabajo, informes, etc.
- Objetos de Aprendizaje: guías de estudio, material audiovisual, simuladores, bibliografías, blogs, presentaciones, objetos SCORM, etc.

El contenido del repositorio está organizado en comunidades que corresponden a cada unidad académica de la institución (Figura 1), a saber: Centro de Investigaciones y Estudios estratégicos (CIEE), Facultad de Ciencias de la Administración (FCA) y Facultad de Ingeniería (FI); a su vez, cada comunidad está dividida en subcomunidades cuya organización depende del criterio adoptado por cada unidad académica. En el mes de julio del año 2018 se ha incorporado como comunidad la Revista Institucional *Noticias* de nuestro Centro Regional.



Figura 1. Interfaz del RDU

Para la FCA los contenidos están agrupados en las siguientes Áreas del Conocimiento:

- Carreras de Grado
- Secretaría Académica
- Subsecretaría de Extensión y Vinculación
- Subsecretaría de Ciencia y Técnica

Para la FI, los contenidos están agrupados según el siguiente detalle:

- Departamentos: Ciencias Básicas, Computación e Informática, Electrónica y Telecomunicaciones y Mecánica Aeronáutica.
- Carreras de Grado.
- Carreras de Posgrado: Especializaciones y Maestrías.

Las colecciones del repositorio se organizan según la subcomunidad a la que pertenezcan en los siguientes tipos de documento: Documentos de trabajo, Libros Académicos, Publicaciones, Proyectos, Trabajos Finales de Grado, Tesis de Posgrado (Figura 2).



Figura 2. Tipos de Documentos

La Revista Noticias tiene como colecciones los números que han aparecido bimestralmente en forma electrónica con el formato requerido de metadatos del RI. En tanto que para las carreras de grado, se han determinado como colecciones a cada una de las carreras (Figura 3).



Figura 3. Colecciones

- b. **Política de depósito:** Se dispone de las siguientes vías para el almacenamiento de los contenidos: archivo delegado (el autor entrega su creación a una persona autorizada para la carga en el repositorio), autoarchivo (el autor debe estar debidamente registrado y autorizado para realizar la carga de su creación), y el administrador del sistema puede otorgar permisos a encargados de departamentos, investigadores o profesores que se comprometan a la carga de las producciones en sus áreas correspondientes; estableciéndose los requisitos para utilizar dichas vías. A tal fin se generó un formulario de autorización para depósito de documentos que es accesible desde la página del repositorio (Figura 1) y debe adjuntarse junto con la publicación.

Esta política se vincula con los *aspectos legales* en tanto que, al depositar, el autor reconoce que no está infringiendo ningún derecho de propiedad intelectual, y que para cada documento se debe tener el permiso de cada autor para difundirlo a través del repositorio en las condiciones preestablecidas de las licencias Creative Commons. Además, los metadatos en Dublin Core (DC) incluyen, definen y completan el campo DC:rights con todas las declaraciones de administración de derechos para acceder o utilizar el objeto digital.

- c. **Política de acceso a los datos:** Todas las producciones de la institución pueden ser visualizadas y/o descargadas sin restricciones, registro o autorización previa, siempre respetando las condiciones expuestas en las licencias de cada una. A tal fin se utilizó como motor de base de datos para las consultas y el almacenamiento de los contenidos la tecnología de PostgreSQL.

- d. **Política de servicios:** Los servicios para los diferentes roles son los siguientes:

- Usuarios: acceso al sitio a través de búsqueda y navegación, artículos destacados y recientes, recepción de sugerencias o comentarios acerca del repositorio u otros temas, soporte técnico: registro, autorización, instructivos y manuales de uso, etc.
- Autores: instructivos sobre aplicación de licencias o utilización del depósito, participación en eventos sobre Acceso Abierto, cursos de capacitación acerca de repositorios institucionales.
- Encargados de recepción, revisión y carga de documentos: capacitación acerca de los

flujos de trabajos para carga de documentos, Instructivos y manuales de uso del repositorio.

- e. **Política de metadatos:** Los metadatos constituyen la información mínima necesaria para describir e identificar un recurso. El repositorio cumple con el esquema de metadatos establecido por las [directrices del Sistema Nacional de Repositorios Digitales \(SNRD\)](#) [9].
- f. **Política de preservación digital:** El repositorio tiene como uno de los objetivos preservar digitalmente a largo plazo todo contenido almacenado, a través de las siguientes acciones: copias de seguridad locales, actualizaciones del software base del repositorio, comprobación de *integridad* de los contenidos con inclusión de una URL persistente Handle.net para la identificación y localización inequívoca de los mismos.

En cuanto a la *seguridad*, se comenta que se ha redactado un procedimiento para la elaboración de copias de seguridad, tanto del software sobre el que funciona el repositorio, como de los objetos digitales. Actualmente, se encuentran en distinta localización geográfica.

- g. **Política de privacidad:** Toda la información que reciba el RDU será para el registro de usuario cuya finalidad es tener autorización para el depósito y/o recibir notificaciones periódicas. Esta información no es pública y se rige en base a la Ley 25328 de Protección de Datos Personales.

En consonancia con los criterios de la guía Recolecta y lo descrito anteriormente, desde el portal del RDU se puede acceder a: los objetivos que el mismo persigue; la forma en que los autores dentro de la institución pueden aportar contenidos, y sobre qué tipos de contenidos son aceptados así como los formatos de los ficheros permitidos (políticas de contenido y privacidad); y el compromiso en hacer disponibles los contenidos de forma permanente y tomar las medidas de preservación necesarias para garantizar el acceso a los mismos (políticas de acceso a los datos y preservación digital)

Por el momento, no se han pronunciado políticas de acceso abierto que declaren el compromiso con el Open Access y las políticas de metadatos no especifican el uso o reuso que puede hacerse de los metadatos. Además, siendo que no se ha realizado la adhesión al SNRD, los metadatos almacenados en el

RDU no pueden ser recolectados por agregadores o proveedores de servicios.

5. Tecnología y metadatos

En cuanto a la *tecnología* utilizada, se implementó DSpace, ya que se considera que es una de las herramientas más completas desde el punto de vista técnico, funcional y de interoperabilidad con respecto a otras similares.

Por defecto, DSpace utiliza el esquema de metadatos Dublin Core, que incluye 15 atributos de metadatos principales y además permite la creación de atributos de metadatos propios. El protocolo OAI-PMH (Open Access Initiative – Protocol Metadata Harvesting) se utiliza como un estándar de interoperabilidad para la transmisión de contenidos digitales a través de metadatos, los cuales deben estar codificados en Dublin Core. A través de su interfaz, previamente configurada para su utilización, permite el acceso a los metadatos de todos los contenidos en formato XML.

En este sentido, el formato de los *metadatos* mencionado (Figura 4) se aplica a todos los documentos del repositorio y garantiza la *interoperabilidad*. Entre los metadatos se encuentran: identificador, título, descripción, tipo y fecha de publicación, derechos de autor, autor, formato, idioma, palabras clave, fecha de finalización del embargo.

Campo DC	Valor	idioma
dc:contributor.author	Cioli, María Elena	-
dc:contributor.author	Cliden, Justo	-
dc:contributor.author	García Matto, Mariano	-
dc:contributor.author	Fabre, Alexis	-
dc:date.accessioned	2018-07-04T11:05:52Z	-
dc:date.available	2018-07-04T11:05:52Z	-
dc:date.issued	2018-06	-
dc:identifier.uri	https://hdl.handle.net/123456789/1005	-
dc:description.abstract	El objetivo principal de este trabajo consiste en presentar a la comunidad científica académica de la UNDEF el Repositorio Digital Universitario (RDU) del CRCIC-USA, el cual se encuentra disponible en hdl.luz.edu.ar. Su implementación se llevó a cabo en el marco del proyecto UNDEF1 denominado "Desarrollo de un repositorio institucional como aporte al conocimiento abierto en la educación superior" aprobado en noviembre de 2017. El RDU reúne y exhibe la producción científica y académica que resulta de la actividad de docencia, investigación y extensión de los miembros de la comunidad educativa. Permite almacenar, clasificar, ordenar, preservar y divulgar en forma de "acceso abierto" el contenido de dicha actividad. Los contenidos principales son trabajos finales de grado, tesis de pregrado y presentaciones y resultados de proyectos de tesis. La implementación del RDU deviene de la promulgación de la Ley 20599 en diciembre de 2013 [1], la que fue	en_US

Figura 4. Registro público de metadato

Por el momento, no se permite la exportación de metadatos en algún otro formato aparte del Dublin Core Simple, y en cuanto a los registros eliminados, estos son marcados no eliminados completamente, ya que se espera que los recolectores puedan identificarlos y eliminarlos de sus bases de datos.

Respecto al uso de sistemas de clasificación bibliográfico normalizado CDU se está utilizando para la carga de Trabajos Finales de Grado por parte de bibliotecólogos y de publicaciones a cargo de cada comunidad, lo cual a futuro es de gran ayuda para realizar recolecciones selectivas por los agregadores y facilitar la creación de servicios de valor añadido. Este aspecto debe normarse para todos los tipos de objetos digitales para llevar a cabo actividades rutinarias de control y calidad de datos como la edición y el enriquecimiento de metadatos descriptivos.

En cuanto a la posibilidad de importar/exportar metadatos y/o texto completo de los contenidos del RDU, actualmente no es posible hacerlo desde catálogo de la biblioteca residente en un Sistema KOHA ni tampoco de la plataforma de e-learning utilizada E-ducativa, ésta última utilizada para la modalidad a distancia de las carreras de FCA.

6. Estadísticas

Si bien el software seleccionado (DSPACE), no provee de un módulo de estadísticas desarrollado, se plantea la necesidad de encontrar algún criterio que permita evaluar los progresos en el desarrollo del RDU. El más evidente de ellos podría ser el volumen de contenidos que alberga, sin embargo, se trata de un criterio insuficiente: no sólo es relevante tener un gran volumen de contenidos, sino que la calidad de los mismos es también un factor clave.

Es por ello que posterior a la implementación del RDU, se han obtenido las primeras estadísticas de visitas y colecciones y se pretende realizar un análisis multidimensional de indicadores en tiempo real para evaluar de forma continua el desempeño del RDU dentro de la institución como así también su repercusión externa.

En cuanto a *estadísticas* del RDU que permiten ponderar el contenido que almacena y las consultas realizadas al mismo, se muestran a continuación una serie de tablas la *cantidad de visitas y la cantidad de publicaciones*, además de su evolución desde su implementación (8 meses). Se aclara que las estadísticas de publicaciones son públicas no así las de visitas.

Se observa que hubo mayor cantidad de visitas en los meses de diciembre de 2017 cuando se estaba en etapa de prueba del RDU y luego en los meses de febrero, marzo y junio del 2018, revistiendo más intensidad para publicaciones de la FCA que de la FI (Tabla 2/Figura 5). Por otro lado, en este último

semestre, la cantidad de visitas se ha triplicado para la FCA y duplicado para la FI (Tabla 3/ Figura 6).

Tabla 2: Visitas por mes, por comunidad y totales

Mes	FCA	FI	CIEE	Revista	TOTAL
12/2017	206	99	21		326
01/2018	55	12	9		76
02/2018	261	103	37		401
03/2018	183	76	10		269
04/2018	125	92	15		232
05/2018	124	41	21		186
06/2018	186	131	32	6	355
07/2018	87	34	28	52	201
08/2018	21	8	11	5	45
Total	1248	596	184	63	2091

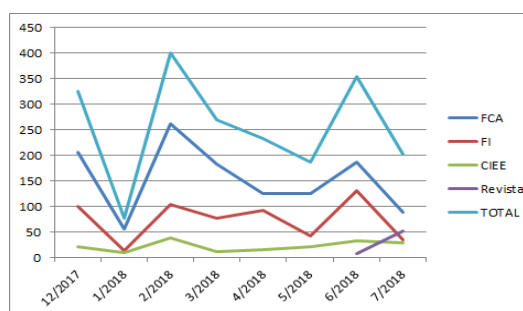


Figura 5: Visitas por mes, por comunidad y totales

Tabla 3: Evolución de visitas por comunidad

Comunidad	Dic.2017	Jul.2018
FCA	528	1813
FI	661	1221
CIEE	32	207
Revista	0	63
Total	1221	3304

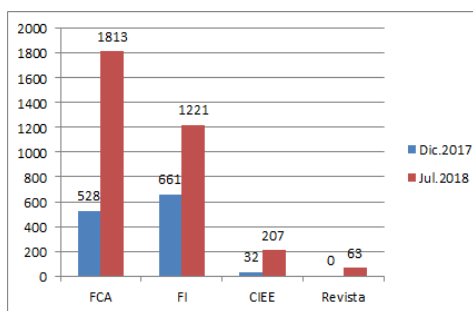


Figura 6: Evolución de visitas por comunidad

En cuanto a la cantidad de publicaciones, en las Tablas 4a y 4b y Figura 7 se puede visualizar el

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

incremento de ítems cargados en el RDU desde su implementación y considerando su fecha de publicación, apreciando que la mayor cantidad de ítems corresponden a los últimos 5 años. Particularmente, las colecciones del CIEE y Revista tuvieron aportes a partir del año 2017.

Tabla 4a: Evolución Ítems por Año de Publicación

Año	Dic.2017	Jul.2018
2018		19
2017	76	241
2016	13	163
2015	5	119
2014	5	154
2013	11	117
2012	13	76
2011	4	98
2010	1	75
2009	0	82
2008	0	33
2007-01	1	20
Totales	129	1197

Tabla 4b: Ítems por Año de Publicación (al 31/7/18)

Año	FCA	FI	CIEE	Revista
2018	13	4	1	1
2017	206	32	1	2
2016	138	25	-	-
2015	109	10	-	-
2014	135	19	-	-
2013	106	11	-	-
2012	44	32	-	-
2011	77	21	-	-
2010	59	16	-	-
2009	48	34	-	-
2008	25	8	-	-
2007-01	16	4	-	-
Totales	976	216	2	3

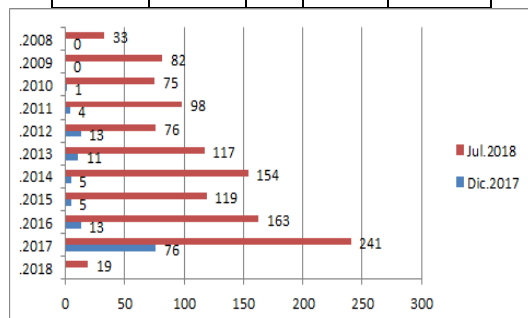


Figura 7: Evolución Ítems por Año de Publicación

En la Tabla 5/Figura 8 se aprecia que el énfasis está puesto en el depósito de las colecciones de la comunidad FCA para los años 2013 a 2017.

Tabla 5: Ítems por comunidad

Comunidad	Dic.2017	Jul.2018
FCA	54	976
FI	74	216
CIEE	1	2
Revista	0	3
Totales	129	1197

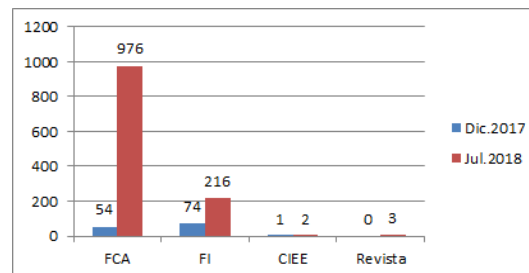


Figura 8: Evolución de Ítems por comunidad

En forma general, el 90% de las publicaciones se concentra en la subcomunidad de Trabajos Finales de Grado (TFG) como se observa en la Tabla 6. El resto corresponde a:

- para la FCA: proyectos de investigación de la Subsecretaría de Ciencia y Técnica y documentos de trabajo y material didáctico de la Secretaría Académica, y proyectos de la Subsecretaría de Extensión y Vinculación.
- para la FI: proyectos de investigación de los Departamentos y tesis de la Especialización en Sistemas Embebidos.

Tabla 6: Ítems por subcomunidad

Comunidad	Carrera	Jul.2018
FCA	Carreras de Grado	934
	Secretaría Académica	9
	Subsecretaría CyT	14
	Subsecretaría Ext. y Vinc.	20
FI	Carreras de Grado	155
	Carreras de Posgrado	14
	Dpto. Ciencias Básicas	5
	Dpto. Comp. e Informática	21
	Dpto. Electrónica y Telecomunicaciones	11
	Dpto. Mecánica Aeronáutica	14
Totales		1197

Dentro de los Trabajos Finales de Grado, la FCA concentra actualmente el 86% (Tabla 7), con mayor cantidad para las carreras de Contador Público y Licenciatura en RRHH, aspectos que coinciden con la proporción de alumnos de dichas carreras en la facultad (Figuras 9a/9b). En tanto que en la FI, se destaca el depósito de los Trabajos Finales de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones.

Tabla 7: TFG por Carrera

Comunidad	Carrera	Jul.2018
FCA	Contador Público	324
	Ingeniería de Sistemas	91
	Licenciatura en Administración	147
	Licenciatura en Logística	71
	Licenciatura en RRHH	301
FI	Ingeniería Informática	26
	Ingeniería en Telecomunicaciones	83
	Ingeniería Electrónica	22
	Ingeniería Aeronáutica	24
Totales		1089

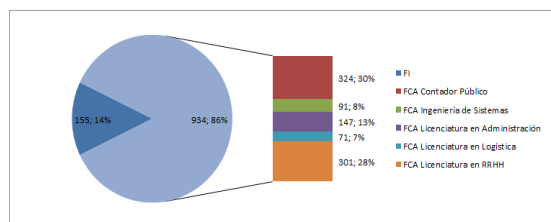


Figura 9a: TFG por Carrera de la FCA

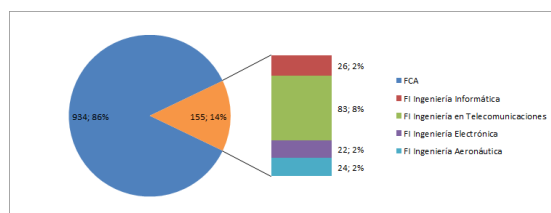


Figura 9b: TFG por Carrera de la FI

A fin de optimizar una evaluación del desempeño del RDU se prevé realizar un análisis multidimensional de indicadores con la herramienta Pentaho tanto para las publicaciones como para las visitas al repositorio. Dichos indicadores deberán poder ser analizados desde diferentes perspectivas o vistas: autores, formato físico (pdf, jpg, etc.), idioma, tiempo, estructura organizacional, tipo de documento (Documento de Trabajo, Trabajo Final de Grado,

etc.). Este modelo permitirá realizar análisis no predeterminado y responder a preguntas sobre el dominio de forma dinámica y no preestablecida y visualizar los resultados en tablas o gráficos. Preguntas como las siguientes serán factibles de poder responderse:

- ¿Cuál es el trabajo final más consultado?
- ¿Cuál es el área organizacional que más trabajos de grado ha publicado?
- ¿Cuáles son los formatos más visitados?
- ¿Cuál es el año más prolífico en cuanto a publicaciones de tipo Tesis de Maestría?

En cuanto a los *logs* actualmente utilizados, el servidor web donde está alojado el repositorio archiva los referidos a mensajes o errores que arroja el Dspace, los que luego son reportados para su análisis por el grupo de desarrollo.

7. Conclusiones y Trabajos Futuros

La implementación del repositorio institucional requirió de una planificación detallada con objetivos bien definidos como así también de conocimientos técnicos y operativos necesarios para su correcto funcionamiento con el fin de ofrecer un conjunto de servicios acorde a las necesidades de la institución.

Luego de un persistente trabajo de concientización se logró un crecimiento sostenido en las publicaciones tanto científicas como de trabajos finales, como puede verse reflejado en las estadísticas que se muestran en este trabajo.

Entre las mejoras propuestas se encuentran las siguientes:

- Fomentar la visibilidad del RDU a través de la adhesión al SNRD para garantizar su presencia en directorios y recolectores nacionales e internacionales.
- Lograr la interoperabilidad con repositorios nacionales e internacionales a través de la adhesión al SNRD.
- Ofrecer cursos de formación e información sobre la introducción de los documentos en el repositorio, principalmente para los autores e investigadores de la institución.
- Comprometer el personal bibliotecario de la institución para que incorpore los mecanismos para importar, identificar, almacenar, preservar, recuperar y exportar los diferentes tipos de

objetos digitales susceptibles de radicar en el RDU.

- Formular y publicar una política de acceso abierto y adherir, en consecuencia, a alguna de las declaraciones de acceso abierto.
- Revisar las políticas de metadatos en cuanto a que especifiquen el uso o reuso que puede hacerse de los metadatos del repositorio.
- Permitir la exportación de metadatos en algún otro formato aparte del Dublin Core Simple.
- Implementar el sistema de clasificación normalizado CDU para todos los objetos digitales para ser recolectado por los agregadores y facilitar la creación de servicios de valor añadido
- Evaluar la posibilidad de importar/exportar metadatos y/o texto completo de los contenidos del RDU, desde/hacia el catálogo de la biblioteca residente en un Sistema KOHA y la plataforma de e-learning E-ducativa,
- Realizar un control exhaustivo de la información recibida por los servidores web para asegurar la seguridad de la información contenida en el repositorio.
- Visibilizar públicamente las estadísticas de cantidad de visitas.
- Implementar un sistema de gestión de estadísticas dinámica a fin de valorar el dominio desde distintos puntos de vista: autores, formato, idioma, tiempo, estructura organizacional, tipo de documento, etc.
- Implementar algunas funcionalidades de valor añadido tales como: exportar las citas a gestores bibliográficos, ofrecer servicios de alerta, visualizar/exportar los metadatos del ítem en diferentes esquemas de metadatos, obtener indicadores alternativos.

[5] OpenDOAR, Usage of Open Access Repository Software - Argentina, Recuperado en octubre de 2018 de <http://www.opendoar.org/onechart.php?cID=11&ctID=&rtID=&clID=&IID=&potID=&rSoftWareName=&search=&groupby=r.rSoftWareName&orderby=Tally%20DESC&charttype=pie&width=600&height=300&caption=Usage%20of%20Open%20Access%20Repository%20Software%20-%20Argentina>

[6] Serrano, V., Melero, R., Abadal, E., "Indicadores para la evaluación de repositorios institucionales de acceso abierto". *Anales de Documentación*, 2014, vol. 17, n° 2. Recuperado de:

<http://dx.doi.org/10.6018/analesdoc.17.2.190821>

[7] Fushimi, M., Genovés, P., Pené, M., Unzurrunzaga, C., "Indicadores para evaluar repositorios universitarios argentinos, de la teoría a la práctica", *2do. Taller de Indicadores de Evaluación de Bibliotecas, Mesa 2, 27-28 Junio 2011, UNLP*.

[8] Azorín, C., Bernal, I., et al (2017) "Guía para la evaluación de repositorios institucionales de investigación". Recuperado de

<https://recolecta.fecyt.es/sites/default/files/.../2017GuiaEvaluacionRecolectaFECYT.pdf>

[9] Directrices del SNRD (2015). Recuperado de: http://repositorios.mincyt.gob.ar/pdfs/Directrices_SNRD_2015.pdf

8. Referencias Bibliográficas

[1] Ley 26899, (2013). Recuperado de: http://repositorios.mincyt.gob.ar/pdfs/Boletin_Oficial_Ley_26899.pdf

[2] Reglamento de la Ley 26.899, (2016). Recuperado de: http://repositorios.mincyt.gob.ar/pdfs/Boletin_Oficial_Resolucion_753.pdf

[3] Ley 25.467 (2001). Recuperado de https://www.ina.gov.ar/inageneral/acceso_info/Ley-25.467-CIENCIA-TECNOLOGIA-E-INNOVACION1.pdf

[4] Instructivo de adhesión al SNRD (2012), Recuperado de http://repositorios.mincyt.gob.ar/pdfs/Instructivo_Adhesion_SNRD_2012.pdf

Propuesta de Metodología de Generación Automática de Perímetros de Área Quemada usando Imágenes Satelitales MODIS para su Aplicación en un Sistema de Predicción de Incendios

Agustín Zúñiga¹, José Arancibia¹, Miguel Méndez-Garabetti^{1,2}, Germán Bianchini¹, Paula Caymes-Scutari^{1,2} y María Laura Tardivo^{1,2,3}

¹Laboratorio en Cómputo Paralelo Distribuido (LICPaD), UTN-FRM, Mendoza, ARGENTINA

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Departamento de Computación, UNRC, Río Cuarto, Córdoba, ARGENTINA

agustin.zuniga@alumnos.frm.utn.edu.ar, josearanciba09@gmail.com,

miguelmendezgarabetti@gmail.com, gbianchini@frm.utn.edu.ar,

pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar, lauratardivo@dc.exa.unrc.edu.ar

Resumen

Cada año, los incendios forestales causan pérdidas incommensurables en los ecosistemas del mundo, provocando la desaparición de grandes superficies de bosques. En respuesta a esta problemática, la predicción del comportamiento de estos fenómenos puede ser una herramienta de gran utilidad para disminuir los daños provocados. Este método ha sido probado mayormente con mapas de incendios controlados y mapas de incendios reales cuya metodología de trabajo consistía en la toma de sus perímetros de forma manual mediante herramientas de sistemas de información geográfica. En el presente trabajo, se ha aplicado un método para la automatización de perímetros de área quemada en casos de incendios reales. El mismo ha sido diseñado y probado para la utilización de imágenes satelitales obtenidas por los satélites Terra y Aqua de la herramienta espacial MODIS. Los resultados obtenidos en el experimento han sido comparados respecto a los obtenidos mediante la metodología de trabajo manual, consiguiendo valores más adecuados de las áreas quemadas para ser posteriormente implementados en el método de simulación de comportamiento de incendios.

1. Introducción

Los incendios forestales son una de las problemáticas ecológicas reales a lo largo del mundo, la dificultad de su predicción y extinción han ocasionado la pérdida de innumerables hectáreas de bosques durante años.

Según los últimos datos estadísticos obtenidos de los reportes anuales producidos por la EFFIS (European Forest Fire Information System), el cual reporta una cantidad de incendios forestales para 29 países de Europa y África del norte desde el año 1980 hasta el año 2016 (datos por país según el año de comienzo de la toma de los mismos), dos de los tres países con más incendios forestales superan las 3 millones de hectáreas (Portugal y España), mientras que el restante supera los 16 millones de hectáreas de bosques consumidas por incendios (Rusia) [1]. Debe considerarse que, aunque este último sea el país con mayor extensión a nivel mundial, los datos obtenidos, a diferencia de los demás, comienzan a partir del año 2010, dejando en evidencia la magnitud del problema. En el año 2017, la cantidad de incendios en la zona de Europa superó los 1500, cuyo promedio anual alcanzaba la cifra de 639 incendios en los últimos 8 años, afectando casi a 8 millones y medio de hectáreas [2].

La República Argentina cuenta con una superficie de 376.127.400 ha [3], convirtiéndose en el segundo país más extenso de América Latina, y el octavo respecto del mundo. De esta superficie, 53.654.545 ha corresponden a bosques nativos [4], casi el 15% de la superficie total de la Argentina. Por lo cual, el surgimiento de incendios forestales en este país puede ocasionar la pérdida de importantes superficies de bosques. Más allá de la dificultad de la obtención de los datos de incendios a lo largo de los años, un panorama de la actualidad puede concluirse a partir de las Estadísticas de Incendios Forestales del Período 2014-2015, suministradas por el Ministerio de Agroindustria [5] y las Estadísticas de Incendios Forestales del año 2015 y 2016 del Ministerio

de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación [6, 7]. La cantidad incendios durante el año 2014 dio un valor de 6.968 focos reconocidos, con una pérdida de 798.518,83 ha. Para el año 2015, este número de focos de incendio disminuyó a 6.076 con una significativa reducción de hectáreas incendiadas, las mismas fueron de 4.986.810,42 ha. Sin embargo, la tendencia de disminución no se mantuvo para el año siguiente, ya que el total de incendios en el país aumentó a 7.519, llevando consigo la pérdida ambiental de 1.072.642,14 ha, convirtiéndose en la mayor de las pérdidas del período de años marcados, elevando su cifra a más de un millón de hectáreas de bosques incendiadas.

Debido a la magnitud anual en la pérdida de hectáreas de bosques y su impacto tanto en el medioambiente como en las regiones rurales, es importante el desarrollo de métodos científicos y tecnológicos que ayuden en la prevención de los incendios forestales, disminuyendo de esta manera la desaparición de los bosques y los recursos necesarios en su extinción.

Una de las herramientas utilizadas para la prevención de incendios consiste en la predicción del comportamiento de los incendios forestales mediante métodos computacionales. Esta herramienta es capaz de ayudar a determinar la futura dirección de la propagación del incendio y así calcular los recursos necesarios para sofocar el incendio y prever evacuaciones [8].

Un uso común es la aplicación de un simulador de incendios de modo clásico. Éste consiste en la evaluación de la línea de fuego luego de un período inicial de tiempo, mediante la utilización de un simulador de comportamiento de incendios [8]. En la Fig. 1 se puede visualizar un esquema del funcionamiento del método en cuestión. El Simulador de incendios (SI) es alimentado por dos conjuntos de datos: la línea de fuego real (LFR) en el instante de tiempo (T_n), generalmente representada por un mapa en el cual se muestra el área quemada donde se inició el incendio, y la información del ambiente o parámetros de entrada (PE) del lugar donde el fuego se ha desarrollado (humedad, vegetación, etc.). Cada parámetro de entrada tiene un único valor asignado, el SI utiliza este conjunto de parámetros de entrada y la LFR_n para realizar la predicción de la línea de fuego (LFP) para el siguiente instante de tiempo (T_{n+1}) mediante una única simulación [9].

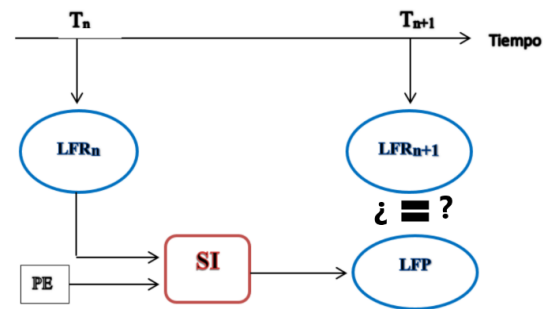


Figura 1. Predicción clásica

La predicción del comportamiento de un incendio no es fácil de determinar debido a la cantidad de parámetros de entrada que deben medirse en tiempo real (velocidad y dirección del viento, humedad, tipo de vegetación, etc.), además de no poder tener un conocimiento certero de los valores de dichos parámetros. Esta incertidumbre en los valores de entrada afecta de manera considerable la precisión de la línea de fuego predicha en la salida del método, impidiendo así que las técnicas clásicas de predicción puedan ser utilizadas en este contexto [10]. Debido a esto es que se utilizan métodos de reducción de incertidumbre para optimizar los valores de entrada del método de predicción.

Existen diversos métodos para la detección de incendios forestales y la toma de datos del mismo. Una de ellas consiste en el monitoreo visual desde torres de vigilancia en puntos estratégicamente localizados que permite la examinación de territorios asociados con alto riesgo y peligro de incendios por personal bien calificado. Sin embargo, esta forma de trabajo no es capaz de funcionar con territorios aislados y de difícil acceso para los equipos de detección y rescate [30]. El principal problema asociado a este método consiste en que, al momento de su detección, la velocidad de su propagación ha producido niveles de daño incontrolables. Además, esta metodología de trabajo acarrea elevados costos en infraestructura y de personal capacitado.

Otro método ampliamente utilizado es la WSN o red de sensores inalámbrica. Este es un sistema distribuido compuesto por nodos con capacidad de obtener información de las condiciones ambientales y transmitirla de manera inalámbrica a una estación base, para su procesamiento. Las técnicas de fusión de información permiten mejorar la calidad de la respuesta ante un evento de interés, al combinar las diferentes fuentes de datos [31]. Algunos de los beneficios de utilizar estos sistemas son sus bajos costos de implementación y su autonomía en la obtención y manejo de datos.

una fuente de información confiable y actualizada constantemente sobre frentes de incendios forestales son las imágenes satelitales. Para ello, la obtención de imágenes satelitales, mediante sistemas de teledetección,

nos brinda la posibilidad de ver y utilizar imágenes de incendios forestales que ocurren en el mundo y que son vitales debido a la dificultad existente con otros medios para conseguir dicha información. No obstante, el proceso de captura y transformación de estas imágenes requiere de una serie de pasos necesarios para su utilización en algún determinado sistema de predicción.

En las siguientes secciones de este artículo se presenta el trabajo realizado sobre un incendio real del año 2008 en la provincia de Córdoba, Argentina, mediante imágenes tomadas por el satélite MODIS y procesadas para delimitar su perímetro con el fin de realizar la predicción del incendio según el método de reducción de incertidumbre ESSIM (Evolutionary-Statistical System with Island Model) [8], mostrando así los pasos involucrados en la generación automática.

2. Método ESSIM

El Sistema Estadístico Evolutivo con Modelo de Islas (ESSIM, por sus siglas en inglés) es un método de reducción de incertidumbre basado en cómputo paralelo que puede ser aplicado a distintos modelos de propagación con el objetivo de reducir la incertidumbre en los valores de entrada de parámetros dinámicos utilizados en un sistema de predicción.

El funcionamiento de este modelo se caracteriza por utilizar la superposición de casos y la combinación de los parámetros mediante el uso de análisis estadístico, cómputo paralelo y algoritmos evolutivos paralelos, con el fin de realizar su predicción.

El análisis estadístico es el encargado de analizar los datos para la toma de decisiones y la resolución de problemas. Con ello, es posible encontrar relaciones de dependencias entre las variables que afectan un fenómeno. Este es el caso de los parámetros de entrada del modelo de predicción para incendios forestales, cuyos valores determinan el comportamiento del fuego [8]. Por ejemplo, al dividir de manera virtual el área total de un bosque en secciones cuadradas en un mapa, podemos calcular su Probabilidad de Ignición (la probabilidad de que esta sección o celda sea quemada) según el conjunto de parámetros introducidos en el método:

$$P_{ign}(C) = n_c/n$$

- C = Celda
- n = número de escenarios totales
- n_c = Número de escenarios donde la celda es alcanzada por el fuego

Debido a la exigencia del método y la cantidad de variables que debe procesar, el mismo hace uso de cómputo paralelo mediante un sistema de computación de alto rendimiento. De esta manera, es posible repartir las

tareas entre varios procesadores, disminuyendo considerablemente los tiempos de trabajo de tareas complejas. Entre los distintos paradigmas de trabajo que puede utilizarse para estos sistemas, ESSIM hace uso del llamado Master-Worker. Éste se estructura como un proceso (Master) que genera muchos sub-problemas o tareas las cuales son enviadas a resolver de manera simultánea por otros procesos (Workers) que luego devolverán sus resultados al Master.

Los Algoritmos Evolutivos (AE) son métodos de optimización y búsqueda cuyo funcionamiento está inspirado en la selección natural y genética para resolver problemas de optimización. Su proceso consiste en una serie de iteraciones, donde una muestra de posibles escenarios es agrupada como un conjunto de soluciones posibles [11].

En los modelos de AE se introducen tres tecnicismos de trabajo cuya definición es un símil a los propios de la evolución: Individuos, o conjuntos de valores de solución posible; Población, o conjunto de individuos; y Generación, o serie de iteraciones. Así, es posible entender el modelo en tres pasos: 1) Selección de una muestra de padres de la población; 2) Sometimiento de los padres a diferentes operaciones de recombinación y mutación para generar un conjunto de descendientes; 3) Introducción de los descendientes a la población, reemplazando a los individuos con peor desempeño. En la Fig. 2 puede observarse el funcionamiento básico de estos pasos.



Figura 2. Modelo de Algoritmo Evolutivo

Los AE utilizan una Función de Fitness que calcula un valor determinado para cada individuo, de esta manera podemos determinar cuán aceptable es la solución que el individuo representa respecto del problema. Para la predicción de incendios forestales, cuyo trabajo demanda una exigencia compleja, es común utilizar AEs de forma paralela, ahorrando así tiempos de procesamiento y aumentando la capacidad de búsqueda del mismo. El modelo de AE de este trabajo es el denominado PM&M (Población Múltiple y Migración), mejor conocido como AE con Modelo de Islas. Su forma de trabajo consiste en un sistema donde cada isla representa una población diferente de individuos. Este modelo opera con múltiples

islas, y los operadores genéticos son aplicados entre individuos de la misma población. Es aquí donde aparece la migración, un operador que realiza el movimiento de los individuos entre las islas para agregar diversidad y prevenir la convergencia prematura o el estancamiento de los valores locales.

El funcionamiento general (comprendido como una unidad de los tres elementos explicados anteriormente) puede ser visualizado en la Fig. 3.

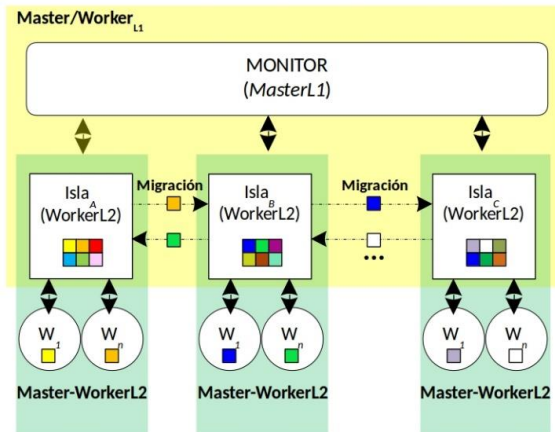


Figura 3. Esquema de funcionamiento del ESSIM [8]

Como puede observarse en la misma, este modelo ha sido implementado con dos niveles de paralelismo. Un Nivel 1, o Master-Worker L1, donde el Proceso Monitor es el encargado de controlar todo el proceso de predicción mediante la comunicación con cada una de las islas, enviándole la información necesaria para que cada una de ellas ejecute su respectivo algoritmo evolutivo. En tanto que en el Nivel 2, o Master-Worker L2, cada proceso Master se encarga de la operación de su isla enviando individuos a sus Workers (o trabajadores), evaluando cómo evoluciona la población y realizando los procesos de migración de los individuos con las otras islas. Mientras, los Workers llevan a cabo el proceso de simulación y la evaluación de Fitness de la población para luego enviar los resultados a su proceso Master. Finalmente, para cada paso de la simulación, y una vez que todos los procesos Master de cada isla han enviado sus resultados al proceso Monitor, este último lleva a cabo la predicción de la línea de fuego. Para cada ejecución del método existen m instancias de L2 corriendo en paralelo, y cada predicción representa el estado de la línea de fuego del incendio forestal en ese instante de tiempo dado.

3. Imágenes Satelitales

La observación de la Tierra desde el espacio mediante imágenes adquiridas por satélites, percepción remota o

teledetección, ha alcanzado un alto nivel de desarrollo y difusión, y es extremadamente útil para el seguimiento de fenómenos naturales y acciones antrópicas, y sus impactos en el planeta [12].

Existen esencialmente 3 tipos de satélites: los de alta órbita terrestre, de mediana órbita terrestre y los de baja órbita terrestre. Los satélites de alta órbita terrestre se encuentran a una distancia de 36.000 km sobre la tierra.

Los satélites de órbita terrestre media se mueven más rápido que los anteriores y poseen dos órbitas notables: la órbita semi-sincrónica y la órbita de Molniya [28].

Sin embargo, la mayoría de los satélites científicos y muchos satélites meteorológicos se encuentran en una órbita terrestre baja, casi circular. Mientras estos orbitan, la Tierra gira por debajo. Para cuando el satélite vuelve a cruzar a la luz del día, se encuentra sobre la región adyacente al área que se ve en su última órbita, complementando la imagen. En un período de 24 horas, los satélites en órbita polar verán la mayor parte de la Tierra dos veces: una a la luz del día y otra a la oscuridad gracias a su periodo de 12 horas.

Del mismo modo que los satélites geosincrónicos tienen un punto dulce sobre el ecuador que les permite permanecer en un punto de la Tierra, los satélites en órbita polar tienen un punto dulce similar que les permite permanecer en una misma hora [29].

A continuación, se presentan algunas de las plataformas satelitales utilizadas para el relevamiento de la superficie terrestre.

3.1 Landsat 8

Landsat es una serie de satélites estadounidenses para observación de la tierra de 1972. Landsat 8 es el último satélite que fue lanzado al espacio en febrero de 2013 y genera imágenes para cada sitio del planeta, con una frecuencia de 16 días. Landsat 8 está dotado de dos sensores: el Operational Land Imager (OLI) que toma información en las bandas espectrales correspondientes al visible (V), infrarrojo cercano (IRC) e infrarrojo medio (IRM). El segundo, Thermal Infrared Sensor (TIRS), provee dos bandas en el infrarrojo térmico. El sensor OLI genera imágenes con una resolución espacial de 30 metros y 12 bits de resolución radiométrica. Estas características lo hacen muy adecuado para realizar trabajos de relevamiento a escala zonal y regional como los del presente proyecto [13].

3.2 VIIRS

Es un radiómetro de barrido que recoge imágenes visibles e infrarrojas y mediciones radiométricas de la tierra, la atmósfera, la criosfera y los océanos.

Los datos de VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) se usan para medir las propiedades de nubes y aerosoles, el color del océano, la temperatura de

la superficie del mar y del terreno, el movimiento y la temperatura del hielo, los incendios y el albedo de la Tierra. Los climatólogos utilizan los datos VIIRS para mejorar nuestra comprensión del cambio climático global.

VIIRS amplía y mejora una serie de mediciones iniciadas por el radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR) y el espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS), lo que le da especial importancia en el presente trabajo.

La mayor ventaja de estos sistemas radica en sus observaciones diarias multiespectrales, que se utilizan para caracterizar y monitorear la superficie terrestre a escalas regionales y globales. MODIS proporcionó un nuevo estándar en observaciones satelitales calibradas, de calidad científica y resolución gruesa, que continuará con VIIRS. [12]

El estudio de la dinámica de la vegetación, incluida la fenología, implicará el uso de productos tales como el índice de vegetación, el contenido de agua de la hoja y el índice del área foliar, (cantidad dimensional que caracteriza la canopia o doseles de las plantas) muy importantes para la predicción de incendios e ignición en la zona. El estudio del cambio en la cobertura del suelo incluye el uso de los productos Land Cover [14] y Fire [15]. Los primeros también se utilizan como una capa de datos de estratificación básica, por ejemplo, para iniciar el clima regional a global y modelos de evaluación integrados, y los segundos se usan para cuantificar la perturbación de la vegetación y como entradas para modelar las emisiones de la quema de biomasa [12].

3.3 MODIS

Con su amplia franja de visualización de 2.330 km, MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ve cada punto de nuestro mundo cada 1 o 2 días en 36 bandas espectrales discretas [14]. En consecuencia, MODIS realiza un seguimiento de una matriz más amplia de signos vitales de la Tierra que cualquier otro sensor de tierra. Por ejemplo, el sensor mide el porcentaje de la superficie del planeta que está cubierto por nubes casi todos los días.

Además, MODIS mide las propiedades de las nubes, como la distribución y el tamaño de las gotas de nubes, tanto en agua líquida como en nubes de hielo. MODIS también mide las propiedades de los aerosoles: pequeñas partículas líquidas o sólidas en la atmósfera. Los aerosoles ingresan a la atmósfera a partir de fuentes artificiales como la contaminación y la quema de biomasa y fuentes naturales como tormentas de polvo, erupciones volcánicas e incendios forestales. Utilizando sus sensores de temperatura, MODIS ayuda a los científicos a rastrear fuentes de dióxido de carbono.

MODIS también registra dónde y cuándo ocurren los desastres, como las erupciones volcánicas, las

inundaciones, las tormentas severas, las sequías y los incendios forestales, y uno de sus objetivos es utilizar la información para ayudar a las personas a salir del peligro. Las bandas de MODIS son particularmente sensibles a los incendios; pueden distinguir las llamas de las quemaduras ardientes y proporcionar mejores estimaciones de las cantidades de aerosoles y gases que emiten los incendios a la atmósfera [16].

3.4 WorldView

Además de ofrecer las imágenes satelitales de mayor resolución en la actualidad, WorldView-3 es el primer satélite comercial en tener 8 bandas de alta resolución que capturan información con ancho de onda SWIR. WorldView-3 provee información para identificar y caracterizar muy precisamente materiales naturales y hechos por el hombre, penetración de humo, y análisis de minerales. Las 8 bandas SWIR capturan información única sobre la agricultura, bosques, minería/geología y otras aplicaciones [17].

4. Frecuencia de bandas satelitales

Las frecuencias de las bandas satelitales utilizadas para la detección de incendios y en particular de puntos de calor o focos de calor es la SWIR o banda de onda infra roja (*shortwave infrared*), cuyo espectro se encuentra con una longitud de onda de entre 1 y 2.5 nanómetros. MODIS posee esta tecnología en varios de sus sensores. En la Fig. 4 es posible ver la longitud de onda del SWIR y NIR (bandas usadas en el presente artículo).

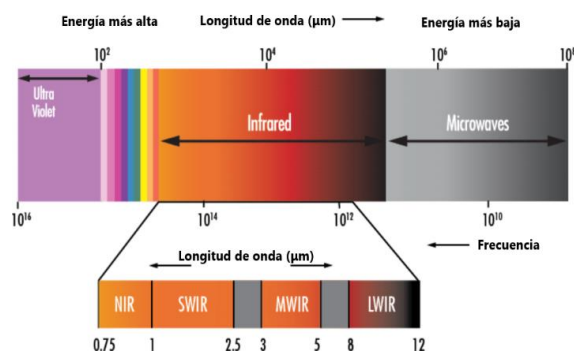


Figura 4. Longitud de onda visible y no visible [18]

Una aplicación SWIR popular es la detección de humedad. El agua es transparente a la luz visible, pero se absorbe fuertemente a longitudes de onda de 1450 y 1900 nm, lo que hace que parezca negra en la imagen. Con el correspondiente filtro o iluminación, esta capacidad puede usarse para diversas tareas de inspección en las industrias de alimentos y bebidas, carpintería, textil o automotriz: ejemplos incluyen la verificación de recubrimientos o

2	841 - 876
7	2105 - 2155

5.2 Diagrama de la aplicación de conversión y generación de área quemada en mapas de entrada

Para algunos de los pasos en la realización de la conversión de los datos al formato necesario, se ha hecho uso de la herramienta Gdal. Esta es una biblioteca de traducción para formatos de datos geospaciales de licencia Open Source brindada por la *Open Source Geospatial Foundation* [24], la cual brinda una extensión de funciones para el trabajo de tratamiento de mapas en sus distintos formatos.

En la Fig. 6 se pueden observar los pasos del proceso completo de conversión de los mapas, desde su descarga hasta el ingreso del mapa de incendio final al simulador de incendios.

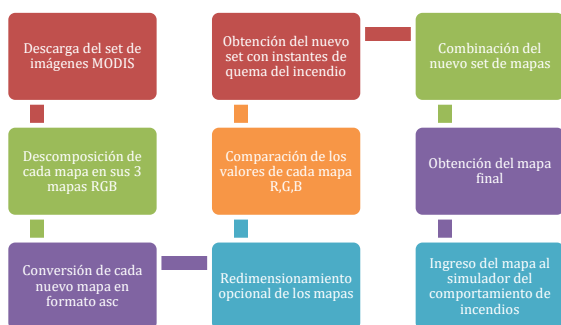


Figura 6. Proceso de conversión de mapa.

Es importante mencionar que el proceso de la predicción no es capaz de procesar las imágenes satelitales en su formato original por lo que éstas deben ser adaptadas al formato requerido (formato ASCII). Por lo cual, este primer paso es ejecutado para cada uno de los días del incendio, obteniendo un conjunto de mapas en formato GeoTIFF cuyos valores de tamaño total del mapa y de resolución por pixel deben ser idénticos.

En un segundo paso es que se hace el primer uso de las funciones de la librería de Gdal para descomponer cada una de las bandas RGB como un mapa independiente en su mismo formato. Como se observa en la Fig. 7, cada una de las bandas R, G y B corresponde a los valores de las bandas 7,2,1 respectivamente del satélite MODIS. De esta forma la composición de las mismas en un solo mapa

permite ver el área incendiada, el incendio y humo proveniente del mismo.

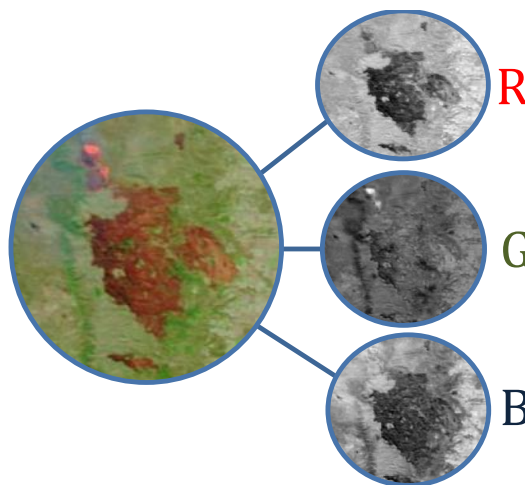


Figura 7. Descomposición de mapa RGB.

Una vez obtenidas las distintas bandas por separado, en el tercer paso se convierte cada uno de esos archivos en el formato ASCII mediante una segunda función de Gdal, la cual convierte el archivo en una matriz de datos, pero donde el valor de cada uno de ellos corresponde a su valor en RGB para cada banda (entre 0 y 255), valores que nos serán luego útiles para distinguir el área que ha sido quemada de la que no en cada instante de tiempo. Dado el caso de tener un mapa cuyo tamaño de celda sea muy pequeño en relación al tamaño total del mapa, puede anexarse aquí la posibilidad de hacerse uso de una última función de Gdal que permite redimensionar el tamaño de las celdas y, en consecuencia, la cantidad total de las mismas, sin modificar el área total del mapa, disminuyendo el tiempo total de trabajo y el procesamiento de los cómputos en el sistema de reducción de incertidumbre y predicción del comportamiento del incendio [25].

A partir del paso número 4, y teniendo ya el conjunto de mapas en formato ASCII para cada una de las bandas de cada mapa de incendio en un instante de tiempo, se procede a realizar un algoritmo de comparación entre sus valores para cada celda del mapa. La finalidad es lograr obtener las celdas donde se encuentra predominancia del color rojo del sistema RGB, recordando con la Fig. 4 que esto implica el área donde las celdas han sido alcanzadas por el fuego. Si la celda corresponde a una parte del área total alcanzada por el fuego en el instante de tiempo de ese mapa, la celda del nuevo mapa de salida tendrá el valor de ese instante de tiempo. En caso de no ser así, su valor será igual a cero, dando a entender que las llamas no alcanzaron esa sección de espacio en ningún momento.

Ya terminado el paso número 4 para cada uno de los mapas de cada instante de tiempo, y obtenido, entonces, el nuevo conjunto de mapas con el área quemada en su intervalo, se procede a la realización del último paso de este algoritmo. En el paso número 5 se realiza una combinación del conjunto de mapas obtenidos. Para lograrlo, cada valor de celda de un instante de tiempo nuevo actualizará el valor del instante de tiempo anterior, con la excepción de aquellas celdas donde el nuevo instante sea igual a cero. Terminado este proceso, la salida será un mapa final con los valores del área de quema por instante en cada celda, dejando a la vista la dirección de propagación del incendio a lo largo del tiempo, desde que inició hasta que terminó.

El mapa en cuestión será similar al de la Fig. 5 (pero con mayores dimensiones), el cual es el utilizado para ingresar como parámetro en el sistema de predicción de incendios. En la sección de experimentación podrá verse un ejemplo completo de este proceso para un incendio de seis días de duración.

6. Experimentación

6.1 Caso de estudio

El presente trabajo de automatización de la digitalización de mapas de entrada y predicción de incendios forestales, corresponde al incendio del año 2008 en la localidad de Capilla del Monte, Provincia de Córdoba, Argentina, cuya duración se presenta desde la fecha del 29 de agosto al 03 de septiembre de dicho año y en el cual fueron quemadas 51.852,063 hectáreas [26, 27]. En la Fig. 8 puede observarse el área quemada en su último día de incendio.

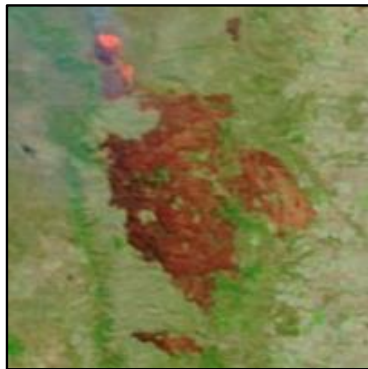


Figura 8. Día final del incendio en Córdoba

Para el primer paso de la conversión debemos tener en cuenta la cantidad de días que el incendio ha durado. Como ha sido mencionado, el presente incendio cuenta con una duración total de seis días, lo cual corresponde a la descarga de seis imágenes (una por día) de los satélites

que nos muestren el avance del incendio. En la Fig. 9 se ve el conjunto de imágenes del incendio descargadas.

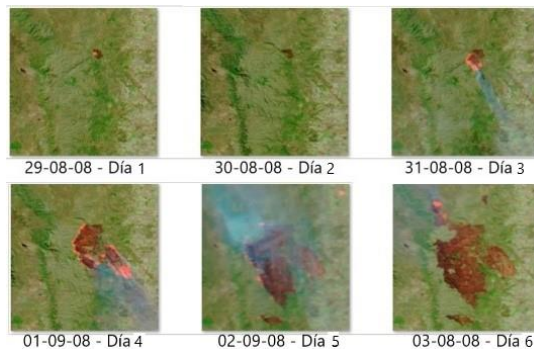


Figura 9. Días del incendio en Córdoba

A su vez, deben estandarizarse los valores del tamaño total del mapa (tomando siempre los mismos puntos de coordenadas en el mapa), resolución por pixel y formato de archivo del mapa para trabajar con un conjunto de imágenes que se encuentren en la misma área, evitando de esta manera los errores que puedan surgir en aquellos procesos que precisen comparaciones entre ellas.

Tabla 2. Información de mapas

Tabla 2. Información de mapas	
Cantidad de imágenes	6
Tamaño de imagen (cantidad de celdas)	213 px X 213 px
Resolución (por pixel)	250m
Formato de archivo	GeoTIFF

Para cada uno de estos seis mapas obtenidos hemos procedido a realizar el trabajo de descomposición de sus bandas RGB, teniendo así tres mapas por cada uno de ellos.

Tabla 3. Descomposición de mapas RGB

Imagen RGB por día	Mapa R	Mapa G	Mapa B
Mapa 29-08	29-08R	29-08G	29-08B
Mapa 30-08	30-08R	30-08G	30-08B

Mapa 31-08	31-08R	31-08G	31-08B
Mapa 01-09	01-09R	01-09G	01-09B
Mapa 02-09	02-09R	02-09G	02-09B
Mapa 03-09	03-09R	03-09G	03-09B

Una vez separadas las bandas, procedimos a la conversión del formato GeoTIFF al formato ASCII precisado para cada uno de los 18 mapas nuevos. De esta manera, cada uno de los mapas corresponde a la matriz de 213x213 con un valor de 0 a 255 (rango de valores de color en formato RGB. Siendo 0 el valor más claro y 255, valor más oscuro) en cada celda.

En el presente caso, debido al tamaño de las celdas en relación con el tamaño total del mapa y su repercusión en los tiempos de trabajo del sistema de predicción, decidimos hacer uso del paso de redimensionamiento del mapa para obtener un tercio de la cantidad de celdas. Los nuevos valores de los mapas son los indicados en la Tabla 4, logrando con esto menor tiempo de trabajo y de procesamiento en el sistema de predicción, como podrá apreciarse con mayor detalle en la siguiente sección de la experimentación.

Cantidad de imágenes	18
Tamaño de imagen (cantidad de celdas)	71 px X 71 px
Resolución (por pixel)	750m
Formato de archivo	ASCII

Para el algoritmo de generación de área quemada, se realizó una comparación entre las imágenes de las bandas R, G, B, por cada día de quema (cada uno de los mapas descargados) de manera que aquellos valores de la misma celda cuya preponderancia se encuentre en el rojo, serán tomados como un nuevo valor para el nuevo mapa de salida y este valor corresponde al instante de quema en la celda. Es decir, si en una misma celda del mapa el valor de la banda R es mayor al de los dos restantes (G y B), se tomará como celda que ha sido alcanzada por el fuego y este valor (que estará en el rango de 0 a 255) será cambiado

al del instante de quema (minuto de quema desde que empezó el incendio) correspondiente, dejando en evidencia en qué instante de tiempo la celda fue quemada (esa sección del mapa fue alcanzada por el fuego). En el caso de que la preponderancia del valor de la celda no se encuentre en el rojo (fenómeno que nos indica que esa celda no ha sido quemada), el nuevo valor de esta celda será de cero.

Aunque este paso se repite para cada uno de los días, solamente mostraremos el caso del día 3 de septiembre (Mapa 03-09) presentado en la Fig. 8, cuyos mapas a comparar son el 03-09R, 03-09G, 03-09B.

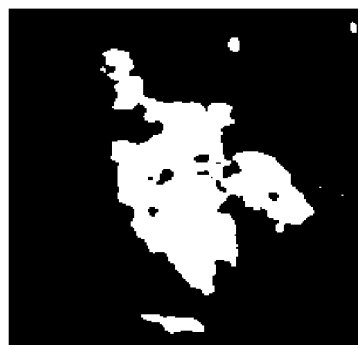


Figura 10. Día final del incendio en Córdoba representado en el formato de salida ASCII

La Fig. 10 es el nuevo mapa de salida en el formato ASCII requerido. Como se observa, todos aquellos valores de las celdas que no cumplieron con el valor adecuado del rojo, y cuyo nuevo valor equivale a cero, se encuentran en negro, en tanto que todos aquellos que corresponden al incendio se encuentran en blanco. El valor de las celdas dependerá del instante de quema, como este mapa corresponde al sexto día, su valor es de 8670 minutos (seis días).

Este proceso es realizado por separado para cada uno de los días, obteniendo un nuevo mapa de salida por cada combinación R, G, B visto en la tabla anterior. Así, tendremos seis nuevos mapas en el formato requerido.

nueva imagen ASCII	Tiempo de instante de quema
Mapa 29-08	1440 (minutos)
Mapa 30-08	2880 (minutos)
Mapa 31-08	4320 (minutos)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Mapa 01-09	5760 (minutos)
Mapa 02-09	7200 (minutos)
Mapa 03-09	8640 (minutos)

Con estos nuevos seis mapas ya es posible la realización de un mapa final que nos muestre el avance de la línea de fuego en el tiempo. El algoritmo final que se encarga de esto toma las matrices (o mapas) desde el último día del incendio, hasta el primero del mismo. La finalidad de realizarlo de esta manera (a la inversa de los sucesos) consiste en superponer las celdas de menores valores sobre las mayores, dejando a la vista en el nuevo mapa como se ha desarrollado el incendio en cada día.

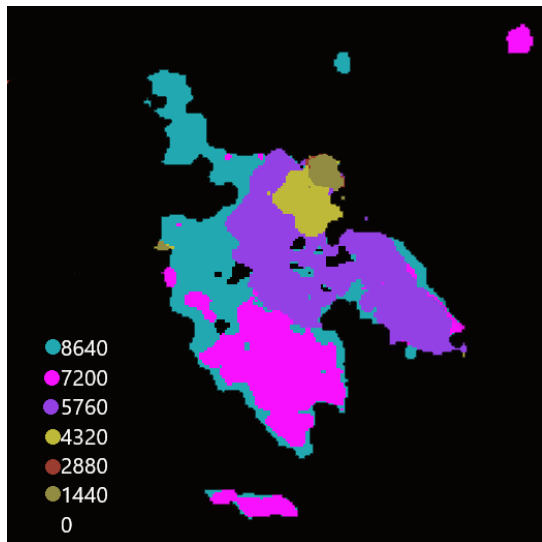


Figura 11. Mapa final del desarrollo del incendio en Córdoba en nuevo formato ASCII

Una vez obtenido el mapa de salida, cuyo resultado es el observado en la Fig. 11, es posible introducirlo al simulador del comportamiento de incendios para observar los resultados de su proceso de simulación.

6.2 Comparación entre la generación de mapas de modo manual y automático

En el método manual usado tradicionalmente, es necesaria la utilización de sistemas de información geográfica (como es el caso de ArcGIS, QGIS, etc.) para obtener las áreas quemadas de los mapas descargados. Para ello, se procede a marcar el perímetro en cada mapa, punto por punto, un número limitado de veces de manera

manual para conseguir un perímetro aproximado. Un ejemplo del mapa del día 03 de septiembre puede verse en la Fig. 12.

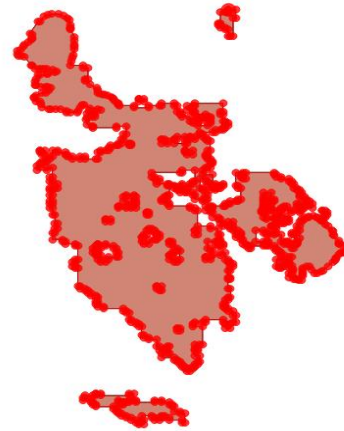


Figura 12. Día final del incendio en Córdoba representado en un formato vectorial

Como puede observarse, la unión de los puntos marcados (utilizando de base el mapa original descargado) da como resultado un nuevo mapa cuyo formato ya no pertenece a un archivo de tipo raster como el caso de los tipos GeoTIFF y ASCII utilizados en el presente trabajo, sino a un nuevo formato vectorial. Aunque el uso de formatos vectoriales en mapas de incendio cuenta con ciertas ventajas (como su facilidad de redimensionamiento) frente a los archivos ráster, las desventajas de su utilización en el presente caso implican una mayor imprecisión en el área tomada debido a dos factores particulares: la necesidad de marcar de manera visual una cantidad de puntos que estará siempre limitada con respecto al perímetro, y la obtención de una imagen de tipo vectorial desde un formato de tipo ráster (GeoTIFF).

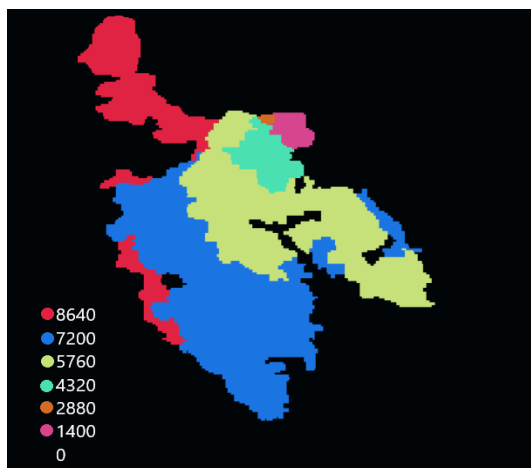


Figura 13. Mapa final del desarrollo del incendio en Córdoba en formato vectorial

En la Fig. 13 se observa el mapa obtenido de manera manual y puede apreciarse la diferencia con el mapa del incendio obtenido de manera automática de la Fig. 11.

Aunque se ha realizado un proceso de eliminación de las áreas inferior y superior derecha para trabajar con el progreso del área mayor del incendio, el área total del incendio generado manualmente supera en hectáreas la del mapa generado de manera automática con el proceso de este trabajo. A pesar de que estos valores sean mayores, su resultado es más impreciso que los obtenidos con el método automático ya que superan en exceso la cantidad total de hectáreas incendiadas. El detalle de estos valores y su diferencia pueden observarse en la tabla 6.

Fuente de información	ha incendiadas
Generado manualmente	95.400, 000 ha
Generado automáticamente	49.687,500 ha
Datos oficiales [27]	51.852, 063 ha

Finalmente es posible identificar de esta manera cómo la toma manual de los perímetros de área quemada en los mapas descargados acarrea un error debido a la conflictiva tarea de marcar de manera precisa dicho perímetro. Lo mismo puede entenderse si se considera la dificultad de identificar visualmente todas las celdas que, a primera

impresión, parezcan haber sido alcanzadas por el fuego. Por ello, el algoritmo codificado para lograr esta tarea puede ayudarnos a mejorar esta precisión en el mapa y trabajar utilizando datos más certeros con el fin de implementarse en el método de predicción seleccionado.

6.3 Utilización del perímetro en la predicción

Como ha sido mencionado anteriormente en el artículo, el simulador de comportamiento de incendios forestales cuenta con dos conjuntos de datos fundamentales para realizar su predicción: la línea de fuego real en un instante de tiempo determinado (vista en la sección anterior) y los parámetros de entrada del ambiente donde el fuego se ha desarrollado.

Parámetro	Rango
Modelo	1-13
Velocidad del viento	10.0 – 130.0 min/h
Dirección del viento	0.0 – 360.0
Pendiente	0.0 – 0.0
Aspecto	180.0 – 180.0
Humedad de la vegetación a 1 hora	0.1 – 0.3
Humedad de la vegetación a 10 horas	0.1 – 0.5
Humedad de la vegetación a 100 horas	0.1 – 0.5
Humedad del combustible herbáceo vivo	0.1 – 0.5

En nuestro caso de estudio, el mapa ha sido trabajado con 6 pasos de predicción, uno por cada instante de tiempo, con el fin de obtener 5 valores finales de fitness (recordando que en el primer instante no es posible realizar una predicción) en donde el rango va de 0 a 1, siendo 0 (0%) el peor valor de predicción y 1 (100%) una predicción perfecta. Los valores del tiempo corresponden a intervalos de 1440 minutos (un día). Para obtener una

estadística concreta de la calidad de predicción obtenida en cada instante de tiempo en este mapa, se ha resuelto a realizar 20 (veinte) simulaciones del mapa en el simulador de comportamiento de incendios forestales y conseguir un promedio de estos 20 valores en cada paso de predicción.

En la Fig. 14 (denominada gráfica de la función de fitness) podemos observar el valor de fitness (como valor propio del eje y) obtenido en cada intervalo de tiempo, o cada día (sobre el eje de las x) para la gráfica estadística.



Figura 14. Gráfica de la función de fitness

Entre los datos que pueden observarse a simple vista, es posible identificar un aumento de la calidad de predicción para los primeros dos días del incendio, con el pico mayor en el día número 3, seguido de una caída de los valores de predicción en el siguiente día de análisis del incendio. Para el día número cinco, hubo una tendencia general de alza en los valores de fitness para, finalmente, obtener un leve descenso de estos valores en el día final del incendio.

En la Tabla 8 se pueden observar los valores de los promedios resultantes de las veinte predicciones realizadas para cada instante de tiempo del incendio, es decir, un promedio de los resultados de la calidad de predicción para cada día del incendio.

Valor de Fitness	valor de instante de quema
-	Día 1 (1440)
0.24	Día 2 (2880)
0.60	Día 3 (4320)

0.30	Día 4 (5760)
0.40	Día 5 (7200)
0.23	Día 6 (8640)

7. Conclusiones

Ante la dificultad de obtener datos precisos de incendios forestales reales, en el presente trabajo se ha resuelto utilizar las herramientas de teledetección de los satélites MODIS cuyas combinaciones de bandas espectrales nos permiten utilizar imágenes sobre las áreas incendiadas en un incendio forestal. Sin embargo, las imágenes que estos satélites son capaces de otorgarnos no sólo no se corresponden con el formato requerido por el método ESSIM, sino que contienen datos más allá de los necesarios para dicho método.

A lo largo de este trabajo se ha realizado un proceso de conversión y toma de datos de estas imágenes satelitales con el fin de extraer las áreas propias del incendio de cada día en el formato requerido para ser utilizado en el método ESSIM. Para ello, se ha trabajado con las imágenes de un incendio real del año 2008 en la provincia de Córdoba, Argentina de seis días de duración. Una vez logrado esto, se realizó una comparación con el resultado obtenido mediante el método manual, demostrando mejoras en la precisión del área obtenida. Terminado esto, se procedió a utilizar el mapa en el sistema de predicción.

El método de trabajo consistió en realizar una predicción del comportamiento del incendio para cada día que el mismo duró con el objetivo de medir la calidad de predicción de cada una de ellas. Con el fin de realizar un trabajo estadístico que nos brinde resultados más generales, se procedió a introducir el mapa en el sistema de predicción un total de veinte veces y obtener la media de las predicciones para cada instante de predicción. Los resultados finales de esta estadística indicaron buenos valores en la calidad de predicción, especialmente de los días 2,3 y 5 con un valor del 60,25% de calidad de predicción del comportamiento del incendio en el día 3.

El mapa resultante, en el proceso de extracción y conversión, indica la posibilidad de seguir trabajando con este método para ser utilizado en el sistema de predicción de incendios forestales. Se planea continuar las experimentaciones mediante la obtención de imágenes en una amplia variedad de incendios forestales para verificar la aplicabilidad del sistema de predicción usado en el presente trabajo.

8. Referencias

- [1] Joint Research Centre Science for Policy Report. “*Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2016*”, Luxemburgo, Publications Office of the European Union, 2017.
- [2] C.Harris. Climate change blamed as EU’s forest fires more than double [En línea]. Disponible en: <http://www.euronews.com/2017/10/16/how-europe-s-wildfires-have-more-than-trebled-in-2017>. [Accedido: 21-julio-2018].
- [3] IGN. Límites, Superficies y Puntos Extremos | Instituto Geográfico Nacional [En línea]. Disponible en: <http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geografia/DatosArgentina/LimitesSuperficiesyPuntosExtremos>. [Accedido: 21-julio-2018].
- [4] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Ambiente Bosques [En línea]. Disponible en: <http://bosques.ambiente.gob.ar/geomaps#nacional>. [Accedido: 21-julio-2018].
- [5] Subsecretaría de desarrollo foresto industrial. “*Estadísticas de incendios forestales. Período 2014-2015*”, Buenos Aires, abril 2016.
- [6] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. “*Estadística de incendios forestales 2015*”, Buenos Aires, agosto 2016.
- [7] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. “*Estadística de incendios forestales 2016*”, Buenos Aires, junio 2017.
- [8] Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Tardivo, M. L.” *Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through the improvement of the internal metaheuristic*”. Fire Safety Journal, 82, 49–62 (2016).
- [9] Tardivo, M. L., Caymes Scutari, P., Bianchini, G., & Méndez Garabetti, M. “*Ajuste de parámetros evolutivos para el método paralelo de reducción de incertidumbre ESSIM-DE*”, Libro de Actas XXII CACIC 2016, XXII Congreso Argentino de Ciencias de La Computación, 1, 4-13 (2016).
- [10] Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., Méndez-Garabetti, M., & Tardivo, M.L. “*Método de Reducción de Incertidumbre basado en Algoritmos Evolutivos Paralelos orientado a Procesos de Predicción*”. XVII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (2015).
- [11] Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Méndez-Garabetti, M. “*Evolutionary-Statistical System: A parallel method for improving forest fire spread prediction*”. Journal of Computational Science, 6(1), 58–66. (2015).
- [12] NASA Official: Gleason, J. Joint polar satellite system [En línea]. Disponible en: <https://jointmission.gsfc.nasa.gov/about.html>. [Accedido: 30-julio-2018].
- [13] Ferreyra, A. “*La observación de la Tierra desde el espacio. Un recurso disponible*”. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. 57-61. (2016).
- [14] LANDFIRE Program: Home [En línea]. Disponible en: <https://www.landfire.gov/>. [Accedido: 30-julio-2018].
- [15] Brandon M., NASA Official: Frazier, S. MODIS specifications [En línea]. Disponible en: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>. [Accedido: 30-julio-2018].
- [16] NASA Official: Kurtis T., Webmaster: Pearce, S. Curator: Owen, T. MODIS|TERRA [En línea]. Disponible en: <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/modis>. [Accedido: 05-agosto-2018].
- [17] Digital Globe. *Shortwave-infrared Imaginary Data Sheet*. (2017).
- [18] Edmund Optics Inc. What is SWIR [En línea]. Disponible en: <https://www.edmundoptics.com/resources/application-notes/imaging/what-is-swir>. [Accedido: 05-agosto-2018].
- [19] NASA web curator: B. Maccherone. MODIS Web [En línea]. Disponible en: <https://modis.gsfc.nasa.gov/about/>. [Accedido: 08-agosto-2018].
- [20] Giglio, L. “*MODIS collection 6 active fire product user’s guide, revision A. Technical Report*”. University of Maryland, 2015.
- [21] Fuchs, E. M., Stein, E., Strunz, G., Strobl, C., & Frey, C., “*Fire monitoring-The use of medium resolution satellites (AVHRR, MODIS, TET) for long time series processing and the implementation in user driven applications and services*”. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 40 (7W3), 797–804. (2015).
- [22] EOSDIS Worldview [En línea]. Disponible en: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>. [Accedido: 12-agosto-2018].
- [23] Zhang, J. H., Yao, F. M., Liu, C., Yang, L. M., & Boken, V. K., “*Detection, emission estimation and risk prediction of forest fires in China using satellite sensors and simulation models in the past three decades-An overview*”. International Journal of Environmental Research and Public Health, 8(8), 3156–3178. (2011).
- [24] DOXYGEN. GDAL: GDAL - Geospatial Data Abstraction Library [En línea]. Disponible en: <https://www.gdal.org/>. [Accedido: 17-agosto-2018].
- [25] Zúñiga A., Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Caymes-Scutari, P., & Tardivo, M. L., “*Análisis de Resolución de Mapas de Entrada en Método de Predicción de Incendios Forestales*” (2017).
- [26] La Nación. Una nevada extinguió el fuego en Córdoba - LA NACION [En línea]. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/1047057-una-nevada-extinguio-el-fuego-en-cordoba>. [Accedido: 18-agosto-2018].
- [27] Secretaría de Ambiente, “*INCENDIOS EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA AGOSTO 2008*”, Córdoba, agosto 2008.
- [28] King-hele,D.G. “*The Orbital Lifetimes of Molniya Satellites*”. ROYAL AIRCRAFT ESTABLISHMENT FARNBOROUGH, Inglaterra, 1975.
- [29] NASA Official, Ichoku, C., Catalog Office Earth Satellite Orbits [En línea]. Disponible en: <https://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsCatalog/page2.php> [Accedido: 06-septiembre-2018].
- [30] Muñoz, C., Acevedo, P., Salvo, S., Fagalde, G., & Vargas, F. . “*Detección de incendios forestales utilizando imágenes NOAA / 16-LAC en la Región de La Araucanía, Chile*”. Bosque, Revistas Electrónicas UACH. 28(2), 119–128. (2007)
- [31] Antonio, J., Camacho, A., & Díaz-ramírez, A.. “*Red de sensores inalámbrica para la detección de incendios forestales*”. Advances in Computing Science. Centro de Investigación en Computación. 107, 73–85. (2015)

Cálculo de áreas y perímetros con Realidad Aumentada

José Rolando Quispe ¹

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.

josexeq@gmail.com

Abstract

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de una aplicación que usa la realidad aumentada en el ámbito de la educación. Permite a niños de primaria aprender a calcular áreas y perímetros de figuras geométricas planas de manera interactiva y mediante un juego. Esto deja atrás el clásico uso que tiene la realidad aumentada consistente en mostrar contenido en 3D, un sonido o video en una pantalla como resultado de apuntar con la cámara a un patrón determinado. Para llevar a cabo este trabajo se hizo uso del juego llamado Tangram, el cual permite crear diferentes figuras geométricas usando las siete piezas que lo conforman. Los patrones insertados en cada pieza junto a otros patrones más y la ejecución de la aplicación creada permiten calcular el área y perímetro mediante el uso de la realidad aumentada. El uso de esta aplicación proporcionará una nueva forma de aprender interactuando con la tecnología y será de gran ayuda para niños de primaria

1. Introducción

Los avances tecnológicos presentes en la actualidad están introduciendo nuevos retos y desafíos en los procesos de enseñanza y aprendizaje de toda institución educativa sea primaria, secundaria o universitaria. Esto permite que se genere un cambio en el dictado de clases tradicionales al complementar el uso del pizarrón y la tiza con el empleo de computadoras, tabletas y en algunos casos con teléfonos celulares, logrando así, obtener aulas donde las clases son interactivas, dinámicas y más visuales.

Muchas instituciones educativas, como así también, los desarrollos de sus prácticas están desfasadas en el tiempo. Esto hace referencia a la oferta cultural, de aprendizaje y de enseñanza frente a los nuevos sujetos producto de las condiciones sociales, culturales y fundamentalmente tecnológicas, como son los estudiantes que corresponden a la denominada generación NETs [1]. Este autor indica que, debido a la gran cantidad de información a la que están expuestos los

alumnos NETs, cualquier situación de enseñanza puede resultarles aburrida y continuamente buscan ámbitos y experiencias de aprendizaje divertidas. Estos alumnos necesitan recibir instrucciones precisas, requieren contar con planes de trabajo detallados con los cuales poder obtener recompensas de forma inmediata, por lo tanto, se muestran responsables y comprometidos cuando encuentran sentido en lo que hacen, cuando son útiles para alguien o algo [2]. Desde este punto de vista, la oferta académica actual debería abandonar, en partes, su forma tradicional de enseñar ciertos temas y apuntar a la producción de saberes y maneras de enseñarlos que tomen en cuenta las características de estos nuevos sujetos que habitan las aulas actuales.

En educación, la capacidad para simular situaciones y experiencias que no sean posibles en el mundo real permite el aprendizaje de una forma más intuitiva e interactiva. Por ejemplo, imaginar un problema complejo de física o un experimento de química puede tener una gran dificultad para el estudiante, [3]. En este contexto la Realidad Aumentada puede ser una herramienta alternativa en la enseñanza y en la superación de estas dificultades permitiendo un aprendizaje de forma más intuitiva e interactiva

En este sentido, el uso de las nuevas tecnologías como ser la Realidad aumentada representa un recurso tecnológico alternativo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, permitiendo superar ciertas dificultades y brindando un entorno de aprendizaje más intuitivo e interactivo.

Existen muchas aplicaciones de RA destinadas a la educación, pero la mayoría de ellas consisten en apuntar con la cámara del dispositivo, ya sea una notebook, tableta o celular, hacia un determinado marcador con lo cual se obtiene como resultado una imagen en 3D, un video o sonido sobre una escena real. En este tipo de aplicaciones no hay interacción con el/los marcador/es y lo único que se consigue con él es mostrar un recurso digital como resultado de la ejecución del programa.

En algunos casos el usuario puede presionar determinadas partes de la pantalla del dispositivo para poder interactuar con la aplicación, pero el marcador

sigue siendo usado solo para lanzar el recurso digital. Se puede decir que en este tipo de aplicaciones el uso de la Realidad aumentada es estático ya que no existe interacción con el marcador, además, de poder obtener el mismo resultado sin usar el marcador ni RA.

En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación destinada a niños de escuelas primarias la cual facilita el aprendizaje mediante el uso de RA. Con esta aplicación los niños podrán interactuar con la misma mediante el uso de varios marcadores y aprender usando la tecnología de una manera diferente, interactiva, fácil y divertida para obtener los resultados propuestos.

2. Realidad Aumentada

El concepto de Realidad Aumentada (RA) aceptada hoy en día es la propuesta por [4] que la presentaba como un conjunto de tecnologías que combinan imágenes reales y virtuales, de forma interactiva y en tiempo real, de manera que permite añadir la información virtual a la información física que el usuario percibe del mundo real.

Para hacer uso de esta tecnología se necesita contar con:

- **Cámara Web:** permite capturar las escenas del mundo real. Actúa como puente entre el ambiente real y el software de RA. Tiene que contar con libertad de movimiento, una buena resolución y un ambiente iluminado para detectar con facilidad el patrón utilizado.
- **Software de Realidad Aumentada:** la cámara web genera un video del entorno existente en tiempo real enviándolo al software de RA, quien es el encargado de procesar la información adquirida por la cámara, los datos almacenados en su base de datos, la información proporcionada por los patrones, así como la posición, orientación y marcas de reconocimiento. Una vez procesada toda esta información se procede a una adecuada fusión entre imágenes reales y objetos virtuales. Finalmente, sobre la imagen capturada y mediante librerías externas, serán dibujados los objetos 3D de modo que aparezcan sobre el patrón en la posición, orientación y tamaño correspondiente al punto de vista de la cámara [5].
- **Dispositivo de Visualización:** es la pantalla o monitor, a través de la cual proyectará la suma de lo real y lo virtual, lo cual consiste en añadir información de forma numérica, textual o bien objetos que no estaban presentes en la escena original, conformando la RA. Esta composición es la que el usuario final verá reflejada en el dispositivo de salida

2.1. Patrones o Marcadores

Un marcador o patrón es una imagen, generalmente impresa en una hoja, que una computadora, Tablet o teléfono celular puede procesar y de acuerdo a la programación definida para esa imagen, le incorpora un modelo en 3D, sonido o video.

Existen diferentes tipos de marcadores:

- **“DataMatrix” y “QRCode”:** Su uso principal se asocia a los hipervínculos y no fueron pensados específicamente para RA. Codifican una serie de caracteres ASCII. El uso más común es la codificación de una URL de forma que una aplicación al leerlos y decodificarlos pueda derivar al sitio web codificado. En la Figura 1 y Figura 2 se muestran estos tipos de marcadores.



Figura 1. Marcador de tipo Datamatrix



Figura 2. Marcador de tipo QRCode

- **Marcadores de tipo “template”:** son cuadrados negros que en su interior tienen una imagen asimétrica de color blanco. En la figura 3 se muestra uno de ellos.



Figura 3. Marcador de tipo template

- **Imágenes:** debido a los avances tecnológicos hoy en día es posible usar una imagen como marcador en lugar de los marcadores en blanco y negro. En éstas hay muchas características o puntos de interés (como son los bordes, esquinas y texturas) que pueden utilizarse para la identificación.

3. Planteamiento del problema

El grupo de investigación [6], al que pertenece el autor de este trabajo, dictó un curso de RA destinado a docentes de escuelas primarias. Uno de los objetivos de este curso fue el de introducir los aportes de la RA como recurso didáctico en las aulas jujeñas. En una de las clases se expusieron los trabajos de RA desarrollados por el grupo y otros que se consideraron útiles, ya que, al curso asistieron docentes de diferentes grados y materias. En dicha clase varios docentes de matemáticas comentaron la dificultad que tienen para enseñar algunos conceptos referentes a geometría. Una de esas dificultades consistía en el cálculo del perímetro y área de figuras geométricas planas.

De manera tradicional el docente explicaba el tema usando pizarrón y tiza para luego proponer la resolución de ejercicios similares. Al momento de hacer la corrección descubría que el alumno no había llegado a entender el procedimiento para el cálculo o confundía los conceptos de perímetro con área.

Por ejemplo, se les enseñaba a calcular el perímetro de un cuadrado y el de un triángulo de forma separada y el alumno lograba entender el procedimiento, pero cuando el docente creaba una sola figura uniendo el cuadrado con el triángulo y pedía que se calcule su perímetro los alumnos presentaban dificultades en realizar dicho cálculo. Algo parecido sucedía con el cálculo del área de figuras planas. De allí que los docentes consideraban muy útil idear alguna forma de poder aplicar la RA para enseñar estos conceptos de forma interactiva, visual y práctica.

La solución debía ser algo diferente al clásico uso de la RA, en donde se muestra una imagen en 3D o un video cuando se coloca un marcador frente a la cámara del dispositivo usado. Un guía para el presente trabajo fue lo realizado por [7] donde se hace uso de la RA de manera interactiva, obteniendo resultados en base a cubrir o no los patrones con un dedo.

4. Solución propuesta

En este artículo se presenta el desarrollo de una aplicación de RA que propone una forma alternativa e interactiva para que los niños de primaria puedan aprender a calcular el perímetro y área de figuras geométricas planas. Además, se hace uso de los patrones impresos de manera diferente a la tradicional permitiendo así ayudar a realizar los cálculos. Para la solución se usa el juego conocido como Tangram.

4.1. Uso del Tangram

El Tangram es un juego de origen chino que se utiliza para estimular la capacidad creativa de quienes lo usan.

Tuvo su origen como juego para pensar, pero hoy en día está consolidado como uno de los materiales didácticos de mayor interés para el aprendizaje de las matemáticas en diferentes niveles, fundamentalmente en el área de geometría, aunque también para trabajar algunos aspectos del álgebra, como son los números racionales [8]. Está formado por siete figuras geométricas, las cuales son: dos triángulos grandes, un triángulo mediano, dos triángulos pequeños, un cuadrado y un romboide. En la figura 4 se muestra un Tangram.

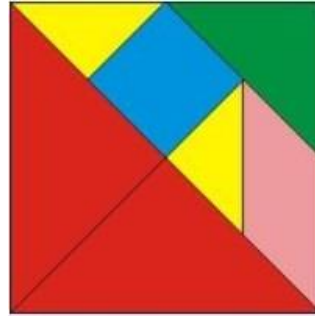


Fig. 4. Figuras geométricas que conforman el Tangram

Este juego consiste en formar nuevas figuras geométricas con las partes que lo componen. En el juego se deben cumplir dos reglas sencillas:

- Se deben usar todas las piezas.
- Las piezas no pueden superponerse.

4.2. Construcción del Tangram

La forma tradicional en la que se presenta el Tangram es con todas sus piezas unidas formando un cuadrado. No están definidos los colores de cada pieza así que para el presente trabajo se eligieron colores al azar. En la figura 5 se muestra el Tangram propuesto.

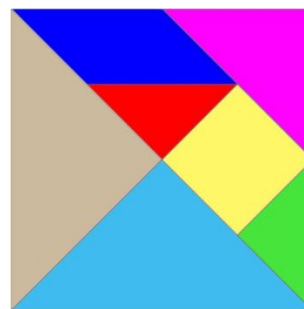


Figura 5. Tangram propuesto en el presente trabajo

Para que los alumnos puedan comprobar el resultado de los cálculos se decidió crear el Tangram respetando una escala de medida. Cuando todas las piezas están unidas formando un cuadrado cada uno de sus lados mide 20 centímetros. Para que sea fácil identificar la unidad de medida se dibujaron marcas cada 1 centímetro. De esta manera, se puede comprobar el resultado midiendo directamente sobre la figura formada.

Para poder hacer uso de la RA es necesario contar con patrones. Por este motivo, se colocó un patrón en cada pieza. En la figura 6 se muestra el Tangram que se va a usar para realizar los cálculos.

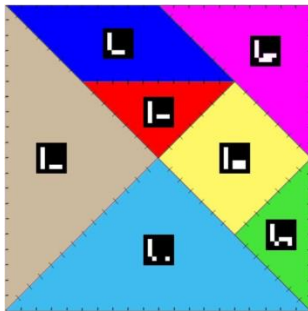


Figura 6. Tangram usado para determinar el perímetro y área de figuras geométricas.

4.3. Software usado para crear la aplicación

El software OpenSpace3D permite crear aplicaciones con RA, posee varios patrones propios y se usó en el presente trabajo para crear la aplicación. Los patrones presentes en la figura del Tangram pertenecen a OpenSpace3D.

4.4. Calculo del área

Como prueba inicial se instaló la aplicación en un teléfono celular con sistema operativo Android y se calculó el área del Tangram cuando todas las piezas forman un cuadrado. Si se calcula el área de cada pieza y luego se suman todas, se obtiene el área total. Para el ejemplo, las áreas son:

- Triangulo grande = 100 cm^2 cada uno
- Triangulo pequeño = 25 cm^2 cada uno
- Romboide = 50 cm^2
- Cuadrado = 50 cm^2
- Triangulo mediano = 50 cm^2

La suma da un total de 400 cm^2 . Este resultado se ve en la figura 7 al ejecutar la aplicación.

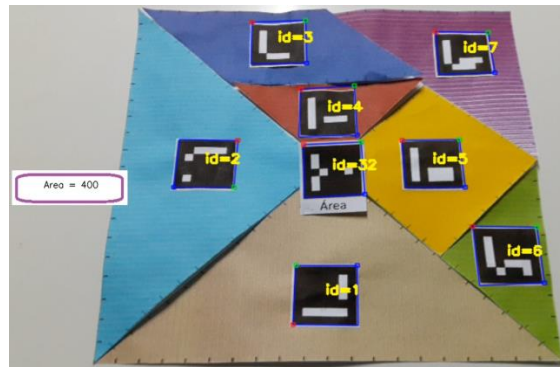


Figura 7. Área del Tangram cuando todas las piezas forman un cuadrado.

4.5. Calculo del perímetro

El perímetro puede entenderse como la medida del contorno de una figura geométrica. Por esta razón, al crear una figura usando todas las piezas del Tangram habrá ciertos lados de las piezas que no formarán parte del perímetro, por lo general, serán las partes internas. Para indicarle a la aplicación que dichos lados no forman parte del perímetro se dispuso usar un patrón por cada lado. Debido a la cantidad y formas de las piezas se usan 23 marcadores, uno por cada lado de cada pieza. En la figura 8 se muestran algunos los patrones que representan a cada uno de los lados de dichas piezas.



Figura 8. Algunos de los marcadores que representan los lados de cada pieza.

Para el cálculo del perímetro usando la aplicación se debe:

- Crear una figura geométrica a la cual se le va a calcular el perímetro. Esta figura debe estar formada por las 7 piezas que conforman el Tangram.
- Seleccionar los lados de las piezas que no forman parte del perímetro.
- Colocar los patrones que representan a los lados que no forman parte del perímetro.
- Colocar el patrón que representa el perímetro.

- Ejecutar la aplicación y apuntar con la cámara hacia la figura asegurándose de que todos los patrones se encuentren activos. La aplicación mostrará por pantalla un recuadro con el resultado producto del cálculo del perímetro de la figura.

4.6. Demostración del cálculo del perímetro de una figura

Para la siguiente demostración se usó un Tangram más pequeño que el mencionado anteriormente. Cuando todas las piezas están juntas y formando un cuadrado el Tangram mide 10 cm por 10 cm.

A modo de ejemplo, se usan las siete piezas del Tangram y se crea la figura de un ave, como se muestra en la figura 9.

Observando la figura se concluye que los lados de las piezas que no forman parte del perímetro son (de arriba abajo y de izquierda a derecha): lado del cuadrado, lado del triángulo pequeño rojo (o lado del cuadrado), base del triángulo mediano (o lado del triángulo grande), lado del triángulo mediano (o base del romboide), y lado del triángulo grande. A continuación, se deben seleccionar los patrones que representan a dichos lados y colocarlos junto a la figura. También se debe colocar el patrón que representa el perímetro. La figura 10 muestra el ave con todos los patrones necesarios.

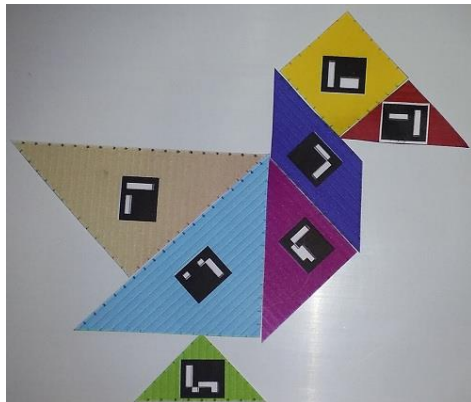


Figura 9. Nueva figura creada a partir de las piezas del Tangram

Finalmente se debe ejecutar la aplicación y apuntar con la cámara hacia la figura creada junto con todos los marcadores. Se debe tener en cuenta todos los marcadores deben estar activos para obtener el resultado correcto. Un marcador está activo cuando presenta un recuadro de color encima y un número de él. En la figura 11 se muestra la ejecución de la aplicación con su resultado correspondiente. La aplicación muestra como

resultado el número 68, lo cual equivale 68 cm y se corresponde con el perímetro de la figura creada.

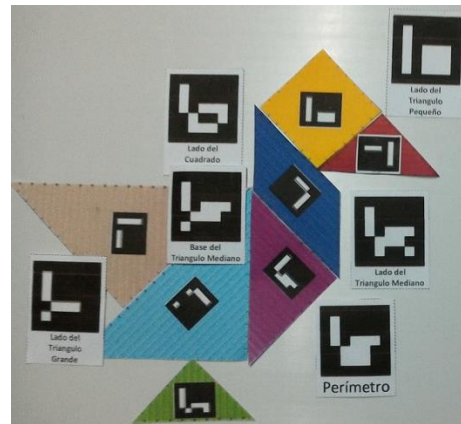


Figura 10. Figura del ave junto con los patrones necesarios para el cálculo del perímetro

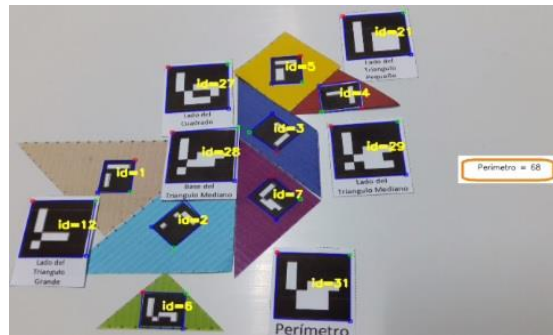


Figura 11. Ejecución de la aplicación para el cálculo del perímetro

De manera similar se pueden crear diferentes figuras geométricas y calcular su perímetro.

4.7. Consideraciones a tener en cuenta

Al momento de usar los patrones para indicar los lados que no forman parte del perímetro se pueden sustituir uno por otros más grandes. Por ejemplo, dos lados de dos triángulos pequeños son iguales a un lado del triángulo grande, entonces se obtendrá el mismo resultado si se usan dos patrones correspondientes a los lados de los triángulos pequeños o un solo patrón perteneciente a un lado del triángulo grande.

Una de las reglas del Tangram dice que para crear una figura se deben usar todas las piezas y por esta razón, cualquier figura con la cual se trabaje siempre tendrá la misma área. Pero la aplicación está preparada para calcular áreas donde no se usen todas las piezas. Un

ejemplo se muestra en la figura 12 donde se calcula el área del cuadrado y del triángulo grande juntos. Para este ejemplo se usó el tangram pequeño de 10x10. Teniendo en cuenta que el cuadrado tiene 3,5 cm en cada lado, que el triángulo tiene una base de 10 cm y una altura de 5 cm el área total será de 37,25 cm² tal como lo muestra la aplicación.

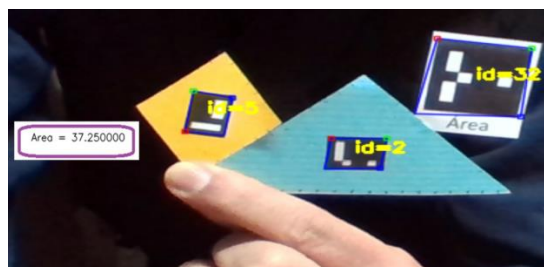


Figura 12. Ejecución de la aplicación para el cálculo de áreas donde no se usan todas las piezas

De igual manera puede calcularse los perímetros de figuras donde no se usen todas las piezas.

Como ultima consideración se pone de manifiesto que la aplicación está disponible para computadoras con Windows y también para dispositivos móviles con el sistema operativo Android.

5. Conclusiones y trabajo futuro

La aplicación desarrollada utiliza la realidad aumentada en el ámbito de la educación de una manera diferente. Deja atrás aquello de mostrar animaciones, sonido o video como consecuencia de apuntar con la cámara a un marcador determinado. Y ayuda a los niños que pueblan las aulas a aprender mediante el juego e interactuando con una nueva tecnología que llego para quedarse.

La aplicación desarrollada ha sido puesta a consideración de algunos docentes de matemática de escuelas primarias, los cuales estuvieron muy satisfechos con la misma. Cabe destacar que aún no se ha realizado el uso de esta aplicación en clases para comprobar si ayuda o no a los niños con los temas de geometría plana. Este es un trabajo que se pretende realizar a futuro. También se tiene pensado agregar más funcionalidades como ser el ingreso de la unidad de medida manualmente para poder ser usado en cualquier tamaño de Tangram, agregar el cálculo de volúmenes, permitir trabajar con ángulos de las piezas, entre otras funcionalidades.

6. Referencias

- [1] Córca, J.L., Dinerstein. P.:Diseño Curricular y Nuevas Generaciones: Incorporando a la Generación Net. ISBN 978-987-24871-2-6. Editorial Virtual Argentina. Mendoza, 2009.
- [2] Gálvez, M. P., et.all. Realidad Aumentada: innovación educativa en las aulas jujeñas. XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)
- [3] Fabregat Gesa, R., Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas, *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, vol. 9, núm. 2, pp. 69-78, mayo-agosto, 2012, Universidad del Zulia Maracaibo.
- [4] Azuma, R. A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4):355-385, 1997.
- [5] Kato, H., and M. Billinghurst, Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System, 2do Workshop Internacional sobre Realidad Aumentada. San Francisco, 1999.
- [6] Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software. Facultad de Ingeniería – UNJu. <https://sites.google.com/view/gidisunju/inicio>
- [7] Quispe, J.R., Gálvez, M.P.: Geografía interactiva con realidad aumentada. 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información, Santa Fe, Argentina (2017)
- [8] Aplicaciones del Tangram en el aula de Matemáticas. Red de recursos educativos en abierto. <http://procomun.educalab.es/es/ode/view/1416349610158>

Diseño de una Interfaz Hombre – Máquina para un Sistema Disco Stirling

Daniel Monferrán ^{1,2}, Daniel Zambrano ¹, Gustavo Jiménez Placer ^{1,3}, Gustavo Real ¹

¹Universidad Nacional de General Sarmiento - Instituto de Industria

¹Juan María Gutiérrez 1150, (1613) Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina

²Universidad Tecnológica Nacional-FRD

³Universidad Abierta Interamericana

{dmonferr, dzambrano, gplacer, greal}@campus.ungs.edu.ar

Abstract

The development of the unconventional energy sources application that can reduce the dependence on oil, is one of the driving forces of applied research in this century. Within these energy sources it is possible to highlight the advances made in the energy area that involves the use of solar energy. In this sense, a particular option is the use of this source in a thermal machine, specifically an external combustion engine as such as the case of the Stirling cycle engine. Given the need to improve the energy efficiency of this system, Disco-Stirling type solar concentrators have been successfully applied, obtaining very good results.

The objective of this work is the development of a monitoring software and its graphical user interface with didactic purposes to control the movement of a Disco-Stirling with solar tracker that makes use of a single C.C. for its displacement. The rotation of the solar tracker with equatorial mount is given by an inclined axis. The interface has developed an algorithm designed to reduce the electrical energy consumed by the C.C. in a day of solar tracking.

The development of this monitoring software and its interface is implemented within the framework of a research process, with precise objectives regarding the development of hardware and free software. For this reason, applications with microcontrollers have been developed on a data acquisition board developed at the university as well as open programming languages. The monitoring software communicates with the board to take data and control the solar tracker, in such a way to become independent of commercial systems type PLC (programmable logic controller).

Resumen

El desarrollo de la aplicación de fuentes energéticas no convencionales que puedan disminuir la dependencia del petróleo, es uno de los motores de la investigación

aplicada en este siglo. Dentro de estas fuentes energéticas es posible destacar los adelantos realizados en el área energética que implica el aprovechamiento de la energía solar. En este sentido, una opción particular es la utilización de esta fuente en una máquina térmica, específicamente un motor de combustión externa como en el caso del motor de ciclo Stirling. Dada la necesidad de mejorar la eficiencia energética de este sistema, se han aplicado con éxito, los concentradores solares de tipo Disco- Stirling, obteniendo muy buenos resultados.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un software de monitoreo y su interfaz gráfica de usuario con fines didácticos para controlar el movimiento de un Disco-Stirling con seguidor solar que hace uso de un único motor de C.C. para su desplazamiento. El giro del seguidor solar con montura ecuatorial está dado por un eje inclinado. La interfaz tiene desarrollado un algoritmo destinado a reducir la energía eléctrica consumida por el motor de C.C. en un día de seguimiento solar.

El desarrollo de este software de monitoreo y su interfaz se implementa en el marco de un proceso de investigación, con objetivos precisos en cuanto al desarrollo de hardware y software libre. Por este motivo, se han desarrollado aplicaciones con microcontroladores sobre una placa de adquisición de datos desarrollada en la universidad así como los lenguajes de programación abiertos. El software de monitoreo se comunica con la placa para tomar datos y controlar el seguidor solar, de tal modo de independizarnos de sistemas comerciales tipo PLC (Controlador lógico programable).

1. Introducción

Existe una extensa producción de publicaciones vinculadas a los sistemas de concentradores solares de tipo parabólicos [1] [2] [3].

Se han desarrollado diferentes sistemas que permiten el control de seguidores solares; en [4] se diseña un

seguidor solar a dos ejes por punto luminoso, en [5] se desarrolla un seguidor de “Punto de Máxima Potencia, (PMP)”, en [6] se presenta un algoritmo que controla un seguidor de dos ejes.

En la universidad se diseñó y se implementó, un concentrador solar tipo *DS*.

En principio es un seguidor solar con montura ecuatorial, el giro del seguidor está dado por un eje inclinado. En la estructura soporte del seguidor solar está montado un paraboloide espejado destinado a concentrar la energía solar y un motor térmico de ciclo cerrado regenerativo con un fluido gaseoso permanente denominado motor Stirling, en este montaje el intercambiador de calor del motor Stirling recibe energía del concentrador parabólico. Al conjunto ‘paraboloide concentrador - motor Stirling’ se lo denomina “Disco Stirling, (*DS*)”

Para la realización del giro ecuatorial se utiliza un motor de C.C., que es controlado por el sistema denominado “Sistema de Monitoreo Disco Stirling, (*SMDS*)” desarrollado específicamente para este propósito. *SMDS* envía órdenes a una unidad conformada por una “Placa Adquisidora de Datos y Actuador, (*ACQ*)”, la placa ejecuta las órdenes del *SMDS* mediante la conmutación de los contactos de sus relés de salida, y modifica el estado de movimiento del motor de C.C. que conecta con una fuente de tensión por medio de esos contactos. El sistema *SMDS* cuenta con una interfaz gráfica que permite el control manual o automático del movimiento del *DS*. El motor Stirling montado en la estructura es el encargado de transformar la energía solar térmica en energía mecánica y mediante su movimiento acoplado a un generador, permite obtener energía eléctrica. El *DS* tiene un movimiento de rotación en eje ecuatorial y realiza el seguimiento del movimiento solar mediante el giro de su eje en un sentido u otro en el plano ecuatorial. La orientación del disco está determinada por la cantidad de energía solar detectada por dos sensores foto resistivos “Light Dependent Resistors, (*LDR*)” montados en la estructura y que acompañan el movimiento del disco.

Para el *DS* el objetivo del seguidor solar no es mantener al dispositivo en la posición de enfoque solar sino garantizar la continuidad del movimiento del motor Stirling. Con este concepto surge la idea de desarrollar un algoritmo particular para este tipo de dispositivo a los efectos de reducir la energía eléctrica consumida en un día de seguimiento solar por el motor de C.C. que da movimiento al seguidor solar.

1.1. Justificación

Esta línea de investigación se inserta en el proyecto titulado ‘Desarrollo de Laboratorios Experimentales y

Didácticos para la Investigación y Enseñanza de Energías Renovables’ de la Universidad.

1.2. Desarrollo

Para un mejor entendimiento del proceso que ha llevado al desarrollo de una interfaz hombre – máquina (*HDMI*) que permite el control del conjunto *DS*, se ha dividido el desarrollo en secciones. En la Sección II se describen los componentes que intervienen en el control del *DS*. En la Sección III se describe la metodología. En la Sección IV se describen las etapas del seguimiento solar. En la Sección VI se detallan las conclusiones.

2. Componentes

El “Sensor Solar, (*SS*)” es una unidad modular construida con los dos *LDR*. El *SS* se encarga de transformar la radiación que se proyecta sobre la superficie de la parábola en valores de tensión.

La “*ACQ*” lee periódicamente el estado del *SS* conectado a sus canales de entrada y envía esos datos al *SMDS* por comunicación *USB* cuando el *SMDS* lo solicita.

Modifica el estado de movimiento del motor de C.C. mediante la conmutación de relés con contactos que conectan al motor con la fuente de alimentación de acuerdo a lo solicitado por el *SMDS*

Escucha periódicamente la entrada de órdenes del *SMDS* por comunicación *USB*

El *SMDS* permite que el usuario controle remotamente los movimientos del *DS* y monitoree el estado del motor de C.C. y del *SS*.

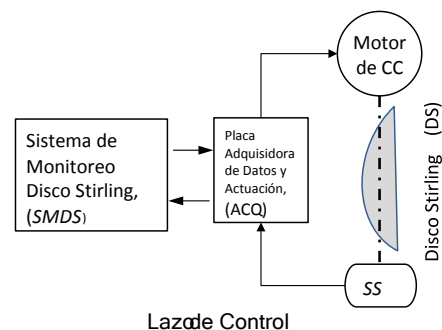


Fig. 1. Diagrama en bloques del lazo de control para el sistema *DS*

El *SMDS* recibe información de la *ACQ*, interpreta los estados de tensión del *SS* y decide si se corrige la posición del concentrador mediante rotación en el plano

ecuatorial hacia la posición de enfoque o “Punto de Máxima Potencia, (PMP)”. Es decir que de acuerdo al estado de tensión del SS el SMDS toma las decisiones programadas de ir hacia el oriente u occidente y envía las órdenes a la ACQ. Fig. 1

El SMDS ha sido desarrollado en Python, software bajo licencia de código abierto.

Los sistemas SMDS y ACQ son desarrollos propios de la universidad. De esta forma, se mantiene cada uno de los dos componentes en su área de especialización y con el objetivo de futuros desarrollo de tipo colaborativo, ya que se trata de sistemas “abiertos”. El SMDS realiza el análisis de los datos, su interpretación y la consecuente toma de decisiones, mientras que la ACQ traduce en tiempo real los parámetros y ejecuta las acciones solicitadas por el SMDS. Por medio de un puerto de conexión USB, el SMDS se comunica con la ACQ y constituyen la unidad de control del sistema. Fig. 2

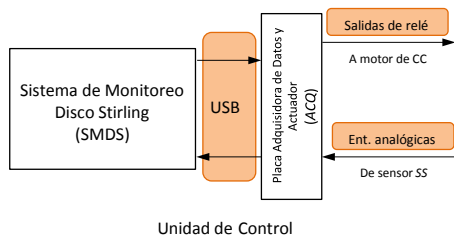


Fig. 2. Diagrama en bloques de la unidad de control

3. Paneles de la Interfaz

En la Fig. 3 se muestra el panel “Setting Panel” desde el que se puede asignar valores a algunos de los parámetros mencionados. En “Solar parameters” se puede asignar la hora de inicio y la hora de finalización del ciclo de seguimiento solar. En “Disc Parameters” recalcula la velocidad angular del DS.

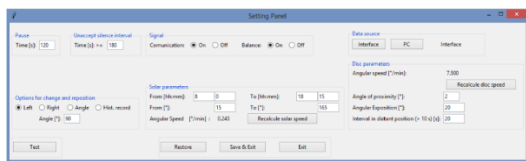


Fig. 3. SMDS: Panel de configuración de parámetros

En la Fig. 4 se muestra el panel “Communication PC - Control Loop” desde donde se inicia el ciclo de

seguimiento solar. Se puede decidir el sentido de giro del DS para alcanzar la posición de inicio, el sentido de giro para el seguimiento solar será el opuesto. En “Solar parameters” se puede observar la hora de inicio y la hora de finalización del ciclo de seguimiento solar fijadas en el panel “Setting Panel”.

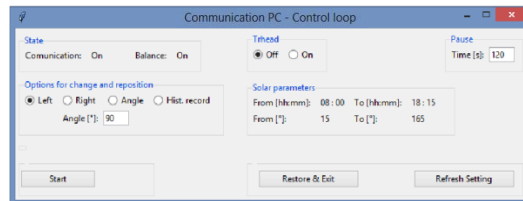


Fig. 4. SMDS: Panel de inicio del seguimiento solar

En la Fig. 5 se muestra el estado de los sensores y el motor de C.C. a intervalos regulares fijados en el panel “Setting Panel”. Se pueden observar también los valores estimados de los ángulos de desplazamiento del sol y del DS; Motor 1 (sentido 1) y Motor 2 (sentido 2) hace referencia al sentido de giro asignado al motor de C.C. en cada instante.

En la Fig. 6 se muestra el desplazamiento del SS en un día de seguimiento solar

4. Metodología

Con el objetivo de reducir el consumo de energía consumida por del motor de C.C., se reduce el número de veces que el motor arranca y se detiene durante el seguimiento solar. Para ello se determina empíricamente un “Tiempo de exposición solar con motor detenido (TED)”, de modo tal que no se interrumpa el movimiento del motor Stirling mientras es sol se desplaza de la posición de enfoque.

El SMDS consulta periódicamente la hora del sistema operativo (SO) y compara con la hora de inicio configurada y grabada en archivo. Si la hora del SO coinciden con la hora de inicio, el SMDS envía a la ACQ la orden de encendido y sentido de giro del motor de C.C. hacia la posición de inicio, POS_01. Cuando el DS se ubica en su posición de inicio, el SMDS ordena la parada del motor de C.C.

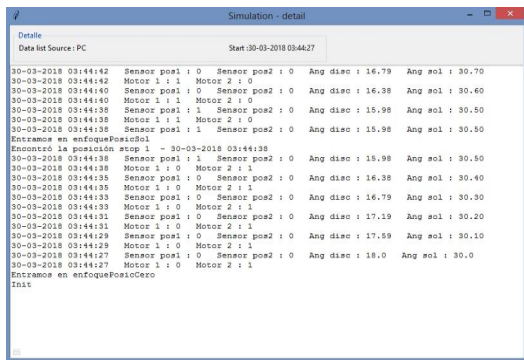


Fig. 5. SMDS. Detalle de estados durante el seguimiento solar

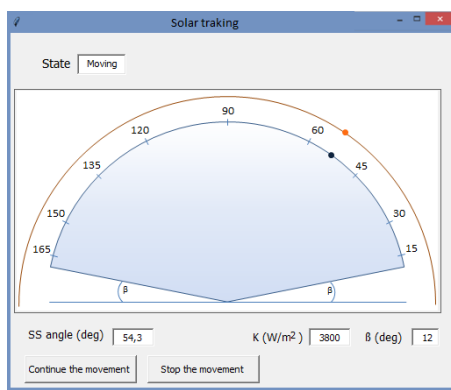


Fig. 6. SMDS. Detalle de la posición del SS

El SMDS espera un tiempo TED mientras el sol se desplaza superando el PMP, luego envía a la ACQ la orden que inicia el giro del DS hacia el PMP, alcanzada la posición PMP el SMDS envía a la ACQ la orden que detiene nuevamente el giro del DS.

Cuando el DS alcanza la posición extrema POS 02. El SMDS envía a la ACQ la orden que detiene al DS.

El SMDS controla periódicamente que el seguimiento solar se realice dentro del período establecido, Fig. 7.



Fig. 7.

Parábola en movimiento: El SMDS solicita periódicamente información a la ACQ del estado de todos los sensores y aplicando el concepto de primera

derivada sobre los valores de intensidad detectados por el SS, determina el momento en que el DS enfoca al sol, es decir, se alcanza el PMP.

Parábola detenida: El período de espera finaliza cuando se determina que el tiempo transcurrido desde el PMP coincide con el tiempo TED.

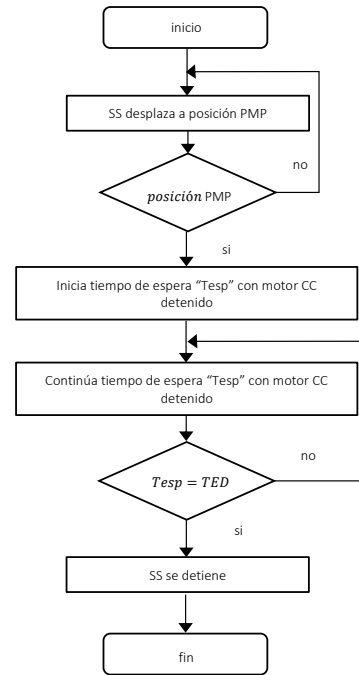


Fig. 8. Ciclo de seguimiento

5. Resultados

En una primera etapa se realizaron ensayos en modo simulación. Desde el panel “Setting Panel” por cada grupo de ensayos se modificaron los valores de los parámetros que configuran y condicionan el comportamiento del SMDS. Se corrigieron errores y finalmente el SMDS realizó correctamente los ciclos de seguimiento solar independientemente de la configuración adoptada. En una segunda etapa en modo real se conectó la SMDS con la ACQ y se repitieron los ensayos. Pudo observarse la correcta respuesta de la ACQ a lo solicitado por la SMDS, estado de los sensores y modificación del estado del motor de C.C. Siendo que el módulo SS está en proceso de construcción, se utilizó un circuito divisor de tensión para simular la SS.

6. Conclusiones

Con los recursos disponibles en la universidad, fue posible el desarrollo de los sistemas de seguimiento solar mediante software y hardware libre lo que favorece los futuros desenvolvimientos tanto en esta área específica como en la aplicación de sistemas de control genéricos, de modo abierto y colaborativo, lo que reduce considerablemente los costos de implementación. Este dará comienzo a la aplicación de sistemas de control dentro de las PyMes que no cuentan con los recursos técnicos y económicos que serían necesarios para las mismas implementaciones con soluciones comerciales.

Por otra parte, una vez construida la *SS* y con la realización de ensayos del sistema de control con la unidad *SS* montada en la estructura soporte, permitirán nuevos ajustes para la determinación del valor del *ALES* y el análisis de la influencia del nivel medio de radiación con ese valor. Del mismo modo se realizarán ajustes en la determinación del *PMP* en relación con la sensibilidad que presente el *SS* a las variaciones de los niveles de radiación solar que reciba. Se prevé como trabajo futuro la lectura y el análisis de los niveles de radiación solar y la determinación de la eficiencia del sistema.

7. Referencias

- [1] A.R. El Ouederni, M. Ben Salah , F. Askri , M. Ben Nasrallah4 and F. Aloui, Experimental study of a parabolic solar concentrator, *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 12, pp. 395–404, 2009.
- [2] B. Chaouchi, A. Zrelli and S. Gabsi, Desalination of brackish water by means of a parabolic solar concentrator, *Desalination Elsevier*, vol. 217, pp. 118–126, 2007.
- [3] Q. Mao, Y. Shuai and Y. Yuani, Study on radiation flux of the receiver with a parabolic solar concentrator system, *Energy conversion and management - Elsevier*, vol. 84, pp. 1–6, 2014.
- [4] N.M. Toranzo, A.L. Cervantes, L.L.O. Carralero, J.B. Henríquez and O.E. Costa, Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar, *Revista Científica de Ingeniería Energética* , vol. 26, nro. 2, pp. 190–199, Ago. 2015.
- [5] S. Kim, B. Kim and M.J. Youn, New Maximum Power Point, Tracker Using Sliding-Mode Observer for Estimation of Solar Array Current in the Grid-Connected Photovoltaic System, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 53, Jun. 2006.
- [6] G. C.Bakos, Design and construction of a two-axis Sun tracking system for parabolic trough collector (PTC) efficiency improvement, *Renewable Energy*, vol. 31, nro. 15, pp. 2411–2421, , Dec. 2006

Diseño de un algoritmo para la detección eficaz de ciclos de activación en la aplicación de monitoreo de carga por métodos no invasivos (NILM)

Diego Cocconi*, Rebeca Yuan*, Micaela Mulassano*, Nicolás Ferrero**, Matías Beltramone**,
Andrea Biasco**

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Francisco

Av. de la Universidad 501 – San Francisco (2400) – Provincia de Córdoba – República Argentina

**{dcocconi, ryuan, mmulassano}@sanfrancisco.utn.edu.ar, **{nicolasferreronf5, maatisk,
biasco.andreac}@gmail.com*

Abstract

En la actualidad, mucha gente podría verse interesada en conocer el consumo eléctrico de sus viviendas, con el fin de optimizar el mismo. La aplicación de “Non-Intrusive Load Monitoring” (NILM), que podría traducirse como “monitoreo de carga no invasivo”, permite identificar los artefactos eléctricos individuales que se encuentran consumiendo energía a partir de una medida total, por lo que sería una forma de realizar tal monitoreo. Un enfoque comúnmente utilizado para implementar NILM involucra las siguientes etapas: (1) adquisición de datos; (2) extracción de patrones; e (3) inferencia o aprendizaje. A través del presente trabajo se remarca la importancia de la segunda etapa, la cual permite obtener datos de calidad para implementar la etapa siguiente. Para obtener tales datos, es necesario identificar correctamente los ciclos de activación (momentos en los que un aparato consume energía) de los diferentes artefactos de interés. Para ello se ha propuesto un algoritmo para detectar ciclos de activación, teniendo en cuenta: (1) el inicio de un ciclo, (2) el final del mismo y (3) valores acordes entre inicio y fin. Ruidos y perturbaciones, así como retornos a cero y otras cuestiones indeseables, son tenidas en cuenta y evitadas configurando de manera adecuada varios parámetros del algoritmo. Mediante la aplicación de este algoritmo es posible calcular también el promedio de potencia consumida por ciclo y su duración típica; estos valores realimentan la configuración de parámetros, permitiendo incrementar la exactitud del proceso. La implementación y las pruebas realizadas permitieron validar la propuesta satisfactoriamente.

1. Introducción

En la actualidad, mucha gente podría verse interesada por conocer en detalle el consumo eléctrico de sus viviendas, con el fin de optimizar sus consumos. Básicamente existen dos maneras de realizar tal monitoreo [1, 2]: (1) mediante la utilización de medidores independientes para cada artefacto eléctrico y/o algún equipo central que recolecte la información; (2) la aplicación de *Non-Intrusive Load Monitoring* (NILM) [3] o *Non-Intrusive (Appliance) Load Monitoring* (NIALM o NALM) [3, 4], que podría traducirse como “monitoreo de carga no invasivo” o “monitoreo de carga por métodos no invasivos”.

NILM es una técnica computacional que a partir de una medida total de consumo de energía logra identificar los artefactos eléctricos individuales que se encuentran consumiendo la misma [5]; aunque medir cada artefacto conlleva a un método más exacto que NILM en términos de resultados obtenidos, las desventajas como elevados costos, múltiples configuraciones de sensores y complejidad en la instalación, favorecen el uso de esta técnica [6].

Un enfoque comúnmente utilizado para implementar NILM involucra las siguientes etapas: (1) *adquisición de datos*; (2) *extracción de patrones*; e (3) *inferencia o aprendizaje* [6].

La primera etapa consiste en la adquisición de datos totalizados del consumo energético a una tasa o frecuencia adecuada, de modo que ciertos patrones o características de la carga puedan ser identificados. Esta etapa tiene un papel importante, pues define una serie de propiedades que van a restringir el trabajo en etapas subsiguientes. La que tiene mayor impacto es la frecuencia de muestreo, pues permite dividir al proceso en dos tipos: (1) *NILM de baja frecuencia*, en el cual los datos se muestrean a frecuencias

que permiten capturar la frecuencia fundamental y algunos armónicos (en Argentina, donde se utiliza una frecuencia fundamental de 50 Hz, esto implicaría un muestreo a algún factor pequeño de dicha frecuencia, por ejemplo 500 Hz), o incluso inferior a ello (como los datos mostrados en la Figura 1); (2) *NILM de alta frecuencia*, en el cual la frecuencia de muestreo es muy superior a la frecuencia fundamental (de 10 a 100 MHz, por ejemplo), por lo que además de identificar los diferentes armónicos, es posible capturar datos de eventos transitorios.

La segunda etapa, extracción de patrones, consiste en procesar los datos muestreados (que podrían ser ondas de voltaje y corriente, o potencia, como en la Figura 1, la cual muestra las ondas de potencia instantánea de dos artefactos comunes, un lavarropas en la parte superior y una pava eléctrica en la parte inferior) con el objetivo de extraer métricas de potencia (potencia reactiva, potencia activa, potencia media, etc.), así como eventos de transición de estados (estados “Encendido/Apagado” u “ON/OFF”). Estos eventos pueden clasificarse a su vez en eventos de *estado estable* (del inglés *steady-state*) o de *estado transitorio* (del inglés *transient-state*). Esta etapa es de vital importancia, pues impacta directamente sobre la técnica que se usará en el siguiente paso para identificar los artefactos, y es el foco principal del presente trabajo.

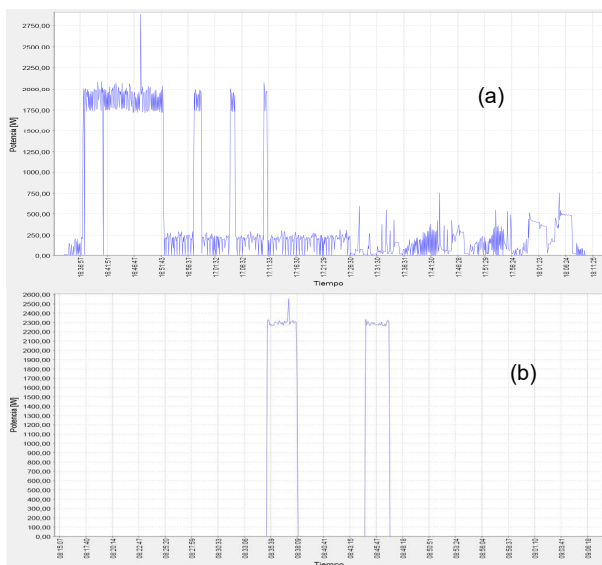


Figura 1. Consumo de dos artefactos eléctricos a través del tiempo, en baja frecuencia (6 segundos), usando datos de origen del repositorio UK-DALE³.
(a) Lavarropas. (b) Pava eléctrica.

Durante la última etapa, los diversos patrones de los artefactos eléctricos extraídos a partir de los datos de consumo son procesados según diferentes algoritmos con el propósito de identificar dichos artefactos. Se suelen emplear técnicas supervisadas de *aprendizaje automático* (*machine learning*) en esta etapa, las cuales requieren datos etiquetados [6]; estas técnicas generalmente implican un proceso de aprendizaje lento y son vulnerables a cambios en el inventario de artefactos [1].

Por lo expuesto, se requieren abordajes que permitan obtener resultados lo más exactos posibles, sin insumir tiempos prolongados de entrenamiento ni muchos recursos, reduciendo a su vez el inventario de patrones de artefactos eléctricos. Es por ello que en el presente trabajo se propone describir las tareas realizadas durante la etapa de extracción de patrones, con el objeto de generar datos de calidad para la etapa de aprendizaje.

Para comenzar, se decidió trabajar con datos a baja frecuencia, en el orden de segundos, y evaluar los resultados obtenidos. Como se mencionó anteriormente, las técnicas supervisadas de aprendizaje automático requieren ejemplos para realizar un entrenamiento que definirá el funcionamiento posterior cuando se aplique en nuevas mediciones donde sea necesario identificar los artefactos. Es mediante dichos ejemplos que entran en juego los patrones detectados. Si el repositorio de ejemplos no contiene buenos ejemplos o ejemplos de calidad, el aprendizaje posterior se verá afectado. Existen numerosos registros de referencia para alimentar el repositorio de ejemplos, como *Reference Energy Disaggregation Dataset* (REDD¹), *Building-Level fully labeled Electricity Disaggregation* (BLUED²), *UK Domestic Appliance-Level Electricity* (UK-DALE³), *Plug Load Appliance Identification Dataset* (PLAID⁴), *High Frequency EMI Dataset* (HFED⁵) [6, 7], para cuando no se cuenta con mediciones propias, como en el presente caso. Por tanto, se han decidido utilizar como punto de partida los datos proporcionados por el repositorio UK-DALE (su parte de baja frecuencia, con datos muestreados cada 6 segundos). Entonces, a los datos de muestreo de cada artefacto de interés se le aplica un algoritmo para detectar los ciclos durante los cuales dichos artefactos se encuentran consumiendo energía (“*ciclos de activación*”). La detección adecuada de estos ciclos, ignorando situaciones indeseables, como ruidos y mediciones espurias, es importante para obtener datos de calidad, los cuales serán fuente del repositorio de entrenamiento.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2 se detalla el trabajo realizado para detectar los ciclos de activación. Luego, en la Sección 3 se brindan detalles de implementación. En la sección 4 se

¹ <http://redd.csail.mit.edu/>

² <http://portoalegre.andrew.cmu.edu:88/BLUED/>

³ <http://jack-kelly.com/data/>

⁴ <http://www.plaidplug.com/>

⁵ <http://hfed.github.io/>

resumen y discuten los resultados obtenidos. Trabajos relacionados con la propuesta se describen en la Sección 5. En la Sección 6 se presentan las conclusiones. Finalmente, los próximos pasos a seguir se detallan en la Sección 7.

2. Detección de los ciclos de activación

La detección de los ciclos de activación, es decir, de los periodos de tiempo durante los cuales se encuentra consumiendo energía un determinado artefacto eléctrico, es el punto de partida para la detección de otros patrones y medidas. Entonces, el objetivo es encontrar un algoritmo capaz de identificar los ciclos de activación de los distintos artefactos eléctricos medidos en forma individual.

Ruidos, perturbaciones y señales de anomalía son algunos de los problemas que dificultan la identificación de los ciclos de activación de los artefactos. Por ejemplo, considerando los datos del repositorio UK-DALE, se ha percibido que a veces se presentan pequeños picos de ruido, generalmente insignificantes, que podrían interpretarse erróneamente como la activación de un artefacto. Para que la técnica utilizada en la etapa de aprendizaje reconozca cada tipo de artefacto, es necesario contar con una base de datos depurada, con el objeto de ignorar aquellos datos que ensucien el real accionar de los artefactos.

El algoritmo descrito a continuación parte de lecturas de potencia y tiempo de los artefactos (considerando baja frecuencia), y evalúa diferentes valores promedio de los datos de potencia; determina en tres pasos si una determinada medición contiene (1) el inicio de un ciclo, (2) el final del mismo y (3) valores acordes entre inicio y fin. Es mediante la interacción de estas tres acciones que el algoritmo permite extraer el ciclo de activación completo de un artefacto.

El punto de partida de un ciclo no siempre comienza en forma definida, cada artefacto posee un comportamiento distinto (Figura 1), y puede resultar también que una perturbación confunda la detección del inicio de un ciclo con un simple ruido. Por ejemplo, en la Figura 2 se puede apreciar un hipotético ciclo de activación de un lavarropas, en medio de dos grupos de interferencias, que deberían ignorarse. Considerando dicha figura, en los instantes t_1 , t_8 y t_9 se encuentran impulsos que no formarían parte del ciclo de activación; entre t_2 y t_3 se presenta otro tipo de ruido que tampoco debería confundirse con un ciclo de activación, debido a que la proporción del consumo durante dicho periodo es muy inferior a la del ciclo de activación característico, el cual se encuentra entre t_4 y t_7 . Otro aspecto a tener en cuenta es que el patrón de un artefacto podría incluir retornos a cero durante determinados instantes, como en t_5 y t_6 ; esto último no debería considerarse erróneamente como el fin de un ciclo de activación y el inicio de uno nuevo.

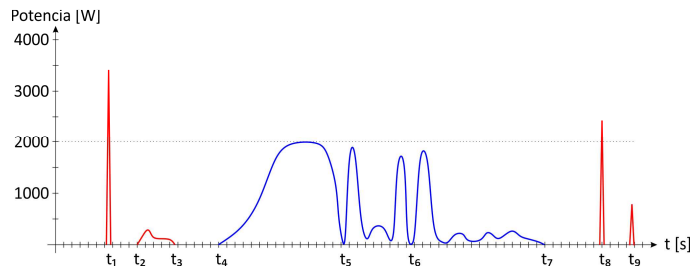


Figura 2. Onda de consumo de ejemplo, mostrando posibles perturbaciones.

En la Figura 3 se pueden observar mediciones reales de perturbaciones, tomadas del repositorio UK-DALE (en el caso de una heladera, en la parte superior), así como también retornos a cero (para el caso de un lavavajillas, en la parte inferior).

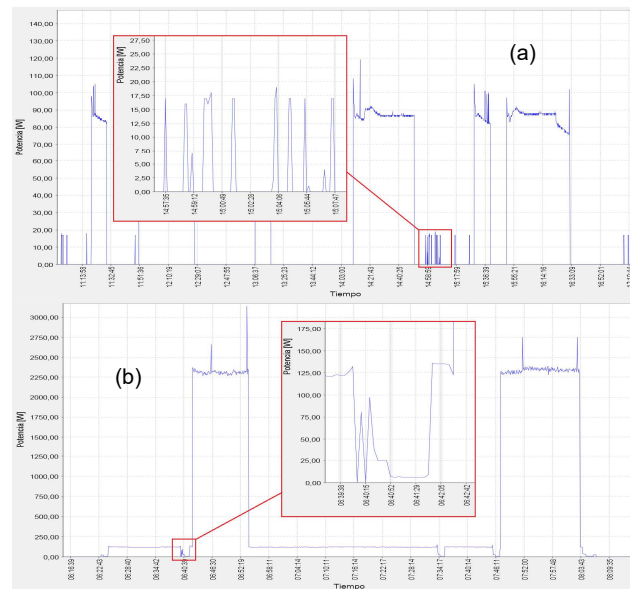


Figura 3. Aspectos a tener en cuenta durante la detección de ciclos de activación (datos del repositorio UK-DALE). (a) Perturbaciones (heladera). (b) Retornos a cero (lavavajillas).

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, el primer paso consiste en la búsqueda del inicio de un ciclo de activación. El algoritmo de detección planteado recibe dos datos de entrada proveniente de las mediciones de artefactos: un arreglo *potMedicion*, en el que se encuentran todos los valores de potencia sobre los que se desea encontrar ciclos de activación, y otro arreglo con la misma cantidad de elementos, *tsMedicion*, donde se almacenan las estampas de tiempo ("timestamps") de cada

medida de potencia, por lo que existe una correspondencia uno a uno entre los elementos de estos arreglos. Reportar un ciclo de activación encontrado es equivalente entonces a proporcionar la estampa de tiempo donde inicia el ciclo y la estampa de tiempo donde termina, valores que se encuentran dentro de $tsMedicion$. Cada estampa de tiempo tiene una granularidad de segundos (baja frecuencia), y la separación entre las mismas también; por ejemplo, en UK-DALE, existen mediciones de baja frecuencia con estampas de tiempo separadas cada 6 segundos. El tamaño de estos arreglos puede ser variable, conteniendo los datos correspondientes a un día completo, una semana, etc.

Además de los datos de medición, el algoritmo recibe una serie de parámetros para buscar los ciclos de activación (resumidos en la Tabla 1), los cuales se irán explicando a lo largo de la descripción del algoritmo.

Tabla 1. Parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación.

Parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación	
L	Cantidad de muestras para el intervalo L .
n	Cantidad de muestras para el intervalo n .
m	Cantidad de muestras para el intervalo m (margen).
$umbrPotL$	Umbral de potencia media para considerar un intervalo L útil [Watts].
$umbrPot$	Umbral de potencia para considerar el inicio y el fin de un ciclo de activación [Watts].
$tMinEnc$	Tiempo mínimo de encendido para considerar el inicio de un ciclo de activación [segundos].
$tMinApag$	Tiempo mínimo de apagado para considerar el fin de un ciclo de activación [segundos].
$minPotMed$	Mínimo valor de potencia media para considerar un ciclo de activación completo como válido [Watts].
$maxPotMed$	Máximo valor de potencia media para considerar un ciclo de activación completo como válido [Watts].
$minDurCiclo$	Duración mínima para considerar un ciclo de activación completo como válido [segundos].
$maxDurCiclo$	Duración máxima para considerar un ciclo de activación completo como válido [segundos].

Como salida, el algoritmo entrega una lista de ciclos de activación (*listaCiclos*), cuyos elementos tienen las estampas de tiempo de inicio y de fin encontradas.

En buena parte de los artefactos, especialmente aquellos que se activan muy pocas veces al día, resultaría innecesario analizar la lectura completa de las mediciones, pues la mayoría serían valores insignificantes; por tal motivo, se decide buscar valores de interés dentro de subconjuntos de muestras de la medición total (intervalos

“grandes”, que llamaremos *intervalos L*), de tamaño definido por el parámetro L de la Tabla 1.

Si no hay muestras de interés en un intervalo L , se descarta el intervalo completo; para considerar un intervalo L , la potencia media en dicho intervalo debería ser mayor que el parámetro $umbrPotL$, como se aprecia en la Figura 4, donde se muestra además la relación entre los diferentes intervalos utilizados para esta primera etapa de detección del inicio del ciclo de activación. Una vez hallado un intervalo L útil, se comienza a recorrer cada muestra del mismo.

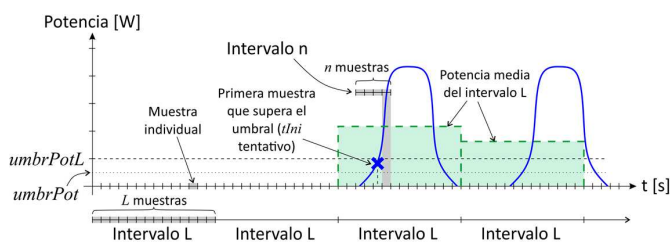


Figura 4. Relación entre los diferentes intervalos para la detección del inicio del ciclo de activación.

Cuando la potencia de la muestra dentro del intervalo L supera cierto umbral ($umbrPot$), puede decirse que se ha hallado una estampa de tiempo de inicio tentativa ($tIni$), como se observa en la Figura 4.

A partir de este punto, para cada muestra que le sigue al inicio tentativo, se determina el promedio de la potencia considerando n muestras hacia atrás, es decir, sobre un intervalo de tamaño n (*intervalo n*) que contiene como última muestra la que se está considerando y las $n - 1$ muestras anteriores. Si estos valores promedio se mantienen superiores a $umbrPot$ en muestras subsiguientes durante un intervalo mínimo de tiempo definido por $tMinEnc$, se considera a la estampa de tiempo de inicio como válida, de lo contrario, se retoma la búsqueda. Esto significa que ninguno de estos promedios debe caer en el rectángulo formado por $umbrPot$ y $tMinEnc$ (el rectángulo sombreado de la Figura 5).

Esta primera parte del algoritmo se puede observar en la Figura 6. Como a los fines de simplificar la descripción del algoritmo, primero se describirán las líneas de la parte que detecta el inicio del ciclo de activación, luego la parte de la detección del fin, y finalmente, el ensamble completo del algoritmo, para evitar confusiones se enumerarán las líneas con los prefijos “i” (inicio), “f” (fin) y “c” (algoritmo completo) para cada parte, respectivamente.

Las líneas $i1$ y $i2$ definen dos arreglos: $potIntervaloL$, en el que se encuentran todos los valores de potencia dentro del intervalo útil L elegido, y $tsIntervaloL$, donde se almacenan las estampas de tiempo de cada medida de potencia; ambos arreglos son sub-arreglos de $potMedicion$

y *tsMedicion*, respectivamente. Las líneas i3 a i5 definen los parámetros del algoritmo, descritos anteriormente.

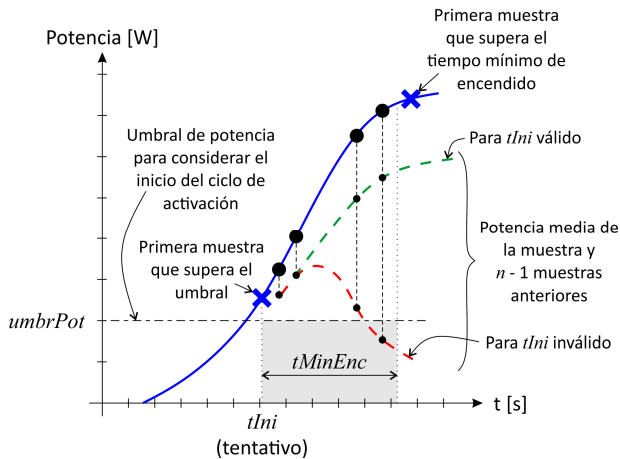


Figura 5. Análisis del inicio del ciclo de activación.

En las líneas i7 a i13 se definen e inicializan tres variables útiles: *tIni* (la posible estampa de tiempo de inicio tentativa), *indiceTIni* (la posición de *tIni* dentro de *tsIntervaloL*) e *intervaloT* (utilizada para llevar la cuenta del tiempo una vez que se ha encontrado un *tIni* tentativo).

Luego, mediante la variable *j*, se recorren todas las muestras del intervalo *L* útil (líneas i15-i16). Entre las líneas i17 y i21 se verifica que la potencia de la muestra actual sea mayor que *umbrPot* y que no se esté midiendo el tiempo de encendido porque no hay *tIni* tentativo aún (es decir, que *intervaloT* sea cero); en caso afirmativo, se ha hallado un *tIni* tentativo (línea i20). La posición de este valor se almacena en la línea i19, para retomar la búsqueda en caso de resultar inválido el *tIni* tentativo encontrado.

En caso de existir un *tIni* tentativo, se realizan varias acciones (entre las líneas i23 y i34). Primero, se calcula la potencia sobre el intervalo *n* mencionado anteriormente (línea i23). Si esta potencia supera el umbral *umbrPot*, se incrementa *intervaloT*, en una cantidad equivalente a un período de muestreo (línea i25). De lo contrario, *tIni* no ha resultado ser un buen valor, pues aún no se ha completado el tiempo *tMinEnc*; por lo tanto, se retoma la búsqueda a partir de la muestra siguiente a *tIni* (línea i27) y las variables *tIni*, *indiceTIni* e *intervaloT* se inicializan (líneas i28 a i30).

Entre las líneas i32 e i34 se verifica si *intervaloT* supera el mínimo durante el cual la potencia media del intervalo *n* debe mantenerse superior al umbral. En caso afirmativo, *tIni* es válido como inicio del ciclo de activación, por lo que se deja de recorrer el intervalo *L* (línea i33). Finalmente, entre las líneas i38 e i40 se confirma este hecho.

```

i1 def potIntervaloL: Arreglo de potencias dentro de un
i2 def tsIntervaloL: Arreglo de estampas de tiempo dentro de un
i3 def n: Cantidad de muestras para el intervalo n.
i4 def umbrPot: Umbral de potencia para considerar el inicio y
i5 def tMinEnc: Tiempo mínimo de encendido para considerar
i6
i7 def tIni: Inicio de ciclo de activación tentativo.
i8 def indiceTIni: Posición de tIni dentro de tsIntervaloL.
i9 def intervaloT: Intervalo de tiempo desde que se encuentra un
i10 tIni tentativo.
i11 tIni ← 0
i12 indiceTIni ← -1
i13 intervaloT ← 0.0
i14
i15 j ← 0
i16 mientras j < potIntervaloL.cantElementos hacer:
i17 potencia ← potIntervaloL [j]
i18 si esCero (intervaloT) y potencia >= umbrPot entonces:
i19 indiceTIni ← j
i20 tIni ← tsIntervaloL [j]
i21 fin si (i18)
i22 si indiceTIni >= 0 entonces:
i23 potenciaMediaN ← media (potIntervaloL [j],
i24 potIntervaloL [j - 1], ...,
i25 potIntervaloL [j - (n - 1)])
i26 si potenciaMediaN >= umbrPot entonces:
i27 intervaloT += periodoMuestreo
i28 sino (i24):
i29 j ← indiceTIni + 1
i30 tIni ← 0
i31 indiceTIni ← -1
i32 intervaloT ← 0.0
i33 fin si (i24)
i34 si intervaloT > tMinEnc entonces:
i35 salir mientras (i16)
i36 fin si (i32)
i37 fin si (i22)
i38 j++
i39 fin mientras (i16)
i40 si tIni > 0 entonces:
i41 tIni es válido
i42 fin si (i38)
    
```

Figura 6. Inicio del algoritmo de detección de ciclos de activación.

Una vez detectado el inicio válido de un ciclo de activación, se procede a buscar el fin. A partir de *tIni*, como se supone que el ciclo de activación debe contener

valores no nulos entre inicio y fin, se saltan m muestras, a modo de margen (*intervalo m*), y se comienza a buscar el fin, como se observa en la Figura 7, donde se muestra además la relación entre diferentes intervalos utilizados para esta segunda etapa de detección del fin del ciclo de activación.

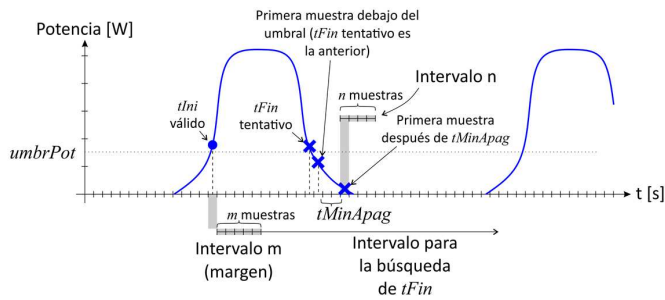


Figura 7. Relación entre los diferentes intervalos para la detección del final del ciclo de activación.

Cuando la potencia de la muestra disminuye por debajo del umbral (*umbrPot*), posiblemente se haya hallado una estampa de tiempo de fin tentativa (*tFin*), como se observa en la Figura 8.

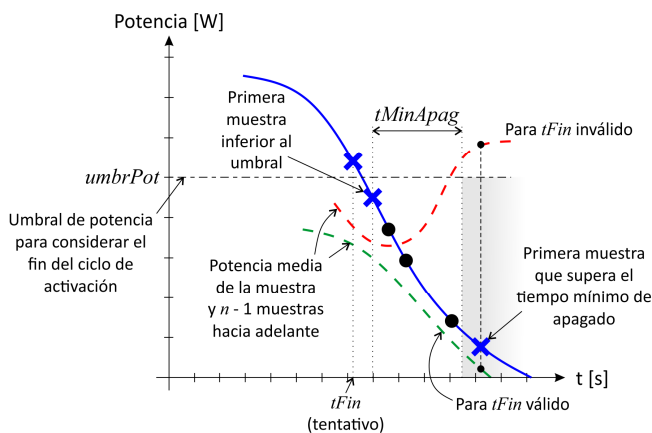


Figura 8. Análisis del fin del ciclo de activación.

En forma simétrica respecto a la parte del inicio del algoritmo, a partir de este último punto, se aguarda como mínimo un tiempo *tMinApag*, y luego se determina el promedio de la potencia hacia adelante considerando n muestras, es decir, sobre un intervalo de tamaño n que contiene como primera muestra la que está después de *tMinApag* y las $n - 1$ muestras siguientes. Si este valor promedio es inferior a *umbrPot*, se considera a la estampa de tiempo de fin como válida, de lo contrario, se retoma la búsqueda con la estampa de tiempo que le sigue. Esto

quiere decir que dicho promedio debe caer en el rectángulo sombreado de la Figura 8.

La segunda parte del algoritmo que responde a esta descripción se muestra en la Figura 9. En este caso, el uso de intervalos L no es necesario, por lo que se parte directamente de *tIni*. Se necesitan dos nuevos arreglos (líneas $f1$ y $f2$): *potCiclo* (un arreglo de potencias que comienza a partir de *tIni* y contiene el resto de la medición, incluyendo por lo menos un posible ciclo de activación, de ahí el nombre) y *tsCiclo* (un arreglo de estampas de tiempo que comienza a partir de *tIni* y contiene las estampas de tiempo del resto de la medición); ambos arreglos son del mismo tamaño. La línea $f4$ define el número de muestras de margen (m) y la línea $f6$, el intervalo de tiempo *tMinApag*. En las líneas $f8$ a $f18$ se definen e inicializan cinco variables útiles, como antes: *tFin* (la posible estampa de tiempo de fin tentativa), *indiceTFin* (la posición de *tFin* dentro de *tsCiclo*), *intervaloT* (utilizada para llevar la cuenta del tiempo una vez que se ha encontrado un *tFin* tentativo), *proxTIni* (la estampa de tiempo a partir de la cual comenzar a buscar un nuevo *tIni* tentativo en el próximo ciclo de activación) e *indiceProxTIni* (la posición de *proxTIni* dentro de *tsCiclo*). Las demás variables ya fueron definidas anteriormente en la primera parte.

A través de la variable k , se comienzan a recorrer las muestras de *potCiclo* (líneas $f20$ - $f21$). Entre las líneas $f23$ y $f28$ se comprueba que la potencia de la muestra actual sea menor que *umbrPot* y que no se esté midiendo el tiempo de apagado porque no hay *tFin* tentativo aún (es decir, que *intervaloT* sea cero); en caso afirmativo, se ha hallado un *tFin* tentativo (línea $f25$). La posición de este valor se almacena en la línea $f24$, para retomar la búsqueda en caso de resultar inválido, al igual que ocurría con el inicio. Pero a diferencia de ese último caso, esta vez también se almacena la estampa de tiempo a partir de la cual comenzar a buscar un nuevo *tIni* tentativo en el próximo ciclo (*proxTIni*) y su posición dentro de *tsCiclo* (*indiceProxTIni*), en las líneas $f26$ y $f27$.

En caso de haberse encontrado un *tFin* tentativo y haberse cumplido el tiempo de espera *tMinApag*, se realizan las acciones entre las líneas $f30$ y $f40$. Primero, se calcula la potencia sobre el intervalo n mencionado previamente (línea $f30$). Si esta potencia se encuentra debajo del umbral *umbrPot*, *tFin* resulta ser válido como fin del ciclo de activación, por lo que se deja de recorrer el intervalo *potCiclo* (línea $f32$); si la potencia media se encuentra por arriba del umbral *umbrPot*, *tFin* no resultó ser un buen valor para el fin del ciclo de activación, por lo que k retoma el valor que sigue a *tFin* desplazado en uno (línea $f34$), pues el valor que sigue a *tFin* es el último que se evaluó y produjo el falso *tFin*. Todas las demás variables se inicializan (líneas $f35$ - $f39$), para reiniciar la búsqueda.

```

f1 def potCiclo: Arreglo de potencias que comienza a partir de
un tIni válido y contiene el resto de la medición (incluye un
posible ciclo de activación).
f2 def tsCiclo: Arreglo de estampas de tiempo que comienza a
partir de un tIni válido y contiene el resto de la medición
(incluye un posible ciclo de activación).
f3 def n: Cantidad de muestras para el intervalo n.
f4 def m: Cantidad de muestras para el intervalo m (margen).
f5 def umbrPot: Umbral de potencia para considerar el inicio y
el fin del ciclo de activación [Watts].
f6 def tMinApag: Tiempo mínimo de apagado para considerar
el fin de un ciclo de activación [segundos].
f7
f8 def tFin: Fin de ciclo de activación tentativo.
f9 def indiceTFin: Posición de tFin dentro de tsCiclo.
f10 def intervaloT: Intervalo de tiempo desde que se encuentra un
tFin tentativo.
f11 def proxTIni: Estampa de tiempo a partir de la cual comenzar
a buscar un nuevo tIni tentativo.
f12 def indiceProxTIni: Posición de proxTIni dentro de tsCiclo.
f13
f14 tFin ← 0
f15 indiceTFin ← -1
f16 intervaloT ← 0.0
f17 proxTIni ← 0
f18 indiceProxTIni ← -1
f19
f20 k ← m
f21 mientras k < potCiclo.cantElementos hacer:
f22 potencia ← potCiclo [k]
f23 si esCero (intervaloT) y potencia < umbrPot entonces:
f24 indiceTFin ← k - 1
f25 tFin ← tsCiclo [k - 1]
f26 indiceProxTIni ← indiceTFin + m
f27 proxTIni ← tsCiclo [indiceTFin + m]
f28 fin si (f23)
f29 si intervaloT > tMinApag entonces:
potenciaMediaN ← media (potCiclo [k],
potCiclo [k + 1], ...,
potCiclo [k + (n - 1)])
f31 si potenciaMediaN < umbrPot entonces:
f32 salir mientras (f21)
f33 sino (f31)
f34 k ← indiceTFin + 2
f35 tFin ← 0
f36 indiceTFin ← -1
f37 intervaloT ← 0.0
f38 proxTIni ← 0
f39 indiceProxTIni ← -1
f40 fin si (f31)
f41 sino (f29):
f42 si indiceTFin > -1 entonces:
f43 intervaloT += periodoMuestreo
f44 fin si (f42)
f45 k++
f46 fin si (f29)
f47 fin mientras (f21)
f48 si tFin > 0 entonces:
f49 tFin y proxTIni son válidos
f50 fin si (f48)
    
```

Figura 9. Fin del algoritmo de detección de ciclos de activación.

En la línea f41 se confirma que no se ha cumplido el tiempo de espera $tMinApag$, por lo que se verifica que se haya encontrado un $tFin$ tentativo antes y, siendo así, se incrementa $intervaloT$ (línea f43); independiente de ello, se continúa recorriendo el intervalo $potCiclo$ mediante k (línea f45).

Si fue encontrado un $tFin$ válido y se ha dejado de recorrer el intervalo $potCiclo$ (línea f32), en la línea f48 se confirma esta situación. Una vez detectado un ciclo de activación completo, se procede a realizar la búsqueda de un nuevo inicio. A partir de $tFin$, se saltan m muestras de seguridad, a modo de margen ($intervalo m$), y se comienza a buscar un inicio, mediante la utilización de nuevos intervalos L , como se observa en la Figura 10, donde se muestra además la relación entre diferentes intervalos utilizados para esta nueva etapa de búsqueda de un inicio.

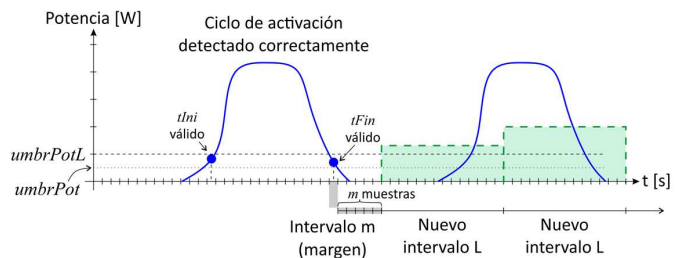


Figura 10. Relación entre los diferentes intervalos para la búsqueda de un nuevo ciclo de activación.

El ensamble del algoritmo completo se puede ver en la Figura 11, donde se han resaltado en gris las nuevas partes que se agregan para combinar la detección del inicio del ciclo de activación, la detección del fin, la validación del ciclo de activación completo y la búsqueda del próximo inicio.

Las líneas c1 y c2 definen los dos arreglos originales que contienen los datos de la medición completa (que puede ser variable: un día, una semana, un mes, etc.): $potMedicion$ (el arreglo de potencias) y $tsMedicion$ (el arreglo de estampas de tiempo); como siempre, ambos arreglos son del mismo tamaño. La línea c3 define una lista de intervalos L , los cuales se van a obtener de la medición total. Las líneas c8 y c9 definen dos arreglos que son importantes al terminar de detectar un ciclo de activación válido y comenzar a buscar el siguiente: $potRestoMedicion$ (el arreglo de potencias que comienza a partir del último $tFin$ y contiene el resto de la medición por analizar) y $tsMedicion$ (su correspondiente arreglo de estampas de tiempo); ambos arreglos son del mismo tamaño. La cantidad de muestras y el umbral de potencia para el intervalo L (L y $umbrPotL$) se definen en las líneas c10 y c13, respectivamente.

c1	def potMedicion: Arreglo de potencias de la medición completa.
c2	def tsMedicion: Arreglo de estampas de tiempo de la medición completa.
c3	def listaIntervalosL: Lista de intervalos L a partir de una medición (cada uno de sus elementos incluye un arreglo de potencias y un arreglo de estampas de tiempo).
c4	def potIntervaloL: Arreglo de potencias dentro de un intervalo L válido.
c5	def tsIntervaloL: Arreglo de estampas de tiempo dentro de un intervalo L válido.
c6	def potCiclo: Arreglo de potencias que comienza a partir de un tIni válido y contiene el resto de la medición (incluye un posible ciclo de activación).
c7	def tsCiclo: Arreglo de estampas de tiempo que comienza a partir de un tIni válido y contiene las estampas de tiempo del resto de la medición (incluye un posible ciclo de activación).
c8	def potRestoMedicion: Arreglo de potencias que comienza a partir de un tFin válido y contiene el resto de la medición (excluye el último ciclo de activación encontrado).
c9	def tsRestoMedicion: Arreglo de estampas de tiempo que comienza a partir de un tFin válido y contiene las estampas de tiempo del resto de la medición (excluye el último ciclo de activación encontrado).
c10	def L: Cantidad de muestras para el intervalo L.
c11	def n: Cantidad de muestras para el intervalo n.
c12	def m: Cantidad de muestras para el intervalo m (margen).
c13	def umbrPotL: Umbral de potencia media para considerar un intervalo L útil [Watts].
c14	def umbrPot: Umbral de potencia para considerar el inicio y el fin del ciclo de activación [Watts].
c15	def tMinEnc: Tiempo mínimo de encendido para considerar el inicio de un ciclo de activación [segundos].
c16	def tMinApag: Tiempo mínimo de apagado para considerar el fin de un ciclo de activación [segundos].
c17	def minPotMed: Mínimo valor de potencia media para considerar un ciclo de activación completo como válido [Watts].
c18	def maxPotMed: Máximo valor de potencia media para considerar un ciclo de activación completo como válido [Watts].
c19	def minDurCiclo: Duración mínima para considerar un ciclo de activación completo como válido [segundos].
c20	def maxDurCiclo: Duración máxima para considerar un ciclo de activación completo como válido [segundos].
c21	def listaCiclos: Lista de ciclos de activación encontrados.
c22	
c23	def tIni: Inicio de ciclo de activación tentativo.
c24	def indiceTIni: Posición de tIni dentro de tsIntervaloL.
c25	def tFin: Fin de ciclo de activación tentativo.
c26	def indiceTFin: Posición de tFin dentro de tsCiclo.
c27	def intervaloT: Intervalo de tiempo desde que se encuentra un tIni/tFin tentativo.
c28	def proxTIni: Estampa de tiempo a partir de la cual comenzar a buscar un nuevo tIni tentativo.
c29	def indiceProxTIni: Posición de proxTIni dentro de tsCiclo.
c30	
c31	tIni ← 0
c32	indiceTIni ← -1
c33	tFin ← 0
c34	indiceTFin ← -1
c35	intervaloT ← 0.0
c36	proxTIni ← 0
c37	indiceProxTIni ← -1
c38	listaCiclos.borrarElementos ()
c39	
c40	si =esValido (potMedicion) o =esValido (tsMedicion) entonces:
c41	terminar
c42	fin si (c40)
c43	
c44	si =parametrosValidos (L, n, m, umbrPotL, umbrPot, tMinEnc, tMinApag, minPotMed, maxPotMed, minDurCiclo, maxDurCiclo) entonces:
c45	terminar
c46	fin si (c44)
c47	
c48	listaIntervalosL ← intervalosLDesdeMedicion (potMedicion, tsMedicion)
c49	
c50	i ← 0
c51	mientras i < listaIntervalosL.cantElementos hacer:
c52	potIntervaloL ← potenciasDesdeIntervaloL (listaIntervalosL.elemento (i))
c53	tsIntervaloL ← estampasDeTiempoDesdeIntervaloL (listaIntervalosL.elemento (i))
c54	potenciaMediaL ← media (potIntervaloL)
c55	si potenciaMediaL > umbrPotL entonces:
c56	j ← 0
c57	mientras j < potIntervaloL.cantElementos hacer:
c58	potencia ← potIntervaloL [j]
c59	si esCero (intervaloT) y potencia >= umbrPot entonces:
c60	indiceTIni ← j
c61	tIni ← tsIntervaloL [j]
c62	fin si (c59)
c63	si indiceTIni >= 0 entonces:
c64	potenciaMediaN ← media (potIntervaloL [j], potIntervaloL [j - 1],..., potIntervaloL [j - (n - 1)])
c65	si potenciaMediaN >= umbrPot entonces:
c66	intervaloT += periodoMuestreo
c67	sino (c65):
c68	j ← indiceTIni + 1
c69	tIni ← 0
c70	indiceTIni ← -1
c71	intervaloT ← 0.0
c72	fin si (c65)
c73	si intervaloT > tMinEnc entonces:
c74	salir mientras (c57)
c75	fin si (c73)
c76	fin si (c63)
c77	j++
c78	fin mientras (c57)
c79	fin si (c55)
c80	si tIni > 0 entonces:
c81	potCiclo ← potenciasDesdeMedicion (potMedicion , inicio: tIni)
c82	tsCiclo ← estampasDeTiempoDesdeMedicion (tsMedicion, inicio: tIni)
c83	k ← m
c84	mientras k < potCiclo.cantElementos hacer:
c85	potencia ← potCiclo [k]
c86	si esCero (intervaloT) y potencia < umbrPot entonces:
c87	indiceTFin ← k - 1
c88	tFin ← tsCiclo [k - 1]
c89	indiceProxTIni ← indiceTFin + m
c90	proxTIni ← tsCiclo [indiceTFin + m]
c91	fin si (c86)
c92	si intervaloT > tMinApag entonces:
c93	potenciaMediaN ← media (potCiclo [k], potCiclo [k + 1],..., potCiclo [k + (n - 1)])
c94	si potenciaMediaN < umbrPot entonces:
c95	salir mientras (c84)
c96	sino (c94)
c97	k ← indiceTFin + 2
c98	tFin ← 0
c99	indiceTFin ← -1
c100	intervaloT ← 0.0
c101	proxTIni ← 0
c102	indiceProxTIni ← -1
c103	fin si (c94)
c104	sino (c92):
c105	si indiceTFin > -1 entonces:
c106	intervaloT += periodoMuestreo
c107	fin si (c105)
c108	k++
c109	fin si (c92)
c110	fin mientras (c84)
c111	fin si (c80)
c112	si tIni > 0 y tFin > 0 y tFin > tIni entonces:
c113	potenciaMediaCiclo ← media (potMedicion (inicio: tIni, fin: tFin))
c114	duracionCiclo ← tFin - tIni
c115	if minPotMed <= potenciaMediaCiclo y potenciaMediaCiclo <= maxPotMed y minDurCiclo <= duracionCiclo y duracionCiclo <= maxDurCiclo entonces:
c116	listaCiclos.agregar (nuevoElemento (inicio: tIni, fin: tFin))
c117	fin si (c115)
c118	fin si (c112)
c119	si proxTIni > 0 entonces:
c120	potRestoMedicion ← potenciasDesdeMedicion (potMedicion , inicio: proxTIni)
c121	tsRestoMedicion ← estampasDeTiempoDesdeMedicion (tsMedicion, inicio: proxTIni)
c122	listaIntervalosL ← intervalosLDesdeMedicion (potRestoMedicion, tsRestoMedicion)
c123	i ← 0
c124	fin si (c119)
c125	fin mientras (c51)
c126	
c127	devolver listaCiclos

Figura 21. Algoritmo de detección de ciclos de activación completo.

En las líneas c17 y c18 se definen los dos parámetros que limitan el valor de la potencia media de un ciclo de activación válido: *minPotMed* y *maxPotMed*; es decir, la potencia media de un ciclo de activación válido se debe encontrar entre ambos valores. De manera similar, en las líneas c19 y c20 se definen los dos parámetros que limitan el valor de la duración de un ciclo de activación válido: *minDurCiclo* y *maxDurCiclo* (la duración de un ciclo de activación válido debe estar comprendida entre ambos valores). La línea c21 define la salida del algoritmo, o sea, la lista de ciclos de activación (*listaCiclos*), cuyos elementos tienen las estampas de tiempo de inicio y de fin; esta lista se vacía al comienzo del algoritmo (línea c38).

En realidad, lo primero que hace el algoritmo (después de inicializar las variables) es detectar si la medición original es válida (líneas c40-c42) y si los parámetros son válidos (líneas c44-c46). A partir de este punto, se obtiene la lista de los intervalos L iniciales desde la medición completa (línea c48). En las líneas c50 y c51 se empieza a recorrer dicha lista, mediante la variable *i*.

Para cada elemento de la lista (intervalo L) se determinan los arreglos *potIntervaloL* y *tsIntervaloL* (líneas c52 y c53, respectivamente). Luego, en la línea c54, se calcula la potencia media en el intervalo L; si dicha potencia es mayor que el umbral (*umbrPotL*), el intervalo se considera útil y se comienza a recorrer (línea c55), como se describió en la primera parte del algoritmo, la cual se corresponde con las líneas c56 a c78.

Si se ha detectado un *tIni* válido (línea c80), comienza la segunda parte. Para ello, previamente deben cargarse *potCiclo* y *tsCiclo*, como arreglos que se toman de la medición original, pero a partir del punto indicado por *tIni* (líneas c81 a c82); luego comienza formalmente la parte que detecta *tFin* (líneas c83-c110).

A partir de la línea c112, comienza la tercera etapa del algoritmo: determinar si el ciclo de activación completo encontrado es válido; en esa misma línea se verifica que *tIni* y *tFin* son válidos. A continuación, se determina la potencia media y la duración del ciclo de activación (líneas c113 y c114, respectivamente). En la línea c115 se verifica que la potencia media se encuentre dentro de los valores límite para considerar un ciclo de activación como válido para el artefacto (mínimo y máximo de potencia media, *minPotMed* y *maxPotMed*, respectivamente) y que la duración también lo sea (mínimo y máximo de duración, *minDurCiclo* y *maxDurCiclo*, respectivamente). Si la validación del ciclo de activación completo es correcta, en la línea c116 se agrega un nuevo elemento a la lista de ciclos de activación (*listaCiclos*), el cual contiene como información a *tIni* y a *tFin*.

Finalmente, el algoritmo debe continuar con la búsqueda de nuevos ciclos de activación, lo cual se define entre las líneas c119 y c124; a tal fin, si *proxTIni* contiene la próxima muestra a partir de la cual recomenzar la búsqueda, se determina un nuevo conjunto de intervalos L

(líneas c120 a c122) y empieza todo el proceso de nuevo desde la línea c51. Al terminar, el algoritmo devuelve la lista de ciclos de activación encontrados (*listaCiclos*), en la línea c127.

3. Implementación

Diseñado el algoritmo, se procedió a la implementación y prueba del mismo. Para ello, primeramente, se cargaron los valores del repositorio UK-DALE a una base de datos *MySQL*, debido a que los datos originales se encuentran en un archivo de texto plano. Una vez transferidos a la base de datos, los valores pueden buscarse con mayor facilidad, para estudiar las mediciones de un día determinado, por ejemplo.

Mediante una aplicación *Java*, la cual implementa el algoritmo, es posible: (1) seleccionar un período para obtener la medición, es decir, los datos que se cargarán en *potMedicion* y *tsMedicion* (por ahora, es posible seleccionar períodos equivalentes a un día completo, por lo que la granularidad es de un día); (2) especificar el artefacto a evaluar para encontrar los ciclos de activación; y (3) configurar los parámetros del algoritmo.

Una vez especificada esta información, es posible graficar la medición y los ciclos de activación detectados, para determinar visualmente si dichos ciclos de activación son correctos. Los ciclos identificados brindan información acerca de los mismos: (1) su potencia media; (2) su potencia máxima; y (3) su duración. La figura 12 muestra dicho gráfico, con tres ciclos detectados para el caso de un lavarropas.

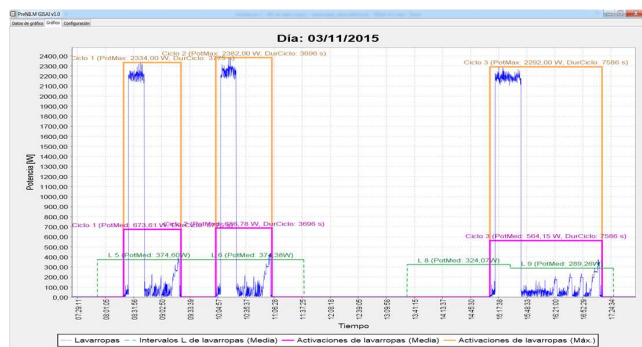


Figura 12. Vista del gráfico que muestra los resultados del algoritmo.

4. Resultados

Las pruebas realizadas con el algoritmo descrito anteriormente fueron planificadas para ser lo suficientemente exhaustivas, abarcando tres etapas diferentes.

La primera etapa tuvo lugar durante la construcción del algoritmo (que incurrió en varias iteraciones), para lo cual se utilizaron algunos ejemplos artificiales a modo de validación del funcionamiento correcto del mismo.

Luego, en una segunda etapa, se realizó una validación en tres partes. Primero, se seleccionaron del repositorio UK-DALE dos artefactos clave (lavarropas y pava eléctrica) y 86 días de medición para cada artefacto. La aplicación Java permite probar el algoritmo en dos modos: (1) un modo básico (“modo de pruebas”), el cual sólo busca el comienzo y el fin de los ciclos de activación, sin validar el ciclo de activación completo, y (2) un modo completo, el cual valida todos los parámetros del ciclo de activación, como ser su duración total y su potencia media. En esta primera parte se utilizó sólo el primer modo con parámetros generales, para determinar el desempeño y obtener información (potencia media y duración) de los ciclos de activación detectados. Esta primera parte se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores de los parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación utilizados en la primera parte de las pruebas (lavarropas y pava eléctrica).

Parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación para un lavarropas y una pava eléctrica (86 días, sin tener en cuenta la duración ni la potencia media)		
Lavarropas	<i>L</i>	1000 muestras
	<i>n</i>	5 muestras
	<i>m</i>	10 muestras
	<i>umbrPotL</i>	10 W
	<i>umbrPot</i>	5 W
	<i>tMinEnc</i>	20 s
	<i>tMinApag</i>	5 s
	<i>minPotMed</i>	-
	<i>maxPotMed</i>	-
	<i>minDurCiclo</i>	-
	<i>maxDurCiclo</i>	-
	Ciclos existentes	132 ciclos
	Ciclos detectados correctamente	124 ciclos
	Ciclos inválidos detectados como correctos	15 ciclos
Ciclos desfasados	0 ciclos	
Resultados	124/132 correctos (93,94%) 15/132 incorrectos (11,36%) 0/124 desfasados (0,00%)	
Pava eléctrica	<i>L</i>	1000 muestras
	<i>n</i>	5 muestras
	<i>m</i>	10 muestras
	<i>umbrPotL</i>	10 W
	<i>umbrPot</i>	5 W
	<i>tMinEnc</i>	20 s
	<i>tMinApag</i>	5 s
	<i>minPotMed</i>	-

<i>maxPotMed</i>	-
<i>minDurCiclo</i>	-
<i>maxDurCiclo</i>	-
Ciclos existentes	329 ciclos
Ciclos detectados correctamente	316 ciclos
Ciclos inválidos detectados como correctos	2 ciclos
Ciclos desfasados	34 ciclos
Resultados	316/329 correctos (96,05%) 2/329 incorrectos (0,61%) 34/316 desfasados (10,76%)

Pese a haber especificado valores generales, se observa que el algoritmo obtiene un buen desempeño. En el caso del lavarropas, se detecta el 93,94% de los ciclos, y todos ellos sin ningún desfasaje. Sin embargo, lo malo es que detecta 15 ciclos incorrectos (debidos principalmente a ruido y a mitades de ciclos correctos); esto no es para nada deseable, ya que se presentan como ejemplos válidos para el entrenamiento de la técnica de aprendizaje que se elija en la última fase de implementación NILM. Para la pava eléctrica, el desempeño fue aún mejor: 96,05% de ciclos detectados correctamente y sólo 0,61% de ciclos inválidos. Como contrapartida, el número de desfasajes fue mayor: 10,76%.

Durante la segunda parte, se prueba el algoritmo completo sobre otros 86 días de medición distintos a los anteriores. La diferencia es que ahora se afinan los parámetros del algoritmo y se consideran todos ellos, pues gracias a la primera parte se pudieron obtener los límites de potencia media (*minPotMed* y *maxPotMed*) y la duración de los ciclos de activación (*minDurCiclo* y *maxDurCiclo*), para ambos artefactos. Los resultados de estos nuevos días se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de los parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación utilizados en la segunda parte de las pruebas (lavarropas y pava eléctrica).

Parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación para un lavarropas y una pava eléctrica (86 días, considerando la duración y la potencia media)		
Lavarropas	<i>L</i>	1000 muestras
	<i>n</i>	20 muestras
	<i>m</i>	50 muestras
	<i>umbrPotL</i>	10 W
	<i>umbrPot</i>	2 W
	<i>tMinEnc</i>	10 s
	<i>tMinApag</i>	5 s
	<i>minPotMed</i>	80 W
	<i>maxPotMed</i>	820 W
	<i>minDurCiclo</i>	1220 s
	<i>maxDurCiclo</i>	7620 s
Ciclos existentes	131 ciclos	

	Ciclos detectados correctamente	124 ciclos
	Ciclos inválidos detectados como correctos	0 ciclos
	Ciclos desfasados	6 ciclos
	Resultados	124/131 correctos (94,66%) 0/131 incorrectos (0,00%) 6/124 desfasados (4,84%)
Pava eléctrica	<i>L</i>	100 muestras
	<i>n</i>	3 muestras
	<i>m</i>	1 muestra
	<i>umbrPotL</i>	20 W
	<i>umbrPot</i>	5 W
	<i>tMinEnc</i>	5 s
	<i>tMinApag</i>	5 s
	<i>minPotMed</i>	230 W
	<i>maxPotMed</i>	2460 W
	<i>minDurCiclo</i>	10 s
	<i>maxDurCiclo</i>	600 s
	Ciclos existentes	459 ciclos
	Ciclos detectados correctamente	449 ciclos
	Ciclos inválidos detectados como correctos	0 ciclos
	Ciclos desfasados	4 ciclos
	Resultados	449/459 correctos (97,82%) 0/459 incorrectos (0,00%) 4/449 desfasados (0,89%)

Se puede apreciar una mejora sobre el lavarropas en lo que respecta a la detección de ciclos de activación correctos (94,66%), así como también en la ausencia de ciclos de activación detectados incorrectamente; en contraste, aumentó levemente la cantidad de ciclos de activación desfasados (4,84%), aunque la proporción de desfasaje es ínfima considerando que los ciclos de activación de lavarropas tienen una duración prolongada (7620 s o más, de acuerdo con la prueba anterior). Por otro lado, la pava eléctrica también demostró una mejora notable, con 97,82% de detección de ciclos de activación correctos, la ausencia de ciclos de activación detectados incorrectamente y un 0,89% de ciclos de activación desfasados.

En una tercera parte, se afinan aún más los parámetros de los límites de potencia media (*minPotMed* y *maxPotMed*) y duración del ciclo (*minDurCiclo* y *maxDurCiclo*), sobre los días de la segunda parte, con la información obtenida de los ciclos de activación que no fueron detectados, lo cual se resume en la Tabla 4.

Esta pequeña mejora permite identificar casi la totalidad de los ciclos (99,24% en caso del lavarropas y 99,56% para la pava eléctrica).

Tabla 4. Valores de los parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación utilizados en la tercera parte de las pruebas (lavarropas y pava eléctrica).

Parámetros del algoritmo de detección de ciclos de activación para un lavarropas y una pava eléctrica (86 días, sólo variando la duración y la potencia media respecto de la Tabla 3)	
<i>minPotMed</i>	80 W
<i>maxPotMed</i>	820 W
<i>minDurCiclo</i>	910 s
<i>maxDurCiclo</i>	8365 s
Ciclos existentes	131 ciclos
Ciclos detectados correctamente	130 ciclos
Ciclos inválidos detectados como correctos	0 ciclos
Ciclos desfasados	6 ciclos
Resultados	130/131 correctos (99,24%) 0/131 incorrectos (0,00%) 6/130 desfasados (4,62%)
<i>minPotMed</i>	230 W
<i>maxPotMed</i>	2460 W
<i>minDurCiclo</i>	5 s
<i>maxDurCiclo</i>	600 s
Ciclos existentes	459 ciclos
Ciclos detectados correctamente	457 ciclos
Ciclos inválidos detectados como correctos	0 ciclos
Ciclos desfasados	5 ciclos
Resultados	457/459 correctos (99,56%) 0/459 incorrectos (0,00%) 5/457 desfasados (1,09%)

Establecer los parámetros adecuados para la detección de ciclos de activación correctos proporciona mayor seguridad a la hora de realizar el reconocimiento de todos los ciclos de activación que existan en el repositorio, para que en la futura fase de entrenamiento de NILM se pueda contar con datos de calidad de entrada para la técnica de aprendizaje que se utilice. Estos valores van a variar de artefacto en artefacto; por ejemplo, utilizando los mismos valores que se muestran en la Tabla 2 para la detección de ciclos de activación en una heladera (considerando inicio y fin, sin los límites de duración y potencia), el algoritmo pierde precisión, como se observa en la Figura 13.

Todos los parámetros tienen influencia en el desempeño del algoritmo, y la variación de cada uno de ellos ocasiona diferentes efectos.

Cuanto más elevado sea el valor de *L*, se obtendrá mayor rapidez en la búsqueda, minimizando el tiempo de procesamiento; pero no se debería abusar de este parámetro, pues existe una correlación entre el mismo y la potencia promedio sobre dicho intervalo. Al elegir un

valor elevado de L , es de esperarse que, especialmente si los ciclos de activación contenidos en el intervalo están bastante separados entre ellos, la potencia media en dicho intervalo sea pequeña; si $umbrPotL$ es demasiado elevado, se corre el riesgo de ignorar un intervalo L con datos útiles. En el caso concreto de la heladera, para un valor L de 1000 muestras, parece ser que un valor $umbrPotL$ de 10 W es demasiado alto, como se aprecia en la Figura 13.a, donde se puede ver que no se detecta correctamente un ciclo de activación. Utilizando un valor menor de L (200 muestras), se obtiene una mejora notable (Figura 13.b).

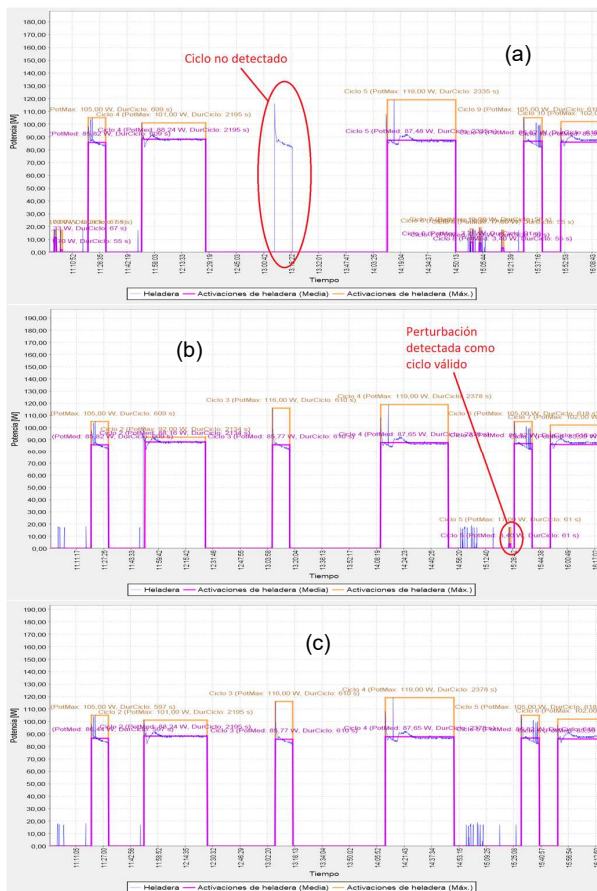


Figura 13. Fallas del algoritmo si no se utilizan los parámetros adecuados (para una heladera del repositorio UK-DALE). (a) Ciclo de activación no detectado, usando los parámetros de la Tabla 2. (b) Mejora respecto de (a), empleando $L = 200$ muestras, pero todavía detectando perturbaciones como ciclos de activación válidos. (c) Mejora final usando $n = 10$ muestras, $tMinEnc = 10$ s y $tMinApag = 10$ s.

Los valores de n , $umbrPot$, $tMinEnc$ y $tMinApag$ se relacionan según las Figuras 5 y 8. Los parámetros n y $umbrPot$ van de la mano. Incrementar n se traduce en desplazar a la derecha las curvas de potencia de la Figura 5 (a modo de un filtro pasa-bajas) y, a la izquierda, en la Figura 8 (al mirar más adelante en el tiempo); esto es producto de que el promedio abarca más muestras. En el caso de la Figura 5, si $umbrPot$ también se eleva, se corre el riesgo de que la curva desplazada caiga en la zona sombreada, aún para un inicio válido, lo que puede retrasar la detección de dicho inicio provocando desfases en los ciclos de activación detectados. Para el caso de la Figura 8, si $tMinApag$ se eleva demasiado, se corre el riesgo de que el promedio abarque el comienzo de un nuevo ciclo de activación cercano; si esto ocurre y $umbrPot$ no es lo suficientemente elevado, la curva desplazada podría elevarse por encima de la zona sombreada, ignorando un fin de ciclo de activación válido y uniendo dos ciclos de activación independientes. Aumentando $tMinEnc$ y $tMinApag$ se alarga el período sobre el cual se evalúan el inicio y el fin del ciclo de activación, respectivamente, lo cual conduce generalmente a una mejor respuesta. Tampoco es bueno abusar de estos dos parámetros, pues valores elevados cuando los ciclos de activación tienen poca duración (y baja potencia) podrían causar que muchos de ellos sean ignorados. En la Figura 13.b, pequeños picos de ruido se detectan como ciclos válidos; asignando a n 10 muestras y 10 segundos a $tMinEnc$ y $tMinApag$, estos picos se ignoran, como se observa en la Figura 13.c.

El valor de m debería tenerse en cuenta especialmente cuando los ciclos de activación son angostos, como en el caso de la pava eléctrica; un valor elevado en estos casos puede desplazar considerablemente el fin del ciclo, resultando en un desfase.

Los demás parámetros ($minPotMed$, $maxPotMed$, $minDurCiclo$ y $maxDurCiclo$) sirven para validar el ciclo de activación completo, una vez que se han detectado inicio y fin; por lo tanto, la determinación de estos valores para cada tipo de artefacto es importante, pues pueden filtrar incorrectamente ciclos de activación válidos.

Finalmente, la tercera etapa de las pruebas es la más exhaustiva, y se encuentra aún en curso. Consiste en validar el algoritmo para cada artefacto de interés del repositorio UK-DALE y encontrar los parámetros para esos casos. Como el repositorio UK-DALE incluye mediciones en varios hogares, también sería importante validar el algoritmo con los artefactos de todos los hogares (actualmente se han utilizado datos de la casa etiquetada con el número 1). También se pretende agregar datos de otros repositorios para validar el algoritmo, como REDD y BLUED.

5. Trabajos relacionados

El desarrollo de esta investigación comenzó con el estudio de NILM, con el objetivo de evaluar diferentes técnicas de aprendizaje automático que permitan marcar una diferencia en el estudio del consumo de energía en nuestro país.

Se comenzó el análisis con los trabajos de George Hart [4, 8], quien introdujo NILM, clasificando distintos patrones de los artefactos basándose en las firmas de señales de consumo de los mismos. Hoy día existen varios algoritmos de muestreo a bajas frecuencias que se basan en su técnica; para la extracción de patrones más complejos se requieren muestreos a alta frecuencia [7, 9].

Los algoritmos NILM se clasifican en *basados en eventos* y en *no basados en eventos* [3, 10]. Los no basados en eventos hacen uso de las lecturas de corriente y voltaje puras o analizan información del espectro de frecuencias para detectar la presencia de los artefactos.

Por el lado de los basados en eventos, varias propuestas han sido planteadas [6]; entre ellas, los autores de [1] proponen un método que utiliza diversas firmas de artefactos, asociadas a una ventana entera de operación de los mismos, por lo que artefactos con procesos complicados en medio del ciclo de activación pueden ser identificados. Con la finalidad de caracterizar los eventos, se han sugerido métodos para detectar *eventos de estado estable* y *eventos de estado transitorio*. Los métodos basados en eventos de estado estable identifican artefactos utilizando sus firmas en condición estable (“ON/OFF”). A su vez, los métodos basados en eventos transitorios hacen uso de firmas que definen transiciones de estados por medio de diversas características (tamaño, duración y armónicos de las formas de onda transitorias); sin embargo, los eventos transitorios requieren elevadas tasas de muestreo [6].

Se han probado diversas técnicas de aprendizaje para implementar NILM: (1) *supervisadas*, divididas básicamente en optimización y reconocimiento de patrones [11]; (2) *no supervisadas*, realizando el reconocimiento sin información *a priori* [12].

Varias técnicas supervisadas (las cuales requieren de datos etiquetados) se citan a continuación. Los *modelos ocultos de Márkov* (del inglés *Hidden Markov Models*, HMM) se caracterizan porque la complejidad de sus modelos se incrementa exponencialmente a medida que aumenta el número de artefactos, lo cual limita su aplicabilidad; además, si una nueva clase de artefacto se agrega, el modelo necesita ser re-entrenado. Las *redes neuronales artificiales* (del inglés *Artificial Neural Networks*, ANN) ofrecen mejor extensibilidad y *performance*, pero requieren entrenamiento para cada tipo de artefacto. La utilización de redes neuronales para NILM se remonta a mediados de la década de 1990, con trabajos como el de Roos [13]; sin embargo, las redes empleadas

no permitían la extracción de patrones complejos. Trabajos recientes, como el de Kelly y Knottenbelt [5], proponen el uso de *Deep Neural Networks* (DNN) para superar estas dificultades. Las *máquinas de soporte vectorial* (del inglés *Support Vector Machines*, SVM) también han mostrado una buena performance, con un buen rendimiento en la clasificación de artefactos [6].

Las técnicas no supervisadas tienen la particularidad de realizar el etiquetado de los artefactos sin la ayuda de datos de entrenamiento [3]. Por ejemplo, en [12] los autores proponen un *framework* de modelado para NILM basado en *máquinas de estado finito* (del inglés *Finite State Machines*, FSM) totalmente no supervisado; sin contar con conocimiento *a priori*, puede establecer el modelo FSM para el artefacto y todos sus parámetros, en un intento de lograr un “*auto-setup NILM*”. Las máquinas de estado finito han sido ampliamente utilizadas para modelar artefactos eléctricos; los autores de [14] proponen un método eficiente para representar ondas de cargas eléctricas de larga duración usando máquinas de estado finito. La ventaja de utilizar este enfoque es la capacidad de extraer fácilmente el consumo promedio y los valores de tiempo asociados a cada estado del artefacto.

Adicionalmente, en [15] el autor habla de aprendizaje *semi-supervisado*, el cual se emplea una pequeña cantidad de datos etiquetados con una gran cantidad de datos no etiquetados.

Concretamente, sobre la etapa de extracción de patrones, excepto los trabajos netamente orientados a eventos, los demás no suelen dar detalles del trabajo realizado en esta fase. En [5] se dan algunos detalles de cómo se detectan los ciclos de activación, incluso con parámetros para algunos artefactos (Tabla 4 de [5]), pero no al nivel de detalle proporcionado en el presente trabajo.

6. Conclusiones

En este trabajo se remarca la importancia de la etapa de extracción de patrones del enfoque típico para implementar NILM. Además de tener impacto en las técnicas orientadas a eventos, esta etapa es también clave para las no basadas en eventos, especialmente las supervisadas, pues permite obtener ejemplos de calidad a fin de realizar el entrenamiento. Para obtener tales ejemplos, es necesario identificar correctamente los ciclos de activación de los diferentes artefactos de interés.

Se propuso un algoritmo que permite ser configurado con una serie de parámetros para detectar ciclos de activación, teniendo en cuenta: (1) el inicio de un ciclo de activación, (2) el final del mismo y (3) valores acordes entre inicio y fin. Ruidos y perturbaciones, así como retornos a cero y otras cuestiones indeseables son tenidas en cuenta y evitadas configurando de manera adecuada los parámetros.

Mediante la aplicación del algoritmo a datos concretos fue posible calcular también el promedio de potencia consumida por ciclo de activación y su duración típica; estos valores realimentaron la configuración de parámetros, permitiendo incrementar la exactitud del proceso. Mediante las pruebas realizadas hasta el momento, se pudo demostrar el buen desempeño del algoritmo en cuanto a su eficacia en el reconocimiento de ciclos de activación correctos en datos con presencia de perturbaciones.

7. Próximos pasos

El presente trabajo se encuadra en un proyecto de investigación para la implementación de NILM en el hogar argentino: proyecto I+D UTN 4881 "Monitoreo domiciliario utilizando redes neuronales a partir de una medición de energía totalizada (NILM)" [16]. Dicho proyecto abarca la implementación de las tres fases de NILM, para el caso concreto de la aplicación de redes neuronales en la etapa de aprendizaje.

Los próximos pasos consisten en terminar de validar el algoritmo para dar inicio a la segunda etapa de NILM y ofrecer un repositorio confiable de ejemplos de entrenamiento; además, los resultados son alentadores para continuar perfeccionando el algoritmo.

Se pretende desarrollar la primera etapa (adquisición de datos), permitiendo obtener datos de artefactos utilizados en nuestra región (como acondicionadores de aire, por ejemplo), y concretar la tercera (inferencia o aprendizaje), para lo cual se espera definir una arquitectura de red neuronal que permita satisfacer cuestiones referidas a la calidad de su respuesta: evitar que resulte difícilmente entrenable (utilizando los ejemplos de calidad obtenidos según este trabajo), poco generalizadora ante nuevos artefactos y poco generalizadora para todos los comportamientos de un mismo artefacto, reduciendo de esta manera el inventario de artefactos lo máximo posible.

8. Referencias

- [1] Dong, M., Meira, P. C., Xu, W. y Freitas, W. (2012). "An event window based load monitoring technique for smart meters". *IEEE transactions on smart grid*, 3(2), 787-796.
- [2] Ridi, A., Gisler, C. y Hennebert, J. (2014, Agosto). "A survey on intrusive load monitoring for appliance recognition". En *Pattern Recognition (ICPR), 2014 22nd International Conference on* (pp. 3702-3707). IEEE.
- [3] Bernard, T. y Marx, M. (2016, Mayo). "Unsupervised learning algorithm using multiple electrical low and high frequency features for the task of load disaggregation". En *Proceedings of the 3rd International Workshop on NILM*, Vancouver, BC, Canada (pp. 14-15).
- [4] Hart, G. W. (1992). "Nonintrusive appliance load monitoring". *Proceedings of the IEEE*, 80(12), 1870-1891.
- [5] Kelly, J. y Knottenbelt, W. (2015, Noviembre). "Neural nilm: Deep neural networks applied to energy disaggregation". En *Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Embedded Systems for Energy-Efficient Built Environments* (pp. 55-64). ACM.
- [6] Zoha, A., Gluhak, A., Imran, M. A. y Rajasegarar, S. (2012). "Non-intrusive load monitoring approaches for disaggregated energy sensing: A survey". *Sensors*, 12(12), 16838-16866.
- [7] Meziane, M. N., Picon, T., Ravier, P., Lamarque, G. y Le, J. C. (2016). "A new measurement system for high frequency nilm with controlled aggregation scenarios". En *Workshop on Non-Intrusive Load Monitoring (NILM), 2016 Proceedings of the 3rd International*.
- [8] Hart, G. W. (1985). "Prototype nonintrusive appliance load monitor". En *MIT Energy Laboratory Technical Report, and Electric Power Research Institute Technical Report*.
- [9] Amirach, N., Xerri, B., Borloz, B. y Jauffret, C. (2014, Diciembre). "A new approach for event detection and feature extraction for nilm". En *Electronics, Circuits and Systems (ICECS), 2014 21st IEEE International Conference on* (pp. 287-290). IEEE.
- [10] Lindahl, P., Leeb, S., Donnal, J. y Bredariol, G. (2016, Septiembre). "Noncontact sensors and nonintrusive load monitoring (NILM) aboard the USCGC spencer". En *IEEE AUTOTESTCON, 2016* (pp. 1-10). IEEE.
- [11] Biansoongnern, S. y Plungklang, B. (2016). "Non-Intrusive Appliances Load Monitoring (NILM) for energy conservation in household with low sampling rate". *Procedia Computer Science*, 86, 172-175.
- [12] Liu, B., Luan, W. y Yu, Y. (2016). "A Fully Unsupervised Appliance Modelling Framework for NILM". En *2016 International Workshop on Non-Intrusive Load Monitoring*.
- [13] Roos, J. G., Lane, I. E., Botha, E. C. y Hancke, G. P. (1994, Mayo). "Using neural networks for non-intrusive monitoring of industrial electrical loads". En *Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1994. IMTC/94. Conference Proceedings. 10th Anniversary. Advanced Technologies in I & M., 1994 IEEE* (pp. 1115-1118). IEEE.
- [14] Du, L., Yang, Y., He, D., Harley, R. G. y Habetler, T. G. (2015). "Feature Extraction for Load Identification Using Long-Term Operating Waveforms". *IEEE Trans. Smart Grid*, 6(2), 819-826.
- [15] Makonin, S. (2016, Mayo). "Investigating the switch continuity principle assumed in Non-Intrusive Load Monitoring (NILM)". En *Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2016 IEEE Canadian Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- [16] Cocconi, D., Beinotti, R., Yuan, R., Mulassano, M., Bruno, J. y Beltramone, M. (2018). "Monitoreo de carga por métodos no invasivos en el hogar argentino utilizando redes neuronales". En *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*.

Provincias y capitales de Argentina con Realidad Aumentada

José Rolando Quispe ¹

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.

josexeq@gmail.com

Abstract

En este trabajo se presenta una aplicación que hace uso de la RA con el fin de ayudar a los alumnos de escuelas primarias en el aprendizaje de la materia geografía. Brinda una nueva manera de aprender aquello que en la actualidad se realiza de manera tradicional.

Actualmente la forma de aprender a identificar las provincias que componen la República Argentina consiste en observar un mapa con los nombres, memorizarlos y luego tratar de ubicarlos en otro mapa vacío. La aplicación desarrollada en este trabajo brinda otra forma de aprender haciendo uso de las nuevas tecnologías.

Ya sea desde un teléfono celular o desde una computadora con webcam se puede ejecutar la aplicación y al apuntar hacia el patrón correspondiente a una provincia se observa en la pantalla el nombre de la misma. Si al mismo tiempo se coloca en frente de la cámara el patrón correspondiente a la capital, la aplicación además muestra el nombre de la respectiva capital.

1. Introducción

Debido a los constantes avances de la tecnología y la temprana edad a la que los niños tienen acceso a ella, se puede afirmar que es necesario utilizar nuevas herramientas para el dictado de clases en las aulas. En un informe proporcionado por [1] se afirma que desde el momento en que cientos de millones de niños llegan al mundo, están inmersos en una corriente constante de comunicación y conexión digitales, desde la forma en que se gestiona y brinda su atención médica hasta las imágenes en línea de sus primeros momentos más preciosos. Además, afirma que a medida que los niños crecen, la capacidad de utilizar la digitalización para dar forma a sus experiencias de vida crece con ellos, ofreciéndoles oportunidades aparentemente ilimitadas para aprender y socializar, y para ser contados y escuchados. Esto motiva a los docentes a innovar en cuanto al dictado de sus clases.

En Argentina, en el año 2010 el gobierno nacional puso en marcha el plan denominado Conectar Igualdad. El mismo consistía en la entrega de netbooks a todos los alumnos y docentes de escuelas secundarias públicas, escuelas especiales e institutos de formación docente del país. Este plan motivo a los docentes a capacitarse en el área de las tecnologías para luego poder volcar lo aprendido en las aulas. Ahora los alumnos contaban con una netbook, por lo cual, fue necesario que el docente añadiese a sus clases habituales el uso de la misma y no se conformase con el clásico uso del pizarrón y la tiza para transmitir conocimiento.

En cuanto a la relación de los niños con la tecnología, es indiscutible y posiblemente inevitable el contacto entre ambos desde una temprana edad [2], ya que, son los padres quienes les dan el ejemplo y les brindan los primeros aprendizajes y experiencias [3], [4]. Por otro lado, existe un desfase creciente entre el ambiente del hogar de los niños, lleno de varios estímulos y tecnologías multimedia y el sistema de enseñanza tradicional [5]. Este es uno de los motivos por los cuales muchos niños suelen llevar sus teléfonos celulares a la escuela.

Viendo este panorama donde las aulas son cada vez más invadidas por las nuevas tecnologías, no sería erróneo afirmar que los docentes deberían hacer uso de estos dispositivos tecnológicos e incorporarlos a sus clases. Desde esta perspectiva es que se desarrolla el presente trabajo, buscando que el teléfono celular y la computadora sean un medio más utilizados para el aprendizaje de la materia geografía.

En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación que hace uso de la Realidad Aumentada (RA) y que está destinada a niños de escuelas primarias. La aplicación ayudará a los niños a aprender a identificar las provincias que componen la República Argentina, como así también a sus respectivas capitales.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se explican los conceptos principales de la realidad aumentada, en la sección 3 se describe el problema planteado, en la sección 4 se desarrolla la solución propuesta, y 5 se presentan los resultados y conclusiones, en la sección 6 describe el trabajo futuro y

finalmente en la sección 7 se detallan las referencias bibliográficas.

2. Realidad Aumentada

La RA es una tecnología que combina imágenes reales y virtuales de forma interactiva y en tiempo real. Permite la creación de aplicaciones interactivas las cuales combinan la realidad con información adicional, como ser: imágenes en 3D, videos, sonidos, textos, entre otros [6].

Existen diferentes tecnologías que hacen posible la RA. Para esto son fundamentales tanto los dispositivos que permiten a los usuarios la visualización producto de la combinación del mundo real y el virtual, como así también las técnicas de tracking y registración que, en base a diferentes sensores y mecanismos pueden detectar la posición y orientación de un objeto para situar de manera correcta el contenido virtual sobre el mundo real [7].

Para hacer uso de la RA se debe contar mínimamente con tres elementos, los cuales son: una cámara web, software para RA y un dispositivo de visualización como por ejemplo una pantalla de computadora o de celular.

3. Planteamiento del problema

A menudo los docentes de escuelas primarias ponen de manifiesto las dificultades que presentan los alumnos en la comprensión de textos científicos y en algunos casos la desmotivación progresiva que se observa hacia la lectura de libros de enseñanza. Son muchos los obstáculos que se desprenden de los libros de textos, por ejemplo, el vocabulario, las imágenes o gráficos empleados que no despiertan mucho interés al compararse con otros recursos multimediales [8].

En la materia geografía para escuelas primarias, una tarea común radica en estudiar las provincias en las que se divide el país y sus respectivas capitales. Esta tarea resulta monótona ya que la forma de estudiar consiste en tomar un libro para mirar el mapa e identificar a cada provincia por su nombre. Luego buscar otro mapa sin nombres e indicar donde se encuentra cada provincia. Algo similar ocurre cuando se tiene que estudiar los continentes, los países de cada continente o los departamentos de una provincia.

Este trabajo toma como base lo desarrollado por [9] donde los autores presentan una aplicación destinada a la materia geografía para alumnos de escuelas primarias. La aplicación permite hacer uso de la RA para facilitar el aprendizaje de los departamentos que componen la provincia de Jujuy. Consta de un mapa impreso en una hoja tamaño A4 con cada departamento numerado y de un color diferente, alrededor del mismo contiene marcadores con números los cuales se corresponden con

cada departamento y un marcador central en la parte de arriba. En la figura 1 se muestra el mapa de Jujuy con los departamentos numerados y los marcadores ubicados alrededor.

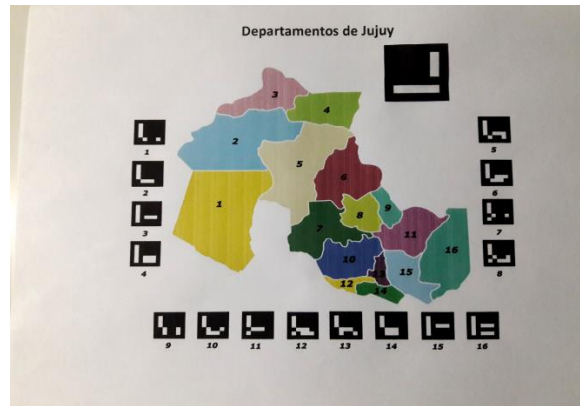


Figura 1. Mapa con departamentos numerados y marcadores alrededor

La aplicación puede ser instalada en un teléfono celular o pc. Al ejecutarla y apuntar con la cámara hacia los marcadores de la hoja estos se marcan con un recuadro y un número. Si se tapa con un dedo alguno de los marcadores ubicados alrededor del mapa, se observa en el marcador central el nombre del departamento correspondiente. Esto permite a los niños aprender a identificar los departamentos que componen la provincia usando la RA y de manera interactiva. En la figura 2 se muestra la aplicación en ejecución.



Figura 2. Ejecución de la aplicación al tapar el marcador externo número 4 correspondiente al departamento llamado Yavi.

3.1. Inconvenientes con los patrones

Para obtener los resultados propuestos por la aplicación es necesario que, al apuntar con la cámara, esta enfoque la totalidad de los marcadores. Si hay más de un marcador fuera del alcance, la aplicación muestra los nombres de los departamentos correspondientes a los marcadores que no son detectados. Estos nombres aparecen uno encima del otro en la posición del marcador central. Lo mismo ocurre si se tapan más de un marcador con los dedos.

3.2. Problemas al relacionar los patrones con los departamentos

Varios docentes a los que se les mostro la aplicación afirmaron que a los niños les resultaría difícil poder relacionar el número de departamento con el marcador ubicado alrededor del mapa. Por esta razón, proponían como solución dibujar flechas desde cada marcador externo hacia cada departamento. Esta posible solución dejaría al mapa y a sus marcadores con diferentes flechas entrecruzadas entre sí, lo cual podría llevar a más confusión.

4. Solución propuesta

En este trabajo se presenta el desarrollo de una aplicación de RA destinada a alumnos de escuelas primarias. Esta aplicación ayuda a los estudiantes a aprender a identificar las provincias y capitales que componen la República Argentina de una manera interactiva, fácil y a la vez divertida.

Como parte de la solución se creó un mapa de la República Argentina que muestra cada una de las provincias de diferentes colores y sin sus respectivos nombres. Para identificar de manera unívoca a cada provincia, el color asignado es completamente diferente a las que se encuentran en sus alrededores. Si bien hay provincias con colores similares, estas no se encuentran en las cercanías.

A cada provincia se le asignó un número para su identificación. Este número es de color blanco o negro según haga contraste o no con el color asignado a la provincia. El mapa cabe en una hoja de tamaño A4. En la figura 3 se observa el mapa con los colores y números correspondientes.

República Argentina



Figura 3. Mapa de la República Argentina usado en la aplicación

A cada provincia se le asignó un patrón con su número correspondiente. Los veintitrés patrones seleccionados son los provistos por el software OpenSpace3D, el cual se utilizó para desarrollar la aplicación.

4.1. Patrones independientes del mapa

Para evitar tener a todos los patrones impresos junto al mapa, se decidió manejarlos de manera independiente.

El mapa cuenta con veintitrés provincias, por lo tanto, fue necesario contar con la misma cantidad de patrones, uno por cada provincia y con su numeración correspondiente. Además, de otro patrón, para la indicar la capital.

Al no tener todos los patrones impresos junto al mapa se evita que la aplicación tenga que detectarlos en su totalidad al momento de la ejecución.

En el mapa no se cuenta con un marcador central que muestre los nombres de las provincias o sus capitales, ya que el software OpenSpace3D cuenta con una serie de etiquetas que permiten mostrar texto en una posición específica sin hacer uso de un patrón.

4.2. Asociación entre patrones y provincias

La aplicación está pensada para ser usada por alumnos de escuelas primarias y debido a la edad de los mismos les puede resultar difícil relacionar el número de patrón con la provincia correspondiente, similar a lo que se describió en la sección 3.2 de este documento. Por este motivo, se decidió añadir debajo de cada patrón el color correspondiente a la provincia que representa. De esta

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

manera, el alumno puede relacionar el patrón con la provincia a través del número y del color.

Cada patrón mide 3cm de lado más el número y color que se encuentra debajo. En la figura 4 se muestra algunos de los patrones usados en el presente trabajo.

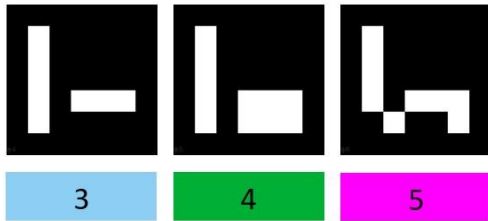


Figura 4. Tres de los patrones usados en la aplicación

4.3. Funcionamiento de la aplicación

La idea principal de la aplicación consiste en apuntar con la cámara del dispositivo en donde se encuentre instalada hacia el mapa, luego colocar algún patrón según el número correspondiente a la provincia. Como resultado la aplicación muestra el nombre de la provincia correspondiente. Además, si se coloca el patrón correspondiente a la capital, también se muestra el nombre de dicha capital. En la figura 5 se muestra la ejecución de la aplicación en una computadora.



Figura 5. Ejecución de la aplicación en una computadora

La aplicación está preparada para funcionar en computadores con el sistema operativo Windows y que posean una webcam como así también en teléfonos

celulares con Android en su versión 4.0 o superior. En la figura 6 se muestra la ejecución de la aplicación en un teléfono celular.

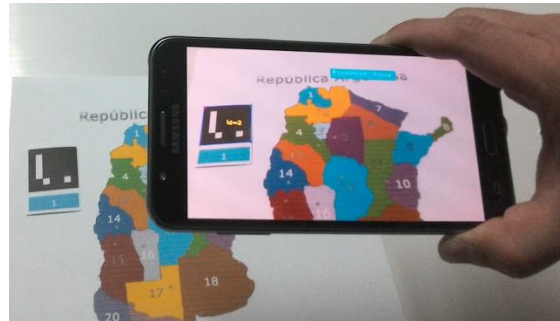


Figura 6. Ejecución de la aplicación en un teléfono celular

4.4. Consideraciones

Como ya se mencionó anteriormente la aplicación presentada en este trabajo puede ser ejecutada en teléfonos celulares con el sistema operativo Android con versión 4 o superior. También puede ser utilizada en computadoras con el sistema operativo Windows y que posean una webcam. Además, se debe imprimir el mapa en una hoja A4, los veintitrés patrones correspondientes a los nombres de las provincias y el patrón que representa la capital.

Es importante aclarar que la aplicación está diseñada para mostrar los resultados únicamente cuando uno y solo un patrón correspondiente a las provincias está en frente de la cámara. Si hay más de dos patrones activos la aplicación muestra un mensaje de error. Puede estar presente como máximo un patrón correspondiente a una provincia y el patrón de la capital. En la figura 7 se muestra la aplicación con dos marcadores activos al mismo tiempo y el mensaje de error correspondiente.

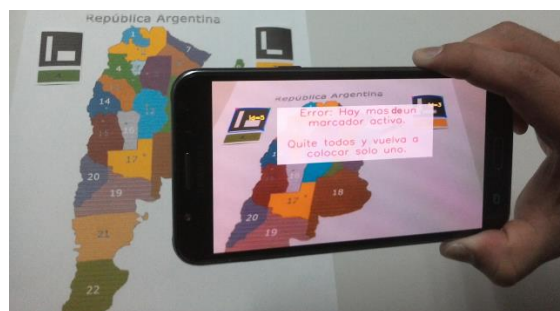


Figura 7. Ejecución de la aplicación con dos patrones activos

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

Como se observa en las figuras anteriores, al ejecutar la aplicación no es necesario que la cámara enfoque la totalidad del mapa ya que este solo sirve como referencia de la provincia de la cual se necesita conocer la información. Pero es obligatorio que la cámara detecte el patrón correspondiente a la provincia y en caso de ser necesario también hará falta detectar el patrón de la capital. En la figura 8 se muestra a la aplicación detectando el patrón de la provincia de Catamarca con el patrón de la capital. En la figura 9 se muestra a la aplicación detectando el patrón de la provincia de Jujuy con el patrón de la capital. En ambos casos se obtiene como resultado el nombre de la provincia y el nombre de la capital correspondiente.

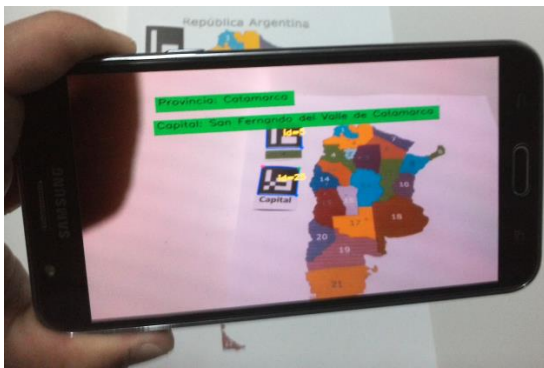


Figura 8. Ejecución de la aplicación con el patrón de la provincia de Catamarca y el patrón de la capital

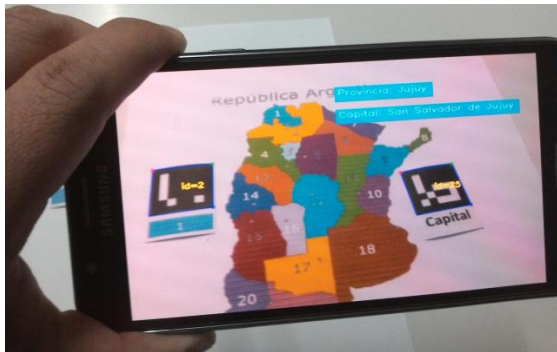


Figura 9. Ejecución de la aplicación con el patrón de la provincia de Jujuy y el patrón de la capital

Si solo se detecta el patrón de la capital la aplicación está diseñada para no mostrar resultado alguno. En la figura 10 se muestra a la aplicación detectando solo el patrón correspondiente a la capital.



Figura 10. Ejecución de la aplicación con el patrón correspondiente a la capital

5. Resultados y conclusiones

La aplicación desarrollada en este trabajo hace uso de la RA y está destinada a niños de escuelas primarias. Brinda la posibilidad de estudiar las provincias y las capitales que componen la República Argentina de una forma alternativa. Permitiendo que las computadoras o los teléfonos celulares, a los cuales están acostumbrados los niños de hoy, sean usados como parte del aprendizaje escolar.

Se logró diseñar la aplicación de tal manera que solo pueda haber un patrón de provincia activo a la vez y que pueda estar acompañado del patrón de capital.

El uso de esta aplicación acerca de la enseñanza a las nuevas generaciones de estudiantes que en la actualidad asisten a las escuelas primarias y quienes crecieron rodeados de dispositivos tecnológicos.

6. Trabajo futuro

En un curso destinado a la capacitación de docentes de escuelas primarias en temas referidos a RA, se puso a consideración de los mismos la aplicación aquí descrita. Los docentes se mostraron muy satisfechos con los resultados obtenidos con la aplicación.

Aun no se ha probado el uso de la aplicación con alumnos de escuelas primarias pero varios docentes ya confirmaron que están dispuestos a hacer uso de la misma en sus clases. Este es un trabajo que se pretende realizar a futuro.

También se tiene pensado agregar más funcionalidades como ser la región a la que pertenece una provincia, las provincias limítrofes de determinada provincia, la cantidad de habitantes, entre otras.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

7. Referencias

- [1] Unicef. Estado mundial de la infancia 2017. Niños en un mundo digital. Disponible en:
<https://www.unicef.org/paraguay/spanish/UN0150440.pdf>
- [2] Kucirkova, N. (2011). Digitalised early years – Where next? *New Voices*, 24(12), 938-940.
- [3] Livingstone, S. (2007). Strategies of parental regulation in the media-rich home. *Computers in Human Behavior*, 23, 920-941.
- [4] Plowman, L., McPake, J., & Stephen, C. (2008). Just picking it up? Young children learning with technology at home. *Cambridge Journal of Education*, 38, 303-319.
- [5] Brito, R. & Dias, P. (2016). La tecnología digital, aprendizaje y educación; prácticas y percepciones de niños menores de 8 años y sus padres. *ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 31(2). Disponible en:
<http://www.revista.uclm.es/index.php/ensayos>
- [6] Azuma, R. A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4):355–385, 1997.
- [7] Mesia, N. S., Sanz, C. & Gorga, G. (2016). Experiencia de enseñanza de programación con Realidad Aumentada. *Actas de las XXII Jenui*. Almería, 6-8 de julio 2016
- [8] Fracchia, C., Alonso de Armiño, A. C., Martins A. (2015): Realidad Aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación* N°16, pp 7-15, Diciembre. <http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2016/06/TEYET16-art01.pdf>
- [9] Quispe, J.R., Gálvez, M.P. (2017): Geografía interactiva con realidad aumentada. 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información, Santa Fe, Argentina

Automatización de evaluación de madurez ósea a través de técnicas de aprendizaje profundo

Clarissa Paro*, Franco Ferrero*, Gino Emiliozzi*, Isaías Calvo*, Juan Lucas Pajin*, Matias E. Marani*,
Nicolás Scandolo*, Tomas Corti*, Santiago Diez*, Pablo E. Pistilli*

*Grupo de Investigación en Aprendizaje Profundo para Visión Computarizada
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Rosario
{sdiez,ppistilli}@frro.utm.edu.ar

Abstract

La evaluación de la edad ósea esquelética es una práctica clínica comúnmente utilizada para investigar la madurez del sistema esquelético de un niño. Esta práctica puede ayudar a los médicos a diagnosticar afecciones que retrasan o aceleran el crecimiento y desarrollo físico. Recientemente, el advenimiento y la proliferación de redes neuronales convolucionales (RNC) ha mostrado ser prometedor en una variedad de aplicaciones de imágenes médicas. En este documento proponemos y probamos varios enfoques de aprendizaje profundo para evaluar la madurez ósea de forma automática comparando dos enfoques: por un lado, una RNC general que estima madurez ósea sobre radiografías de género masculino y femenino; por el otro, dos RNC especializadas cada una en su género respectivo. Los resultados mostraron que la utilización de un modelo general ofrece resultados más precisos para la estimación de madurez ósea; sin embargo, los modelos especializados ofrecen resultados similares. Esta es una de las primeras evaluaciones automatizadas de la edad ósea esquelética probada en un conjunto de datos públicos donde se evalúa la utilización de una RNC general y dos RNC específicas para el género de la persona, para los cuales el código fuente está disponible, representando así una base exhaustiva para futuras investigaciones en el campo.

1 Introducción

Durante el desarrollo del organismo de una persona, los huesos del esqueleto cambian de tamaño y forma, los cuales responden a una determinada edad ósea. Diferencia entre la edad ósea estimada de un niño y su edad cronológica podría indicar trastornos del crecimiento y anomalías endocrinas [1]. Los médicos utilizan la evaluación de la edad ósea para estimar la madurez del sistema esquelético de un niño. Los métodos de evaluación de la edad ósea generalmente comienzan con tomar una sola imagen de rayos X de la mano izquierda desde la muñeca hasta las puntas de los dedos, ver Figura 1. Los huesos en la imagen de rayos X se comparan con radiografías en un atlas estandarizado de desarrollo óseo. Tal atlas de edad ósea se basa en un gran número de radiografías recogidas de niños del mismo sexo y edad.

En las últimas décadas, el procedimiento de evaluación de la edad ósea se realizó de forma manual utilizando los métodos de Greulich y Pyle (GP) [2] o de Tanner-Whitehouse (TW) [3]. El procedimiento GP determina la edad ósea al comparar la radiografía del paciente con un atlas de edades representativas. La técnica TW se basa en un sistema de puntuación que examina 20 huesos específicos. En ambos casos, el procedimiento de evaluación ósea requiere un tiempo considerable; a su vez, la precisión en la estimación depende de la experiencia del radiólogo y tiende a ser subjetiva.

Desde 1992, preocupaciones sobre la variabilidad inter-observador en la estimación manual de la edad ósea [4]



Figura 1: Huesos de una mano y muñeca humana adaptada de [15]

han llevado al establecimiento de varios métodos automáticos computarizados para la estimación de la misma. Los recientes avances en el aprendizaje profundo y sus aplicaciones a la visión por computadora permitieron a muchos investigadores mejorar drásticamente los resultados obtenidos con los sistemas de procesamiento de imágenes particularmente relacionados con el análisis de imágenes médicas [5]. A diferencia de las técnicas tradicionales de aprendizaje automático, las técnicas de aprendizaje profundo

permiten que un algoritmo se programe a sí mismo aprendiendo de las imágenes dadas a un gran conjunto de datos de ejemplos etiquetados, eliminando así la necesidad de especificar reglas [6]. Los enfoques basados en aprendizaje profundo están ganando más atención porque en varios casos se demostró que logran e incluso superan el rendimiento a nivel humano, lo que hace que el procesamiento de imágenes de extremo a extremo sea automatizado y suficientemente rápido. En el campo de las imágenes médicas, las redes neuronales convolucionales (RNC) se han utilizado con éxito para el cribado de retinopatía diabética [7], diagnóstico de enfermedades cardíacas [8], detección de cáncer de pulmón [9] y otras aplicaciones [5]. En el caso de la evaluación de la edad ósea, el mismo es un procedimiento que realizado manualmente requiere alrededor de 30 minutos de tiempo del médico por cada paciente. Cuando se realiza el mismo procedimiento utilizando un software basado en los métodos clásicos de visión por computadora, toma de 1 a 5 minutos, pero aún requiere una considerable supervisión y experiencia médica. Los métodos basados en aprendizaje profundo permiten evitar la ingeniería de características discriminatorias directamente de un conjunto de ejemplos etiquetados. Usando un enfoque de aprendizaje profundo, el procesamiento de una imagen generalmente toma menos de 1 segundo, mientras que la precisión de estos métodos en muchos casos excede la de los métodos convencionales. Soluciones de redes neuronales profundas para la evaluación de la edad ósea de radiografías de mano han sido sugeridas [10–12].

En este trabajo se investiga si una RNC especializada en un determinado género podría ser más precisa en estimar la edad de una persona de acuerdo a la radiografía de su mano en lugar de una que utilice radiografías de ambos géneros. Nuestra contribución consiste en explorar el comportamiento de una RNC de acuerdo al conjunto de datos que es ingresado en la misma. Validamos la precisión de estas redes neuronales utilizando los datos de el desafío pediátrico de edad ósea 2017 organizado por la Sociedad Radiológica de América del Norte (RSNA) [13]. Este conjunto de datos ahora está disponible de manera gratuita y puede ser accedido en [14].

2 Metodología y Objetivos

Se realizó la comparación de dos alternativas: por un lado, un modelo general entrenado con radiografías de ambos

géneros; y por otro, dos modelos entrenados cada uno con radiografías de un solo género, resultando así la obtención de un modelo específico para cada sexo: uno especializado en radiografías femeninas y otro en radiografías masculinas. El objetivo planteado es analizar cuál de las dos alternativas obtiene mayor precisión: dos modelos especializados en un género cada uno, donde se reduce el conjunto de datos a la mitad o un solo modelo general entrenado con radiografías de ambos géneros. La precisión de los modelos será definida en base al cálculo del MAE (Mean Absolute Error, Error Medio Absoluto) el cual es calculado como $\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|$, siendo $|e_t|$ el valor absoluto de la diferencia entre cada estimación y la edad en meses etiquetada en cada observación y n la cantidad de observaciones tomadas.

2.1 Conjunto de datos

El conjunto de datos utilizado ha sido extraído del desafío pediátrico de edad ósea 2017 organizado por la Sociedad Radiológica de América del Norte (RSNA) [13]. El mismo se encuentra conformado por más de 12 mil radiografías pediátricas de muñeca y mano etiquetadas por su género respectivo. Además, el conjunto posee una etiqueta de edad en meses estimada del paciente por un radiólogo. Al realizar la conversión de meses a años, las radiografías del conjunto de datos varían entre 0 y 19 años. Radiografías de pacientes con una maduración esquelética estimada menor a dos años han sido excluidas del experimento por dos razones. En primer lugar, el conjunto de datos correspondiente a esos rangos de maduración es muy pequeño (38 casos para femenino y 53 casos para masculino). En segundo lugar, la estimación de maduración esquelética es mayormente utilizada para casos de pubertad retrasada, pubertad precoz o baja estatura. Estos estudios raramente son realizados en tales rangos etarios, donde además, se evita la exposición a rayos X. El número total de observaciones originalmente obtenidas fue de 6,833 para hombres y 5,778 para mujeres. Luego de excluir aquellas de edades entre 0 y 2, ha resultado en 6,780 para hombres y 5,740 para mujeres como se muestra en la Figura 2.

2.2 Preprocesamiento

Un módulo de preprocesamiento ha sido desarrollado para obtener un conjunto de radiografías más homogéneo. El módulo se compone de tres etapas. En la primera etapa

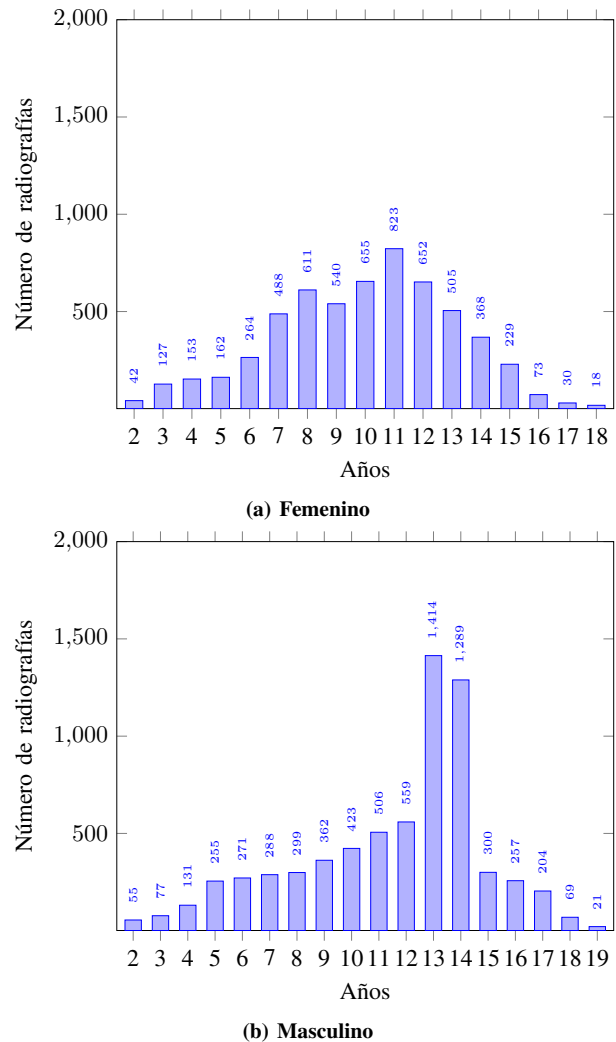


Figura 2: Distribuciones de edad ósea para radiografías de género masculino y femenino

se realiza una normalización de colores para resaltar en la radiografía el área ocupada por la mano. En la segunda etapa se detecta la mano y se recorta la imagen para que la misma ocupe la mayor cantidad de píxeles posible. En la tercera etapa se rota la radiografía para posicionar la mano verticalmente. El objetivo del módulo de preprocesamiento consiste en obtener radiografías donde la mano se posicione verticalmente y ocupe la mayor superficie posible sobre la imagen. Esto permite una mayor precisión en el modelo al homogeneizar el conjunto de datos.

2.3 Sistemas Propuestos

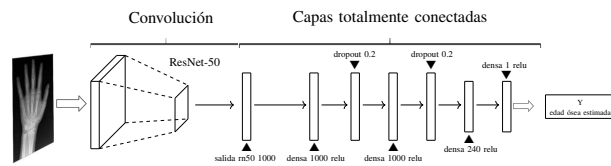
El experimento para la comparación de los sistemas propuestos ha sido implementado en Python. La utilización y parametrización de las redes neuronales que presentan los sistemas ha sido principalmente a través de la librería Keras¹. El código completo desarrollado para este experimento se encuentra disponible para uso académico en https://github.com/deeplearningrosario/Pediatric_Bone_Age_Challenge.

Con respecto a la definición de los sistemas a utilizar para el experimento, se definieron dos arquitecturas que se describen a continuación.

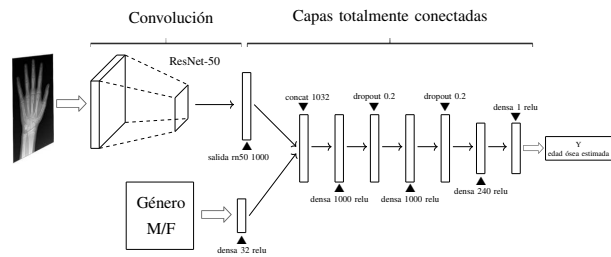
Se definieron dos arquitecturas para los sistemas propuestos. Los mismos se presentan en la Figura 3. Los sistemas se conforman de una etapa de convolución seguida por una etapa de capas totalmente conectadas. En la etapa de convolución se ha utilizado ResNet-50 [16] con pesos preentrenados con Imagenet [17]. Otras redes convolucionales han sido probadas, como InceptionV3[18] y Xception[19], sin embargo, ResNet-50 obtuvo mejores resultados. La etapa de capas totalmente conectadas es la encargada de realizar la regresión de la edad basándose en los patrones extraídos por la etapa de convolución. La diferencia entre las dos arquitecturas para los sistemas propuestos radica en que el sistema generalizado permite utilizar el género de la radiografía como parámetro. El mismo es concatenado con la extracción de patrones resultantes de ResNet-50 en la etapa convolucional.

Tres sistemas han sido entrenados para el experimento. Un sistema generalizado entrenado con radiografías de género masculino y femenino (Generalizado), y dos sistemas especializados; uno entrenado solo con radiografías de género masculino (Especializado Masculinas) y otro entrenado solo con radiografías de género femenino (Especializado

¹ Librería Keras. <https://keras.io>



(a) Sistema propuesto especializado en género



(b) Sistema propuesto generalizado para ambos géneros

Figura 3: Sistemas propuestos

Femeninas). Los sistemas fueron entrenados con 200 épocas, tamaño de lote de 32 y constante de aprendizaje de 0.001.

3 Resultados del experimento

Para los experimentos realizados se ha calculado el MAE resultante en cada uno de los sistemas propuestos con un conjunto de datos de radiografías masculinas y/o femeninas según corresponda. Los resultados se muestran en el Cuadro 1. En cada fila se muestran los MAE en meses resultantes para cada sistema. La primera columna especifica el sistema utilizado. Segunda columna el MAE resultante para el conjunto de radiografías femeninas. Tercera columna el MAE resultante para el conjunto de radiografías masculinas. Puede observarse que el sistema generalizado obtiene mejores resultados para ambos conjuntos de datos. El sistema generalizado presenta mayor precisión con respecto al sistema especializado en radiografías femeninas en ~1.066 meses. También presenta mayor precisión con respecto al sistema especializado en radiografías masculinas en ~0.571 meses.

Tabla 1: MAE en meses de los sistemas propuestos

	Femeninas	Masculinas
Generalizado	9.326	9.120
Especializado Femeninas	10.392	-
Especializado Masculinas	-	9.691

4 Conclusiones y Trabajo Futuro

En esta sección se presentan conclusiones sobre la experimentación realizada y pasos a seguir para aumentar la precisión de los sistemas tratados.

4.1 Conclusiones

Nuestra motivación en esta experimentación fue evaluar los diferentes comportamientos que puede presentar una red neuronal de acuerdo a variaciones en el conjunto de datos de entrada como así también los parámetros utilizados en la misma. Se han presentado los resultados obtenidos sobre los sistemas propuestos. Se ha observado que un sistema que acepte ambos géneros ha obtenido mayor precisión. Sin embargo, la pequeña diferencia en precisión observada al compararlo con los sistemas especializados da lugar a pensar mejoras que podrían disminuir tal diferencia. Además, se han desarrollado arquitecturas para la extracción de patrones y estimación de edad de una radiografía de mano y muñeca pediátrica que podría ser de gran utilidad para aquellas personas interesadas en abordar problemáticas similares, como así también en el ámbito de la medicina a través de su implementación en instituciones de salud, como Hospitales o Sanatorios, para asistir en la labor de pediatras, endocrinólogos, radiólogos y/u otros especialistas.

4.2 Trabajo Futuro

En una segunda fase de experimentación el desafío se centra en aumentar la precisión de los sistemas. El módulo de preprocesamiento actual ha probado su utilidad aumentando la precisión de los modelos en 0.2 meses. En una segunda fase se reemplazará el módulo por una red neuronal convolucional que realice las mismas funciones con mayor precisión, lo que se estima que disminuirá el error de los modelos. Además, se continuarán experimentando variaciones estructurales en el etapa de capas totalmente conectadas, como así también variaciones en la etapa convolucional. En cuanto al conjunto de datos, se aplicarán técnicas de aumento de datos (data augmentation) para incrementar la cantidad de radiografías con las que sería posible entrenar los sistemas.

5 Referencias

- [1] Zerlin, J. M., & Hernandez, R. J. (1991). *Approach to skeletal maturation*. *Hand clinics*, 7(1), 53-62.
- [2] Greulich, W. W., Pyle, S. I., & Todd, T. W. (1959). *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. (Vol. 2, pp. 150-159). Stanford: Stanford university press.
- [3] Tanner, J. M., Healy, M. R. J., Goldstein, H., & Cameron, N. (2001). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)*. WB Saunders, London, 243-254.
- [4] Berst, M. J., Dolan, L., Bogdanowicz, M. M., Stevens, M. A., Chow, S., & Brandser, E. A. (2001). *Effect of knowledge of chronologic age on the variability of pediatric bone age determined using the Greulich and Pyle standards*. *American Journal of Roentgenology*, 176(2), 507-510.
- [5] Ching, T., Himmelstein, D. S., Beaulieu-Jones, B. K., Kalinin, A. A., Do, B. T., Way, G. P., ... & Xie, W. (2018). *Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine*. *Journal of The Royal Society Interface*, 15(141), 20170387.
- [6] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning*. *Nature*, 521(7553), 436.
- [7] Rakhlin, A. (2018). *Diabetic Retinopathy detection through integration of Deep Learning classification framework*. bioRxiv, 225508.
- [8] Korshunova, I. (2017). *Diagnosing heart diseases with deep neural networks*. <https://irakorshunova.github.io/2016/03/15/heart.html>, accedido 29 de Julio de 2017.
- [9] Daniel Hammack and Julian de Wit. (2017) *2017 Data Science Bowl, Predicting Lung Cancer: 2nd place solution write-up*. <http://blog.kaggle.com/2017/06/29/2017-data-science-bowl-predicting-lung-cancer-2nd-place-solution-write-up-daniel-hammack-and-julian-de-wit/>, accedido 29 de Julio de 2017.
- [10] Larson, D. B., Chen, M. C., Lungren, M. P., Halabi, S. S., Stence, N. V., & Langlotz, C. P. (2017). *Performance of a deep-learning neural network model in assessing skeletal maturity on pediatric hand radiographs*. *Radiology*, 287(1), 313-322.
- [11] Lee, H., Tajmir, S., Lee, J., Zissen, M., Yeshiwas, B. A., Alkasab, T. K., ... & Do, S. (2017). *Fully automated*

- deep learning system for bone age assessment*. Journal of digital imaging, 30(4), 427-441.
- [12] Spampinato, C., Palazzo, S., Giordano, D., Aldinucci, M., & Leonardi, R. (2017). *Deep learning for automated skeletal bone age assessment in X-ray images*. Medical image analysis, 36, 41-51.
- [13] *RSNA Pediatric Bone Age Challenge*.
<http://rsnachallenges.cloudapp.net/competitions/4>, accedido 29 de julio de 2017.
- [14] Stanford University Artificial Intelligence in Medicine & Imaging (2017). *Bone age images used in the 2017 RSNA bone age challenge competition*.
<https://aimi.stanford.edu/available-labeled-medical-datasets>, accedido 29 de julio de 2017.
- [15] Gilroy, A.M., MacPherson B.R., Ross L.M., Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., & Wesker K. (2008). *Prometheus. Atlas de Anatomía*. pp 298.
- [16] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). *Deep residual learning for image recognition*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).
- [17] Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009, June). *Imagenet: A large-scale hierarchical image database*. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on (pp. 248-255). Ieee.
- [18] Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). *Rethinking the inception architecture for computer vision*. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 2818-2826).
- [19] Chollet, F. (2017). *Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions*. arXiv preprint, 1610-02357.

Análisis de resultados de búsquedas en la Web: un enfoque semántico

Mariano Minoli, Manuel Lucero, Milton Weinhold

Centro de Investigación Aplicada en TIC (CInApTIC)

Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Resistencia

French 414. Resistencia (3500) – Chaco, Argentina

{mminoli,rml2287,milton.w.15}@gmail.com

Resumen

Actualmente, la utilización de motores de búsqueda es una tarea habitual que tiene por objeto la obtención de información de todo tipo en la Web. Una de las actividades donde mayor incidencia tiene el uso de buscadores es en el proceso de toma de decisiones, tanto formales como informales y, por lo general, los usuarios no cuestionan los resultados que se obtienen con su utilización. Más aún, la mayoría, solamente analiza los resultados del tope del ranking, dejando de lado información potencialmente importante listada en las demás posiciones. Esta cuestión genera incertidumbre respecto a la confiabilidad de esos resultados y uno de los aspectos más importantes a analizar es si esos resultados concuerdan con los requerimientos de búsqueda. Esa concordancia depende de aspectos semánticos y contextuales que, por lo general, no son debidamente tratados por los buscadores comerciales. En este artículo se analizan algunos aspectos y técnicas que sirven de base para un modelo de análisis semántico de recursos Web. Dicho modelo se describe en detalle, evaluando su funcionamiento en base al análisis semántico propuesto de los resultados devueltos por dos buscadores comerciales. Finalmente se compara el ordenamiento de esos resultados con el ranking calculado semánticamente.

Palabras clave: Análisis Semántico, Reconocimiento de Entidades, Datos Abiertos Enlazados, TextRazor, DBpedia

1. Introducción

Con el crecimiento exponencial de la cantidad de información, los motores de búsqueda se han convertido en una herramienta fundamental para muchas áreas de trabajo, tanto en el ámbito académico como también empresarial [1]. Todos los días, personas alrededor del mundo toman decisiones basándose en información que obtienen al utilizar estas herramientas, sin cuestionarse el nivel de exactitud de estos resultados [2] ya que no conocen la manera de evaluar la pertinencia de los recursos encontrados.

En general, los motores de búsqueda comerciales devuelven los documentos que morfológicamente coinciden total o parcialmente, con uno o más de los términos clave

especificados en la consulta del usuario [3]. Este tipo de motores de búsqueda se basa en la utilización de palabras clave que constituyen claves de búsqueda. Si bien este enfoque ha demostrado ser muy efectivo en los inicios de Internet, el crecimiento evidenciado de la Web en los últimos años, tanto en la cantidad como en la variedad de la información [4], ha puesto de manifiesto la necesidad de buscar nuevos enfoques [5][6]. Uno de estos posibles nuevos enfoques consiste en el agregado de aspectos semánticos en alguno de los pasos de la búsqueda para mejorar los resultados de las mismas [2].

El enriquecimiento de las búsquedas con aspectos semánticos ha sido propuesto como una posible solución para el efecto denominado discrepancia documento-consulta [7]. Este problema ocurre cuando el usuario de búsqueda y el autor del documento utilizan términos diferentes para describir el mismo concepto. Este fenómeno se pone de manifiesto debido a la naturaleza del lenguaje humano, el mismo significado puede ser usado por diferentes expresiones y la misma expresión puede representar diferentes significados.

En [8] se describen estudios sobre el comportamiento humano que indican que entre un 80% y un 90% de las veces, dos personas nombrarán el mismo concepto con diferentes términos. Resulta evidente que el agregado de aspectos semánticos a las búsquedas puede mitigar esta situación a través de operaciones de desambiguación y contextualización. Estas técnicas pueden dar un salto cualitativo en la evaluación de documentos si se las utiliza en los motores de búsqueda y la manera más directa es incorporar análisis semántico al subsistema de ranking de documentos ya que la relevancia del ranking es el problema más crítico a resolver en una herramienta de búsqueda web [2].

En este artículo se propone un modelo de análisis semántico de contenido Web que reordena los resultados arrojados por dos motores de búsqueda comerciales aplicando técnicas de extracción de entidades y determinación de relaciones entre ellas. Específicamente, se trata de un modelo de valoración que busca relaciones semánticas entre los términos de las clave de búsqueda con entidades extraídas del contenido de los recursos devuel-

tos por buscadores comerciales. Luego esas relaciones son analizadas y ponderadas a fin de establecer la relevancia del recurso. Finalmente se construye el ranking de los recursos en base a la calificación semántica obtenida.

Este artículo contiene todos los aspectos de desarrollo e implementación del modelo semántico. En la Sección 2 se describen algunos trabajos y enfoques relacionados al análisis semántico de contenidos Web. La descripción del modelo propuesto se presenta en la Sección 3. La Sección 4 contiene los resultados de las simulaciones realizadas divididas en dos escenarios donde se utilizan dos buscadores comerciales. En la Sección 5 se plantean algunos puntos de discusión y, finalmente en la Sección 6 se presentan algunas conclusiones y las líneas de trabajos futuros asociados al modelo propuesto.

2. Trabajos relacionados

Diversos enfoques se han presentado en los últimos años en referencia al ranking de relevancia en búsquedas usando aspectos semánticos, tanto en productos comerciales como en el ámbito académico.

Existen reportes de industria que indican que las empresas están implementando este tipo de estrategias [2][9][10]. Algunas publicaciones dan cuenta de que las empresas han detectado la necesidad de evolucionar de esta manera debido al crecimiento mantenido del volumen de información en Internet. Todo ello pone de manifiesto el hecho de que el tradicional enfoque de ranking basado en Click Modeling [11] presenta limitaciones que pueden resultar en experiencias negativas para el usuario [6]. Sin embargo no existe documentación oficial que especifique cuál es el grado de desarrollo e implantación de estas propuestas, cuestión comprensible dada la competencia comercial entre sus productos.

En el ámbito académico se ha detectado también mucha actividad en los últimos años en este área [12]. En [13] se propone un esquema de categorización que divide las propuestas según el nivel al cuál se realiza la exploración semántica. Los autores identifican tres niveles: Ranking de Entidades, Relaciones y Documentos.

En las propuestas que usan Ranking de Entidades, el objetivo es devolver los resultados que coinciden con la entrada del usuario. A la entidad que coincide con la consulta del usuario se la denomina entidad semilla. A partir de esta entidad semilla se buscan otras entidades, basándose en la ontología en la cual se apoya la propuesta. Ambas, la entidad semilla y las relacionadas son usadas en la búsqueda. En esta categoría podemos citar la propuesta RareRank [14], un enfoque específico de dominio para aproximar la popularidad de una página o recurso basándose en el contenido (relevancia) y en el análisis de las estructuras de enlace (calidad).

En las búsquedas orientadas al Ranking de Relaciones, el énfasis se encuentra en cómo determinar la impor-

tancia relativa de las relaciones encontradas con respecto al contexto de consulta del usuario. Esto es importante ya que es muy probable que el número total de relaciones existentes entre dos entidades crezca de manera exponencial, derivando en un problema de sobrecarga de información incluso peor del que ya existe en Internet. Dentro de esta categoría podemos citar la propuesta OntoLook [15], que propone la idea crear una representación basada en grafos para los recursos web (páginas) resultantes modelando los conceptos y las relaciones (junto con sus multiplicidades) como vértices y bordes ponderados respectivamente. De esta manera, se define una serie de recortes al grafo eliminando conceptos menos relevantes.

Por último, en los enfoques que usan Ranking de Documentos, la relevancia de un documento (resultado) se calcula teniendo en cuenta el conjunto de entidades presente en dicho documento, así como el peso de las relaciones entre estas entidades. En esta categoría podemos citar la propuesta SwetoDblp [16]. A diferencia de los enfoques anteriores, este no explota la estructura específica dentro del documento o enlaces entre documentos con el fin de definir el ranking. La relevancia de los documentos se determina mediante relaciones que son encontradas entre las entidades que se extraen del documento, basándose en una ontología.

En este trabajo se propone un modelo de Ranking de Documentos (recursos) en base a la importancia de las entidades contenidas en los recursos y las relaciones entre ellas. De esta manera el análisis semántico y contextual busca relacionar entidades que se extraen de los recursos y luego medir a qué distancia se encuentran de las entidades expresadas por el usuario en el proceso de determinación de requerimientos, más específicamente en la determinación y armado de la clave de búsqueda.

3. Modelo Propuesto

A fin de poder realizar la evaluación de los resultados devueltos por un buscador, se propone utilizar el modelo de análisis semántico mostrado en la Figura 1.

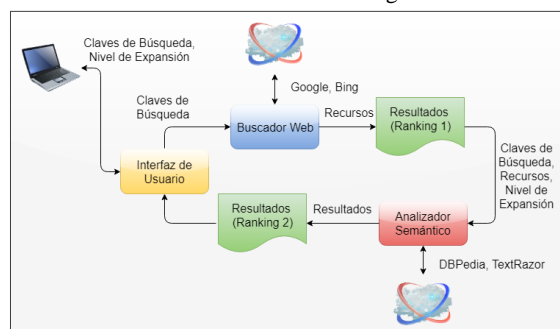


Figura 1. Modelo de análisis semántico.

El modelo propuesto se basa en la determinación del análisis de similitud de documentos utilizando contextualización semántica [17][18]. El proceso comienza con la recepción de Claves de Búsqueda (*CB*) definida por el usuario y el Nivel de Expansión (*NE*) que se utilizará para determinar el contexto (este nivel determinará la profundidad del grafo que genere el módulo Analizador Semántico de la Figura 1).

Utilizando la *CB* provista por el usuario, se utiliza un Buscador Web (por ejemplo Google o Bing) para obtener el ranking de las páginas (o recursos) que serán analizadas semánticamente. Esta búsqueda se realiza usando la librería Pattern [19] que proporciona resultados independientes de un perfil de usuario específico. Esto es importante debido a que si se utilizara la interfaz del buscador, los resultados variarían según el usuario que ejecutara la búsqueda. Los resultados devueltos por el buscador se listan en Ranking 1 (Figura 1).

Luego, la *CB*, el Ranking 1 y el *NE* son enviados al módulo Analizador Semántico para extraer las Entidades contenidas en la Clave de Búsqueda (eCB_i) y en cada uno de los recursos del Ranking 1 (eR^k_j). Ambos procesos de

extracción de Entidades se realizan con TextRazor [20][21].

Por cada eCB_i se genera un grafo de relaciones semánticas [20]. Para ello, el Analizador Semántico utiliza DBpedia [22] como base de conocimiento, y genera los grafos de relaciones en base al *NE* solicitado. DBpedia es una base de Datos Abiertos Enlazados (Linked Open Data - LOD) [23] que contiene información de las relaciones entre conceptos.

Los grafos generados se utilizan para establecer la relación entre cada par (eCB_i, eR^k_j). Para ello, se determina si en el grafo de una eCB_i se encuentra una eR^k_j y, en caso afirmativo, se mide la distancia entre ambas. El proceso se repite para cada par (eCB_i, eR^k_j) y se devuelven las distancias asociadas. En caso de no encontrarse la eR^k_j en el grafo de la eCB_i , se establece como distancia el valor de $NE + 1$.

Finalmente se realiza un proceso de agregación en base a las mediciones realizadas y se reordenan los resultados, obteniendo de esa manera el Ranking 2 que se le presenta usuario. El funcionamiento detallado del modelo se muestra en el diagrama de secuencia de la Figura 2.

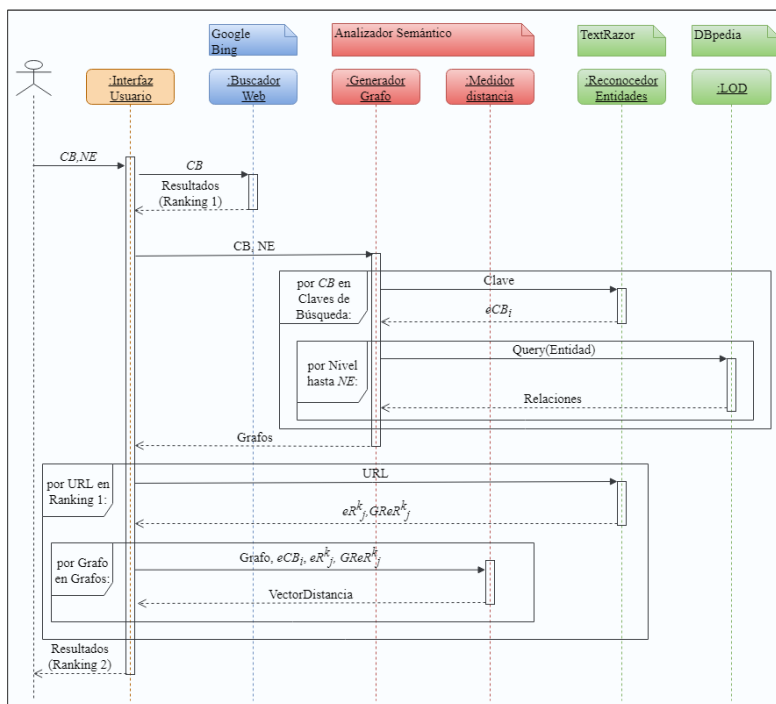


Figura. 2. Diagrama de secuencia del modelo de análisis semántico.

Una vez obtenido el Ranking 1 de acuerdo a lo explicado anteriormente, la CB y los recursos de dicho Ranking 1 se someten a un análisis NER (Named Entity Recognition) [20], utilizando TextRazor [21]. El resultado son los conjuntos de entidades:

$$\text{entidades}_{CB} = \{eCB_1, \dots, eCB_i, \dots, eCB_n\} \quad (0)$$

$$\text{entidades}_{R^k} = \{eR_1^k, \dots, eR_j^k, \dots, eR_m^k\} \quad (2)$$

donde:

R^k es el k -ésimo recurso contenido en Ranking 1.

n es la cantidad de entidades reconocidas en la CB ;

m es la cantidad de entidades reconocidas en el R^k .

Cabe aclarar que el análisis NER provee además el grado de relevancia de la entidad extraída del recurso (GR_{eR^k}). Este valor es de gran importancia al momento de establecer qué entidades tienen mayor peso en la contextualización de un determinado recurso. Además, el grado relevancia de cada eCB_i se calcula teniendo en cuenta la posición que ocupa en dicha CB :

$$GR_{eCB_i} = \frac{1}{\sum_{r=1}^n \frac{1}{2^{r-1}}} \quad \text{con } 1 \leq i \leq n \quad (3)$$

donde:

i es la i -ésima posición en la CB ;

n es la cantidad de entidades en la CB .

Nótese que el grado de relevancia se corresponde con un sistema de ponderaciones posicional similar al definido en [24]. Las eCB_i obtenidas se utilizan para generar consultas SPARQL [25] a DBpedia [22]. El proceso de generación de los grafos consiste en obtener las entidades del nivel $N+1$ que están directamente relacionadas a las entidades del nivel N hasta alcanzar el NE previamente establecido. La Figura 3 muestra la expansión de entidades para un grafo de $NE = 2$.

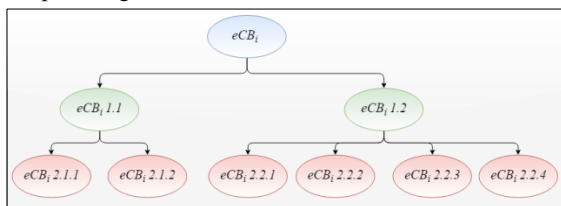


Figura 3. Grafo generado para eCB_i y $NE = 2$

Claramente es más eficiente generar los grafos a partir de las eCB_i dado que la cantidad de entidades asociadas a los recursos es un número significativamente mayor. Otro aspecto relacionado a la generación de los grafos es que DBpedia proporciona diferentes tipos de relaciones entre entidades [22]. Estas relaciones contienen la infor-

mación necesaria para la definición del contexto en el que servirá para determinar la distancia semántica entre para cada par (eCB_i, eR_j^k). De las relaciones disponibles, en el modelo se emplean las asociaciones taxonómicas y temáticas dadas por *skos:broader* y *dct:subject* respectivamente. Ambas posicionan a una entidad determinada en el contexto de la categoría a la que pertenecen y el tema en particular que lo contiene. Esto permite establecer de manera acertada el contexto de la entidad.

Para determinar la distancia por cada par (eCB_i, eR_j^k) se utiliza el siguiente criterio:

$$\text{dist}(eCB_i, eR_j^k) = \begin{cases} 0 & \text{si } eCB_i = eR_j^k \\ p & \text{si } \exists \text{ path}(eCB_i, eR_j^k) \\ NE + 1 & \text{si } \neg \exists \text{ path}(eCB_i, eR_j^k) \end{cases} \quad (4)$$

donde p es la cantidad de saltos del path del par (eCB_i, eR_j^k). Estas mediciones se registran en Situaciones de Distancia ($SD(eR_j^k)$) que contienen todas las distancias para cada eR_j^k :

$$SD(eR_j^k) = \left(\begin{matrix} \text{dist}(eCB_1, eR_j^k), \dots, \text{dist}(eCB_i, eR_j^k), \dots, \\ \dots, \text{dist}(eCB_n, eR_j^k) \end{matrix} \right) \quad (5)$$

Ahora bien, al calcular las distancias, las Situaciones Ideales de Distancia que pueden darse para cada eR_j^k (SID_i) dependerán de la cantidad de eCB_i . Por ejemplo, si la cantidad de eCB_i es tres, las situaciones ideales son tres, donde la eR_j^k tiene distancia 0 respecto a una de las eCB_i y distancia 1 a las otras dos. Es decir, dada una eR_j^k y tres eCB_i , se tiene:

$$SID_1 = 0,1,1$$

$$SID_2 = 1,0,1$$

$$SID_3 = 1,1,0$$

Claramente, debido al sistema de ponderación posicional descrito anteriormente, la primera situación ideal es la más relevante.

En base a estas consideraciones se define el siguiente cálculo de valor semántico para cada recurso evaluado ($vs(R^k)$) como sigue. Primero se calculan qué tan diferentes son las situaciones de distancia reales de la ideales utilizando la inversa de la distancia euclídea ponderada:

$$\begin{aligned} \|SID_i - SD(eR_j^k)\| &= \\ &= GR_{eR_j^k} \times \frac{1}{1 + \sqrt{\sum_{p=1}^n GR_{eCB_p} \times (x - \text{dist}(eCB_p, eR_j^k))^2}} \end{aligned} \quad (6)$$

donde:

$$x = \begin{cases} 0 & \text{si } p = i \\ 1 & \text{si } p \neq i \end{cases}$$

Con la expresión de la Ec. (6) se logra que las eR_j^k que tengan mayor cantidad de $SD(eR_j^k)$ similares a las SID_i alcancen valores más altos. Siendo igual a 1 cuando coincide con alguna SID_i .

Luego, se toma el promedio de los valores calculados para todas las situaciones posibles generadas por cada par (eCB_i, eR_j^k) y se obtiene la valoración semántica del recurso k :

$$vs(R^k) = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \|SID_i(eR_j^k) - SD(eR_j^k)\| \quad (7)$$

Finalmente, en base a la valoración semántica obtenida para cada recurso, se reordena el Ranking y se obtiene el Ranking 2 que se presenta al usuario como alternativa a la clasificación realizada por el navegador comercial.

Un aspecto destacable es que esta evaluación semántica propuesta considera el contexto que se obtiene desde la propia Web, es decir es un entorno netamente colaborativo para la determinación de la clasificación de un recurso particular.

4. Simulaciones y resultados

A fin de ilustrar el funcionamiento del modelo descrito en la sección anterior, se propone analizar semánticamente los primeros quince resultados devueltos por dos buscadores comerciales (Google y Bing). La idea principal es, primero, aplicar el proceso de extracción de entidades tanto de la clave de búsqueda y de los recursos (eCB_i, eR_j^k) como así también los grados de relevancias

asociados a esas entidades $(GReCB_i, GReR_j^k)$. Luego, construir el grafo asociado a cada eCB_i para determinar el nivel de conexión entre cada par (eCB_i, eR_j^k) mediante el cálculo de las situaciones de distancia respecto a las ideales $(SD_i(eR_j^k), SID_i(eR_j^k))$.

Finalmente, resumir los resultados mediante el cálculo del promedio de las distancias ponderadas a cada configuración ideal para obtener la valoración semántica de cada recurso $(vs(R^k))$.

La Clave de Búsqueda (CB) y el Nivel de Expansión (NE) para generar los grafos de entidades serán los mismos para ambos buscadores:

CB : machine learning python algorithms;

$NE = 4$.

Además, y con el objetivo de clarificar el procedimiento completo se detallan los pasos utilizando los resultados obtenidos para el caso de Google y luego se muestran los resultados para el caso de Bing de manera sintética.

4.1. Escenario 1.

Dada la CB mencionada anteriormente, en la Tabla 1 se muestran los quince primeros resultados obtenidos por el buscador de Google utilizando Pattern [19]. Como se mencionó en la sección anterior, la utilización de esta librería provee independencia del usuario que realiza la búsqueda ya que no se usa ninguna cuenta asociada al proceso.

Tabla 1. Resultados devueltos por el buscador de Google (Ranking 1).

Posición	Recurso
#1	https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/common-machine-learning-algorithms/
#2	https://medium.freecodecamp.org/the-hitchhikers-guide-to-machine-learning-algorithms-in-python-bfad66adb378
#3	https://medium.com/machine-learning-in-practice/cheat-sheet-of-machine-learning-and-python-and-math-cheat-sheets-a4afe4e791b6
#4	http://scikit-learn.org/
#5	https://github.com/zotroneis/machine_learning_basics
#6	https://towardsdatascience.com/selecting-the-best-machine-learning-algorithm-for-your-regression-problem-20c330bad4ef
#7	https://www.toptal.com/machine-learning/supervised-machine-learning-algorithms
#8	https://github.com/rushter/MlAlgorithms
#9	https://towardsdatascience.com/deep-learning-with-python-703e26853820
#10	https://www.youtube.com/watch?v=nJKxWbQ1jaw
#11	https://machinelearningmastery.com/machine-learning-in-python-step-by-step/
#12	https://www.dataquest.io/blog/machine-learning-python/
#13	https://www.youtube.com/watch?v=Q59X518JZHE
#14	https://www.geeksforgeeks.org/introduction-machine-learning-using-python/
#15	https://www.kdnuggets.com/2015/11/seven-steps-machine-learning-python.html

Una vez obtenidos los resultados se procede a la extracción de las entidades de cada recurso mediante el uso

de TextRazor [21]. Para este caso se toma, como máximo las quince entidades ($m = 15$) más relevantes y su corres-

pondiente valor de relevancia por cada recurso k . Al extraer las entidades de la clave de búsqueda se obtienen tres entidades ($n = 3$) utilizando TextRazor[21]:

$eCB_1 = \text{Machine_learning}$

$eCB_2 = \text{algorithm}$

$eCB_3 = \text{Python_(\text{Programming_language})}$

y sus correspondientes pesos de importancia calculados según la Ec. (3):

$$GR_eCB_1 = \frac{1}{2^{1-1}} = \frac{1}{2^0} = \frac{1}{1+0.5+.25} = 0.57$$

$$GR_eCB_2 = 0.29$$

$$GR_eCB_3 = 0.14$$

En la Tabla 2, pueden observarse las entidades asociadas al recurso de la posición #9 (eR_j^9). Luego de extraídas las entidades de cada recurso, se construye el grafo asociado a cada eCB_i utilizando DBpedia [22]. Estos grafos son los que se utilizan para establecer la distancia entre los pares (eCB_i, eR_j^k) utilizando la Ec. (4) (Tabla 2 (A)).

Dado que la clave de búsqueda tiene tres entidades, ponderadas, las situaciones ideales de distancia ($SID_i(eR_j^k)$) para cada eR_j^k son tres:

$$SID_1 = 0,1,1$$

$$SID_2 = 1,0,1$$

$$SID_3 = 1,1,0$$

El cálculo de la distancia ponderada a cada situación ideal por entidad del recurso se puede observar en la Tabla 2 (B). Por ejemplo, utilizando la Ec. (6) para la entidad 8 (Gradient_descent) se tienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \|SID_1 - SD(eR_8^9)\| &= \\ &= GR_eR_8^9 \times \frac{1}{1 + \sqrt{\sum_{p=1}^3 GR_eCB_p \times (x - dist(eCB_p, eR_8^9))^2}} = \\ &= 0.97 \times \frac{1}{1 + \sqrt{0.57 \times (0-3)^2 + 0.29 \times (1-3)^2 + 0.14 \times (1-1)^2}} = \\ &= 0.97 \times \frac{1}{1 + \sqrt{5.14 + 1.14 + 0}} = 0.97 \times \frac{1}{3.51} = 0.2770 \end{aligned}$$

$$\|SID_2 - SD(eR_8^9)\| = 0.3026$$

$$\|SID_3 - SD(eR_8^9)\| = 0.3373$$

Finalmente, la valoración final se obtiene como promedio de todas las distancias aplicando la Ec. (7). Para el caso del R^9 :

$$vs(R^9) = 0.2936$$

Tabla 2. (a) eR_j^9 , $GR_eR_j^9$ y $dist(eCB_i, eR_j^9)$. (b) $\|SID_i - SD(eR_j^9)\|$ para el recurso #9.

eR_j^9	(a)				(b)		
	$GR_eR_j^9$	$dist(eCB_1, eR_j^9)$	$dist(eCB_2, eR_j^9)$	$dist(eCB_3, eR_j^9)$	SID_1 (0,1,1)	SID_2 (1,0,1)	SID_3 (1,1,0)
Feedforward_neural_network	1	1	5	3	0.2939	0.2635	0.3166
Artificial_neural_network	1	1	3	3	0.3979	0.3597	0.3913
Backpropagation	1	1	3	3	0.3979	0.3597	0.3913
Multilayer_perceptron	1	1	5	3	0.2939	0.2635	0.3166
Perceptron	1	1	3	1	0.4319	0.3823	0.4711
Artificial_intelligence	1	1	2	3	0.4563	0.4326	0.4326
Deep_learning	1	1	5	3	0.2939	0.2635	0.3166
Gradient_descent	0.97	3	3	1	0.2770	0.3026	0.3373
Training_test_and_validation_sets	0.95	5	5	5	0.1700	0.1790	0.1845
Artificial_neuron	0.93	1	5	3	0.2741	0.2458	0.2952
Machine_learning	0.93	0	3	3	0.4034	0.3178	0.3417
Derivative	0.76	3	3	5	0.1940	0.2073	0.1971
Brain	0.76	2	5	5	0.1882	0.1816	0.1918
Nervous_system	0.72	2	5	5	0.1789	0.1726	0.1823
Geoffrey_Hinton	0.71	1	3	5	0.2360	0.2205	0.2059
					vs(R^9)		0.2936

En la Tabla 3 pueden observarse las valoraciones semánticas calculadas para cada recurso devuelto por el

buscador de Google. Utilizando dicha valoración se establece las nuevas posiciones de todos los recursos, gene-

rando el Ranking 2. Además, se calcula la diferencia entre dicha posición y la original.

Nótese que los valores positivos de la diferencia mencionada arriba indican el grado de sobrestimación del recurso (es decir fueron valorados positivamente en el Ranking 1) y los valores negativos el grado de subestimación.

Tabla 3. Valoraciones semánticas del Escenario 1.

Posición Ranking 1	$vs(R^k)$	Posición Ranking 2	Diferencia
#1	0.2685	#5	4
#2	0.2506	#6	4
#3	0.0000	#14	11
#4	0.0000	#15	11
#5	0.1719	#12	7
#6	0.2720	#4	-2
#7	0.2888	#2	-5
#8	0.1930	#10	2
#9	0.2936	#1	-8
#10	0.1663	#13	3
#11	0.2421	#7	-4
#12	0.2833	#3	-9
#13	0.2338	#9	-4
#14	0.2414	#8	-6
#15	0.1890	#11	-4

Para el caso de las pruebas realizadas, se destaca que el recurso al tope del ranking original ocupa la posición #5 después del análisis semántico y el mejor valorado semánticamente es el recurso de la posición #9 en el Ranking 1.

Otro punto de interés es que los recursos de las posiciones #3 y #4 tienen valoración semántica igual a cero debido a que no se pudieron extraer entidades relacionadas a ambos. Esta situación se da por lo general por falta de contenido específico en el recurso para que pueda ser tratado por TextRazor.

4.2. Escenario 2.

De la misma manera que se ha descrito en la subsección anterior, en la Tabla 4 se listan los primeros quince resultados obtenidos por el buscador Bing relacionados a la clave de búsqueda utilizada para estas simulaciones.

También se ha utilizado Pattern y los recursos obtenidos tienen escasa coincidencia con los devueltos por el buscador de Google, solamente dos sobre quince. Esto indica la variabilidad en la devolución de resultados por parte de los navegadores comerciales, más aún teniendo en cuenta que para estas pruebas no se han utilizado perfiles de usuario en la búsqueda.

Tabla 4. Resultados devueltos por el buscador Bing (Ranking 1).

Posición	Recurso
#1	https://www.ml.cmu.edu/
#2	http://atbrox.com/2010/02/08/parallel-machine-learning-for-hadoopmapreduce-a-python-example/
#3	https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/studio/execute-python-scripts
#4	https://www.udemy.com/data-science-and-machine-learning-with-python-hands-on/
#5	https://pythonspot.com/machine-learning/
#6	https://elitedatascience.com/machine-learning-projects-for-beginners
#7	https://machinelearningmastery.com/metrics-evaluate-machine-learning-algorithms-python/
#8	https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/common-machine-learning-algorithms/
#9	https://machinelearningmastery.com/machine-learning-algorithms-from-scratch/
#10	https://www.amazon.com/Python-Machine-Learning-scikit-learn-TensorFlow/dp/1787125939
#11	https://www.udemy.com/machinelearning/
#12	https://elitedatascience.com/machine-learning-algorithms
#13	https://www.packtpub.com/big-data-and-business-intelligence/python-machine-learning-second-edition
#14	https://www.coursera.org/learn/python-machine-learning
#15	https://www.youtube.com/watch?v=nJKxWbQ1jaw

Nuevamente, utilizando el modelo propuesto, se hace la extracción de las eCB_i y de las eR_j^k y se obtienen los grados de relevancia $GRECB_i$ y $GRER_j^k$. Se construyen los grafos asociados a las eCB_i y se calculan las distancias correspondientes.

Luego se mide para cada eR_j^k la diferencia entre sus situaciones de distancia real con las situaciones de distancia ideal (Ec. (6)) y se establece el valor semántico de cada R^k utilizando la Ec. (7).

Una vez obtenidas las $vs(R^k)$ para los quince resultados devueltos por el buscador, se genera el Ranking 2 y se establecen las posiciones de cada uno.

La Tabla 5 muestra los resultados finales obtenidos para este escenario. Nuevamente, como en el caso del Escenario 1, no hay coincidencias entre el Ranking 1 y el Ranking 2.

Tabla 5. Valoraciones semánticas del Escenario 2.

Posición Ranking 1	$vs(R^k)$	Posición Ranking 2	Diferencia
#1	0.2995	#2	1
#2	0.2164	#10	8
#3	0.1680	#13	10
#4	0.2622	#7	3
#5	0.3012	#1	-4
#6	0.2043	#11	5
#7	0.2588	#8	1
#8	0.2685	#5	-3
#9	0.2784	#4	-5
#10	0.0000	#15	5
#11	0.2465	#9	-2
#12	0.2796	#3	-9
#13	0.1944	#12	-1
#14	0.2669	#6	-8
#15	0.1663	#14	-1

En la Tabla 5 puede observarse que el recurso al tope del Ranking 1 cumple aceptablemente con el criterio semántico calculado por el modelo propuesto. Esto se ve reflejado en que dicho recurso ocupa la posición 2 del Ranking 2 y solamente tiene sobrestimación igual a 1. También, para este caso, la posición del mejor recurso valorado semánticamente es mejor en el Ranking 1 que el caso del Escenario 1, con una subestimación de 4 contra una subestimación de 8 en dicho caso.

Otro aspecto destacable es que las valoraciones semánticas obtenidas por los mejores recursos en ambos casos son muy similares. Esto tiene dos implicaciones, la primera es que el proceso propuesto es independiente del buscador que se utilice para obtener los recursos. La segunda es que las búsquedas realizadas en estos casos tienen prácticamente la misma calidad de resultados desde el punto de vista del análisis semántico propuesto.

Nota: la aplicación y los resultados completos de estas simulaciones pueden ser revisadas en:
https://github.com/manuel2287/cinaptic_analizador_semantico/tree/master/resultados

5. Discusión

El trabajo descrito en este artículo tiene como principal aporte la utilización de una valoración semántica de

los recursos Web que devuelven dos buscadores comerciales. En este sentido, el objetivo no es determinar cuál de ellos es el mejor sino demostrar que los resultados devueltos (y su ubicación en un ranking) no consideran análisis contextuales. Más aún, los resultados devueltos por ambos buscadores solamente contienen dos coincidencias en el top quince lo que muestra que tampoco hay un consenso entre los algoritmos utilizados por ambos.

En cuanto al modelo propuesto existen algunos aspectos que conviene analizar para poder establecer la conveniencia del análisis semántico. Primero, la contextualización en base a la utilización de la Web como base de conocimiento mantiene el esquema de conocimiento actualizado, pero esto a su vez trae consigo un mayor riesgo de la consistencia de la información existente. Segundo, la utilización de librerías externas genera una dependencia en la obtención de los resultados cuya fiabilidad es difícil de evaluar. Sin embargo, esto es una fortaleza del modelo ya que el mismo no depende exclusivamente de estos módulos. Tercero, existe una limitación en el formato de los recursos Web que pueden ser analizados por los módulos empleados. El análisis sólo interpreta recursos textuales dentro del HTML, dejando fuera de dicho alcance a las imágenes, videos y otros formatos. En este sentido, si bien actualmente existen herramientas para el tratamiento de este tipo de recursos, su implementación es parte del trabajo futuro. Cuarto, nuestros experimentos han demostrado que el tiempo de procesamiento aumenta de manera exponencial a medida que el grafo de conceptos se expande. Por este motivo, la utilización de esquemas de procesamiento distribuido paralelo (como MapReduce) son alternativas viables.

6. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se ha propuesto un modelo de análisis semántico de recursos Web que calcula distancias entre conceptos utilizando tecnologías de Named Entity Recognition (NER) y Linked Open Data (LOD). La primera provee los mecanismos adecuados para extraer conocimiento de los recursos Web y la segunda para contextualizar dicho conocimiento.

El reconocimiento de entidades permite establecer las características principales asociadas al contenido de los recursos, logrando la contextualización de los mismos mediante las relaciones entre esas entidades suministradas por la base LOD (DBpedia, en este caso). Ambos

procesos dan sustento y confiabilidad al modelo de análisis semántico propuesto.

Por otro lado, la utilización de distancias entre conceptos provee el mecanismo objetivo para establecer situaciones ideales de contexto y permite precisar que tan lejos está un recurso de esas situaciones ideales. En consecuencia, la valoración semántica de los documentos disminuye el grado de discrepancia documento-consulta.

La medida propuesta no solamente permite construir un ranking de recursos, sino que también sirve para establecer una manera de cuantificar la diferencia entre ellos. Esta cuestión es muy importante ya que variaciones (significativas y no significativas) en el ranking pueden distorsionar la percepción sobre la calidad del recurso.

Dado que los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas muestran una variación significativa de los rankings originales, es pertinente analizar que tan adecuados son los resultados que nos proveen los buscadores comerciales. Es obvio que este análisis es complejo y depende de muchos factores además de los algoritmos que implementa cada buscador, pero este trabajo muestra que muchas veces el usuario no dispone de herramientas adecuadas para obtener información de calidad o, al menos, hay información que se adecuaba mejor a sus requerimientos, pero que no es correctamente valorada.

Actualmente se está trabajando en cuatro aspectos relacionados al modelo de análisis semántico. El primero de ellos la adición de técnicas de Topic Modelling y Topic Tagging para identificar los tópicos de los documentos y complementar las técnicas utilizadas en este artículo. El segundo aspecto implica ampliar la utilización de relaciones de la base LOD provista por DBpedia (por ejemplo) que contribuyan a reducir aún más la discrepancia documento-consulta. El tercer aspecto es la optimización SPARQL con el fin de obtener el grafo de entidades en una sola consulta y expandir el análisis a más relaciones y niveles. Finalmente, el cuarto aspecto en el que se está trabajando es la definición de medidas alternativas que calculen las distancias entre entidades utilizando los tipos de relaciones como variables.

Agradecimientos

Este trabajo está siendo desarrollado dentro del marco del Proyecto UTN4058 “Análisis De Información en Grandes Volúmenes de Datos Orientado al Proceso de Toma de Decisiones Estratégicas”.

Referencias

- [1] V. Mala and D. K. Lobiyal, “Semantic and keyword based web techniques in information retrieval,” in *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2016*, 2017.
- [2] D. Yin, C. Nobata, J.-M. Langlois, Y. Chang, Y. Hu, J. Tang, T. Daly, M. Zhou, H. Ouyang, J. Chen, C. Kang, and H. Deng, “Ranking Relevance in Yahoo Search,” in *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining - KDD '16*, 2016.
- [3] T. (International B. M. C.) Leyba, “Semantic search by means of word sense disambiguation using a lexicon,” 2008.
- [4] C. Systems, “Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016–2021,” 2017.
- [5] J. (Forbes) DeMers, “Is Google’s Search Quality Starting To Decline?,” 2017. .
- [6] D. Sullivan, “A deep look at Google’s biggest-ever search quality crisis,” 2017. .
- [7] H. Li and J. Xu, “Semantic Matching in Search,” *Foundations and Trends® in Information Retrieval*, vol. 7, no. 5, pp. 343–469, 2014.
- [8] G. W. Furnas, T. K. Landauer, L. M. Gomez, and S. T. Dumais, “The vocabulary problem in human-system communication,” *Communications of the ACM*, 1987.
- [9] C. M. (Microsoft C. . Chin, “Towards More Intelligent Search: Deep Learning for Query Semantics,” 2018. .
- [10] D. Sullivan, “Google Launches Knowledge Graph To Provide Answers, Not Just Links,” 2012. .
- [11] A. Chuklin, I. Markov, and M. de Rijke, “Click Models for Web Search,” *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services*, 2015.
- [12] M. Lee, W. Kim, and S. Park, “Searching and ranking method of relevant resources by user intention on the Semantic Web,” *Expert Systems with Applications*, 2012.
- [13] V. Jindal, S. Bawa, and S. Batra, “A review of ranking approaches for semantic search on Web,” *Information Processing and Management*. 2014.
- [14] W. Wei, P. Barnaghi, and A. Bargiela, “Rational Research model for ranking semantic entities,” *Information Sciences*, 2011.
- [15] Y. Li, Y. Wang, and X. Huang, “A relation-based search engine in Semantic Web,” *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2007.
- [16] B. Aleman-Meza, F. Hakimpour, I. Budak

- Arpinar, and A. P. Sheth, "SwetoDblp ontology of Computer Science publications," *Web Semantics*, 2007.
- [17] F. Benedetti, D. Beneventano, S. Bergamaschi, and G. Simonini, "Computing inter-document similarity with Context Semantic Analysis," *Information Systems*, Feb. 2018.
- [18] G. Zhu and C. A. Iglesias, "Exploiting semantic similarity for named entity disambiguation in knowledge graphs," *Expert Systems with Applications*, vol. 101, pp. 8–24, Jul. 2018.
- [19] Cl. R. Center, "Pattern," 2018. [Online]. Available:
<https://www.clips.uantwerpen.be/pattern>.
- [20] B. Mohit, "Named Entity Recognition," in *Natural Language Processing of Semitic Languages*, I. Zitouni, Ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 221–245.
- [21] TextRazor, "REST Reference," 2018. [Online]. Available: <https://www.textrazor.com/docs/rest>.
- [22] J. Lehmann, R. Isele, M. Jakob, A. Jentzsch, D. Kontokostas, P. N. Mendes, S. Hellmann, M. Morsey, P. Van Kleef, S. Auer, and C. Bizer, "DBpedia - A large-scale, multilingual knowledge base extracted from Wikipedia," *Semantic Web*, vol. 6, no. 2, pp. 167–195, 2015.
- [23] C. Bizer, T. Heath, K. Idehen, and T. Berners-Lee, "Linked data on the web (LDOW2008)," in *Proceeding of the 17th international conference on World Wide Web - WWW '08*, 2008, p. 1265.
- [24] M. Karanik, L. Wanderer, J. A. Gomez-Ruiz, and J. I. Pelaez, "Reconstruction methods for AHP pairwise matrices: How reliable are they?," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 279, 2016.
- [25] "SPARQLer," 2018. [Online]. Available: <http://sparql.org/>.

Diseño Automático de un Clasificador para Filtrado de Ruido en Imágenes Binarias utilizando Análisis del Discriminante Lineal

Susana Guevara Emilio Robalino Agustina Bouchet Marcel Brun Virginia Ballarin

Laboratorio de Procesamiento Digital de Imágenes,
Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica (ICYTE - CONICET),
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
abouchet@fi.mdp.edu.ar, vballari@fi.mdp.edu.ar

Abstract

El siguiente trabajo presenta el diseño automático de un clasificador para filtrado de ruido en imágenes binarias utilizando la técnica del análisis del discriminante lineal. Se diseñó el clasificador en dos etapas: entrenamiento y testeo. En la etapa de entrenamiento, utilizando un conjunto de n -pares de imágenes con ruido aditivo al 10%, se obtuvo una matriz de observaciones con sus respectivas etiquetas para una ventana de tamaño 3×3 y 5×5 . Aplicando la técnica del análisis del discriminante lineal se consiguió un conjunto de coeficientes generando un nuevo filtro que es el que se propone en este trabajo. En la etapa de testeo se comparó el clasificador propuesto con un filtro heurístico, en este caso se eligió el filtro mediana. Ambos fueron aplicados a tres imágenes de prueba con ruido aleatorio al 10%. Se calculó el error cuadrático medio para ambas técnicas. Se concluyó que, para las condiciones experimentales diseñadas, el clasificador propuesto tiene un mejor rendimiento con respecto al filtro mediana.

1. Introducción

El diseño automático consiste en una optimización estadística utilizando ejemplos de entrenamiento. Cada ejemplo de entrenamiento se compone de una imagen observada, es decir una imagen con el problema a resolver, y una imagen ideal que es la imagen deseada después del procesamiento. El diseño y la representación de dichos filtros se realiza utilizando grandes tablas de decisión y clasificadores lineales clásicos. [1]

El análisis del discriminante lineal (LDA, siglas en inglés) es una técnica para resolver problemas de reducción de dimensionalidad como un paso de pre-procesamiento para aprendizaje automático y clasificación de patrones. En este trabajo se realizó la construcción de un clasificador a partir de un conjunto de observaciones etiquetadas que separará las clases

predefinidas lo mejor posible y así, poder predecir las clases de una nueva observación no etiquetada. [2]

1.1. Desarrollo del LDA

El análisis del discriminante lineal es una técnica utilizada en estadística, reconocimiento de patrones y aprendizaje automático para encontrar una combinación lineal de características que separa dos o más clases de objetos o eventos. La combinación resultante se puede usar como un clasificador lineal, o, más comúnmente, para la reducción de dimensionalidad antes de una clasificación. [3]

El objetivo del LDA es proyectar la matriz de datos originales sobre un espacio dimensional reducido. Para lograr este objetivo, cuatro pasos necesitan ser desarrollados y se describen a continuación.

El primer paso es calcular la separabilidad entre las diferentes clases (o las distancias entre las medias de las diferentes clases), que es llamada varianza entre clases S_B y se define como: [2]

$$S_B = \sum_{i=1}^c n_i (\mu_i - \mu)(\mu_i - \mu)^T \quad (1)$$

donde c es el número total de clases, n_i es el número de observaciones por clase, μ_i es la media por clase y μ es la media total.

El segundo paso es calcular la distancia entre la media y las muestras de cada clase, que es llamada varianza dentro de clase S_W y se define como: [2]

$$S_W = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^{n_i} (x_{ij} - \mu_j)(x_{ij} - \mu_j)^T \quad (2)$$

donde x_{ij} representa el i -ésimo vector de observación correspondiente a la j -ésima clase, conformado por valores de 0 y 1.

El tercer paso es construir el espacio dimensional reducido que maximiza la varianza entre clases y minimiza la varianza dentro de clase. Para determinar el espacio dimensional reducido W se calcula la matriz de transformación utilizando el criterio de Fisher definido a continuación: [4] [5]

$$W = S_W^{-1} S_B \quad (3)$$

Cada componente de la matriz corresponde a los coeficientes de discriminación.

El cuarto paso es el cálculo de la constante de discriminación W_0 definida como: [6]

$$W_0 = -\frac{1}{2} \{ (\mu_1 - \mu_2)^T S_W^{-1} (\mu_1 + \mu_2) \} + \log \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (4)$$

donde n_1 y n_2 son los números de observaciones de cada clase y μ_1 y μ_2 son las medias de cada clase.

Finalmente se calcula la función discriminante lineal $g(x)$ y se define como: [7]

$$g(x) = W_0 + \sum_i W x_i \quad (5)$$

donde x_i representa el i -ésimo vector de observación.

2. Experimento

El experimento desarrollado consiste en el filtrado de ruido de imágenes binarias utilizando la técnica del análisis discriminante lineal desarrollado en dos etapas: una etapa de entrenamiento y una etapa de testeo. Las mismas se detallan a continuación.

2.1. Etapa de entrenamiento

Del conjunto total de imágenes binarias, observadas e ideales, se seleccionaron aleatoriamente n -pares de imágenes para entrenamiento y de la misma forma para testeo.

Las imágenes observadas presentan ruido aditivo al 10%, mientras que las imágenes ideales son las imágenes observadas carentes de ruido como se presenta en la figura 1.

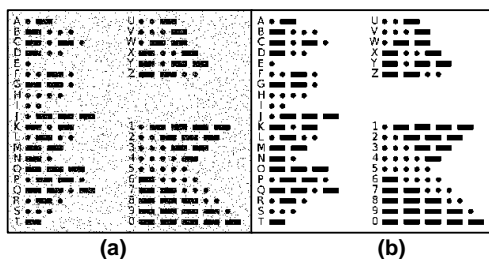


Figura 1. Ejemplo de imagen observada e ideal. (a) Imagen observada. (b) Imagen ideal.

2.1.1. Regla Plug in.

En base a los n pares de imágenes se realiza la configuración de ventana conjunta de tamaño d igual a 3×3 y 5×5 , obteniendo $2d$ configuraciones de ventana o vectores de observación. A partir de estos vectores se obtienen dos listas de frecuencias $\text{freq}(X, Y=0)$ y $\text{freq}(X, Y=1)$ por cada par de imágenes de entrenamiento,

la primera cuando el píxel central de la ventana es 0 en la imagen ideal y la segunda cuando el píxel central es 1, respectivamente. Se suma todas las frecuencias por cada clase obteniendo las frecuencias totales, $\text{freqT}(X, Y=0)$ y $\text{freqT}(X, Y=1)$. Con estas últimas se determina los valores de la función característica $\Psi_N(X)$ de cada vector de observación analizando cual tiene mayor frecuencia, $\Psi_N(X)=1$ si $\text{freqT}(X, Y=1) > \text{freqT}(X, Y=0)$ y $\Psi_N(X)=0$ en el caso contrario. Los valores de la función característica $\Psi_N(X)$ corresponden a la clase o etiqueta de cada vector de observación.

Por lo tanto, aplicando esta la regla se obtuvo una matriz de 512 y 33554432 vectores de observación con su respectiva etiqueta para cada una de las ventanas.

Estos vectores de observación se agruparon de acuerdo con su clase (0 y 1) para el cálculo de la media por clase, la varianza entre clases y la varianza dentro de clase (ecuaciones 1 y 2), el espacio dimensional W que corresponde a un conjunto de coeficientes (ecuación 3) y la constante W_0 (ecuación 4).

En la tabla 1 a manera de ejemplo se presenta un conjunto de coeficientes determinados por la técnica LDA.

Tabla 1. Constante y coeficientes obtenidos en la etapa de entrenamiento con 20 pares de imágenes para una ventana 3×3 con la técnica del LDA.

Constante	W0	-5.32
Coeficientes de discriminación	W1	0.60
	W2	1.21
	W3	0.74
	W4	1.47
	W5	3.19
	W6	1.42
	W7	0.65
	W8	1.19
	W9	0.66

2.2. Etapa de testeo

Con los coeficientes obtenidos en la etapa de entrenamiento se construyó un filtro de igual tamaño que la ventana utilizada. Cada imagen de prueba con ruido aditivo al 10% convolucionada con este filtro, sumando a este resultado la constante W_0 . Con esto se calcula la función discriminante $g(x)$ dada en la ecuación (5), que toma los siguientes valores: Si $g(x) > 0$ entonces el píxel central pertenece a la clase 1, caso contrario pertenece a la clase 0.

Para evaluar el desempeño del clasificador diseñado se calculó el error cuadrático medio definido a través de la siguiente ecuación:

$$ECM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_1 - X_2)^2 \quad (6)$$

donde n corresponde al número total de píxeles de X_1 (imagen original) que tiene el mismo tamaño que X_2 (imagen testeada).

Este error permite estimar la capacidad de clasificación del operador diseñado cuando se aplica a nuevas imágenes del problema en cuestión. [1]

3. Resultados

En esta sección, presentamos los resultados de la aplicación del clasificador diseñado. Como se muestra en la tabla 2, el error del clasificador para una ventana de tamaño 3x3 se estabiliza a partir de 2 pares de imágenes.

Por tal motivo se realiza un análisis exhaustivo para una ventana de tamaño mayor 5x5.

Tabla 2. Error cuadrático medio para 1, 2 y 20 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 3x3.

Imágenes de Prueba		Imagen 1	Imagen 2	Imagen 3
1 par	Clasificador LDA	0.59%	0.76%	0.29%
	Filtro Mediana	0.78%	1.01%	0.73%
2 pares	Clasificador LDA	0.56%	0.77%	0.25%
	Filtro Mediana	0.75%	1.03%	0.73%
20 pares	Clasificador LDA	0.54%	0.75%	0.26%
	Filtro Mediana	0.75%	1.01%	0.72%

En la figura 2 se muestran las tres imágenes sobre las cuales se va a aplicar el filtrado. En las figuras 3, 4 y 5 se muestran los resultados del filtrado de ruido con diferentes pares de imágenes de entrenamiento, 20, 30, 40, 50, 60 y 100, respectivamente para una ventana de tamaño 5x5. Para una mejor visualización de los resultados se presenta una porción de cada imagen de prueba de tamaño 50x50 píxeles.

En las tablas 3 a 8 se presenta el error cuadrático medio del clasificador y el error cuadrático medio del filtro mediana para una ventana de tamaño 5x5 con diferentes pares de imágenes de entrenamiento, para las tres imágenes de prueba. Estos errores son representados mediante diagramas de cajas en las figuras 6 a 11.

En la figura 12, se muestran los diferentes errores del clasificador en función del número de imágenes de entrenamiento para una ventana de tamaño 5x5.

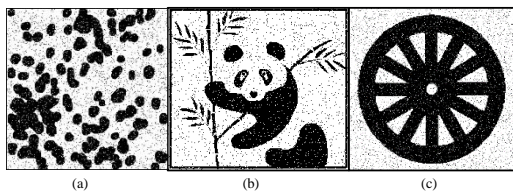


Figura 2. Imágenes de prueba para filtrado. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

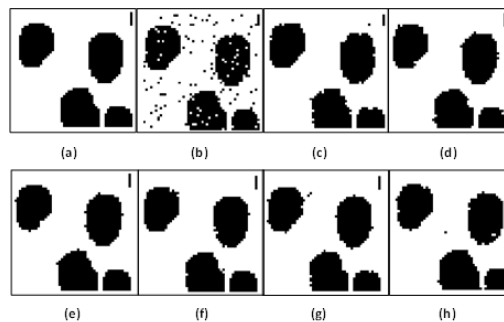


Figura 3. Filtrado de la imagen de prueba 1. (a) Imagen ruidosa. (b) Imagen ideal. (c)-(h) Imágenes filtradas con 20, 30, 40, 50, 60 y 100 pares de imágenes de entrenamiento, respectivamente para una ventana de tamaño 5x5.

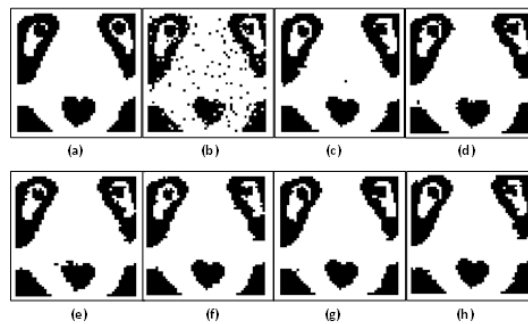


Figura 4. Filtrado de la imagen de prueba 2. (a) Imagen ruidosa. (b) Imagen ideal. (c)-(h) Imágenes filtradas con 20, 30, 40, 50, 60 y 100 pares de imágenes de entrenamiento, respectivamente para una ventana de tamaño 5x5.

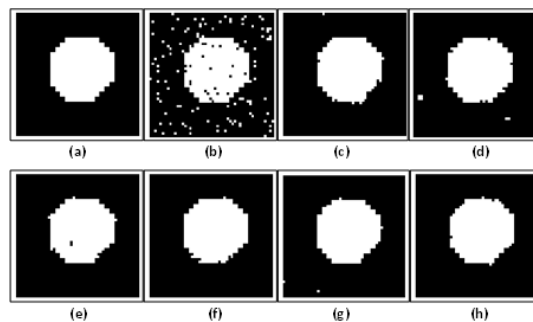


Figura 5. Filtrado de la imagen de prueba 3. (a) Imagen ruidosa. (b) Imagen ideal. (c)-(h) Imágenes filtradas con 20, 30, 40, 50, 60 y 100 pares de imágenes de entrenamiento, respectivamente para una ventana de tamaño 5x5.

Tabla 3. Error cuadrático medio para 20 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5.

Imágenes de Prueba	Clasificador LDA	Filtro Mediana
1	0.56% ± 1.10e-05	1.40% ± 1.12e-05
2	0.70% ± 9.28e-06	1.63% ± 4.99e-06
3	0.27% ± 2.07e-06	0.79% ± 1.00e-06

Tabla 4. Error cuadrático medio para 30 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5.

Imágenes de Prueba	Clasificador LDA	Filtro Mediana
1	0.58% ± 7.48e-06	1.40% ± 9.77e-06
2	0.71% ± 8.48e-06	1.62% ± 1.27e-05
3	0.26% ± 1.61e-06	0.79% ± 6.81e-07

Tabla 5. Error cuadrático medio para 40 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5.

Imágenes de Prueba	Clasificador LDA	Filtro Mediana
1	0.59% ± 7.43e-06	1.39% ± 1.51e-05
2	0.71% ± 9.26e-06	1.62% ± 1.50e-05
3	0.27% ± 1.93e-06	0.79% ± 1.40e-06

Tabla 6. Error cuadrático medio para 50 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5.

Imágenes de Prueba	Clasificador LDA	Filtro Mediana
1	0.58% ± 6.25e-06	1.40% ± 1.06e-05
2	0.70% ± 7.46e-06	1.62% ± 1.36e-05
3	0.25% ± 1.76e-06	0.79% ± 1.44e-06

Tabla 7. Error cuadrático medio para 60 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5.

Imágenes de Prueba	Clasificador LDA	Filtro Mediana
1	0.58% ± 6.76e-06	1.40% ± 1.43e-05
2	0.70% ± 8.46e-06	1.62% ± 1.63e-05
3	0.26% ± 2.23e-06	0.79% ± 1.56e-06

Tabla 8. Error cuadrático medio para 100 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5.

Imágenes de Prueba	Clasificador LDA	Filtro Mediana
1	0.57% ± 7.57e-06	1.39% ± 1.33e-05
2	0.70% ± 8.71e-06	1.63% ± 1.37e-05
3	0.25% ± 2.07e-06	0.79% ± 1.49e-06

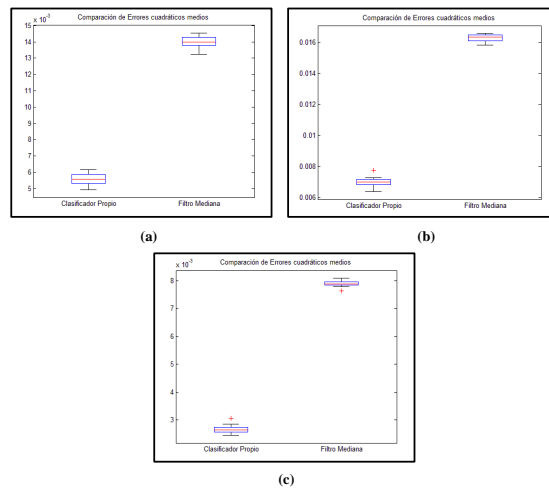


Figura 6. Diagrama de caja del error cuadrático medio para el clasificador LDA (caja izquierda) y filtro mediana (caja derecha) con 20 pares de imágenes de entrenamiento y una ventana de tamaño 5x5. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

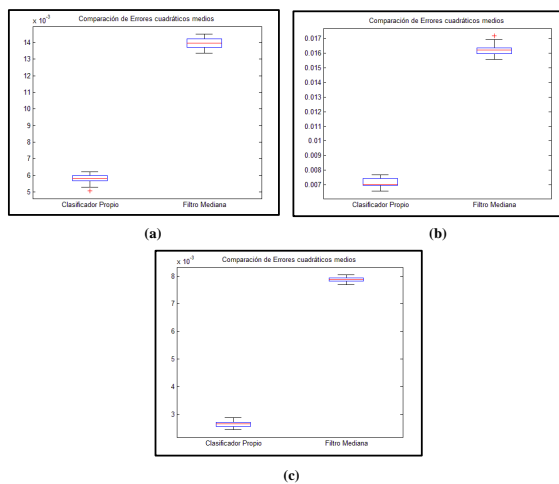


Figura 7. Diagrama de caja del error cuadrático medio para el clasificador LDA (caja izquierda) y filtro mediana (caja derecha) con 30 pares de imágenes de entrenamiento y una ventana de tamaño 5x5. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

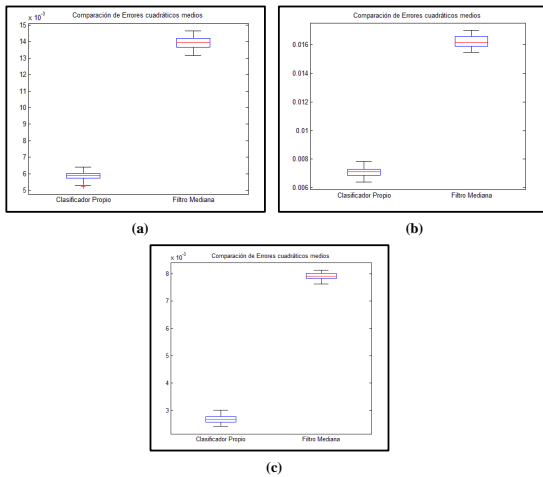


Figura 8. Diagrama de caja del error cuadrático medio para el clasificador LDA (caja izquierda) y filtro mediana (caja derecha) con 40 pares de imágenes de entrenamiento y una ventana de tamaño 5x5. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

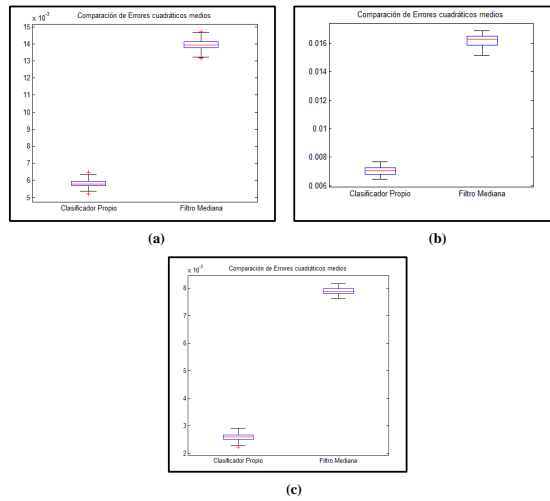


Figura 10. Diagrama de caja del error cuadrático medio para el clasificador LDA (caja izquierda) y filtro mediana (caja derecha) con 60 pares de imágenes de entrenamiento y una ventana de tamaño 5x5. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

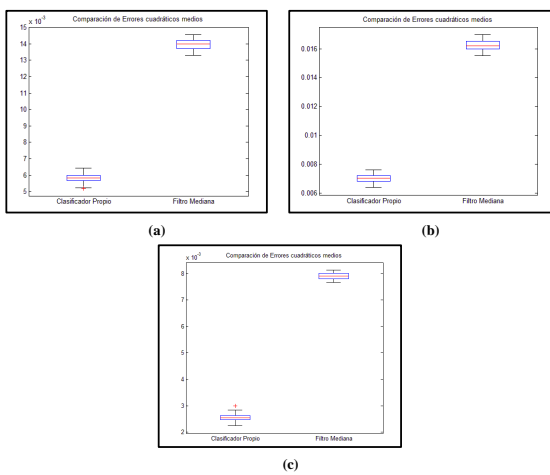


Figura 9. Diagrama de caja del error cuadrático medio para el clasificador LDA (caja izquierda) y filtro mediana (caja derecha) con 50 pares de imágenes de entrenamiento y una ventana de tamaño 5x5. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

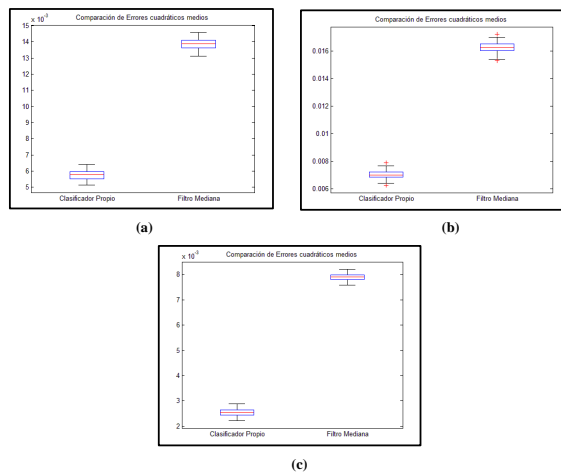


Figura 11. Diagrama de caja del error cuadrático medio para el clasificador LDA (caja izquierda) y filtro mediana (caja derecha) con 100 pares de imágenes de entrenamiento y una ventana de tamaño 5x5. (a) Imagen 1. (b) Imagen 2. (c) Imagen 3.

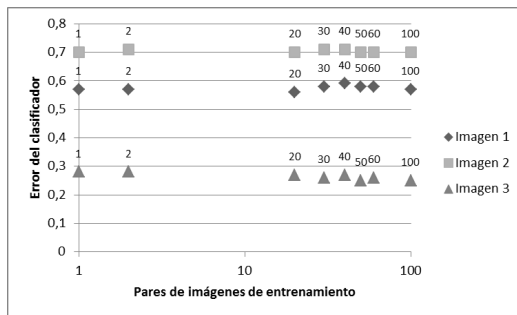


Figura 12. Error del clasificador para una ventana de tamaño 5x5 en función del número de imágenes de entrenamiento.

4. Discusión

El menor error cuadrático medio para 1, 2 y 20 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 3x3 usando el clasificador LDA es 0.29%, 0.25% y 0.26%, respectivamente mientras que para el filtro mediana es 0.73%, 0.73% y 0.72%.

El menor error cuadrático medio para 20, 30, 40, 50, 60 y 100 pares de imágenes de entrenamiento con una ventana de tamaño 5x5 usando el clasificador LDA es $0.27\% \pm 2.07e-06$, $0.26\% \pm 1.61e-06$, $0.27\% \pm 1.93e-06$, $0.25\% \pm 1.76e-06$, $0.26\% \pm 2.23e-06$ y $0.25\% \pm 2.07e-06$, respectivamente, mientras que para el filtro mediana es $0.79\% \pm 1.00e-06$, $0.79\% \pm 6.81e-07$, $0.79\% \pm 1.40e-06$, $0.79\% \pm 1.44e-06$, $0.79\% \pm 1.56e-06$ y $0.79\% \pm 1.49e-06$.

La figura 12 muestra que el error cuadrático medio del clasificador para una ventana de tamaño 5x5 no posee diferencias significativas cuando incrementa el número de pares de imágenes de entrenamiento. Esto indica que, para 20 pares de imágenes de entrenamiento en adelante, el error del clasificador permanece estable.

En las figuras 6 a 11, los diagramas de cajas muestran una diferencia significativa entre el error cuadrático medio del clasificador LDA y el error cuadrático medio del filtro mediana para una ventana 5x5 con 20, 30, 40, 50, 60 y 100 pares de imágenes de entrenamiento siendo menor para el clasificador LDA en todos los casos.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó al LDA como instrumento para el diseño de un clasificador para filtrado de ruido en imágenes binarias. La aplicación del clasificador diseñado mostró mejor rendimiento con respecto al filtro mediana para las condiciones experimentales diseñadas.

Se puede concluir que para el entrenamiento del clasificador es suficiente 20 pares de imágenes para una ventana de tamaño 5x5 ya que el error del clasificador a partir de ese número de pares de imágenes se estabiliza.

Como trabajo futuro se propone aplicar este mismo análisis para extracción de bordes en imágenes binarias, así como también, para el filtrado de ruido en imágenes en niveles de gris.

6. Agradecimiento

Este trabajo, realizado en el Laboratorio de Procesamiento Digital de Imágenes, fue apoyado por el Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y la Universidad Nacional de Mar del Plata.

7. Referencias

- [1] Benalcázar, M., *Aprendizaje computacional y morfología matemática aplicados al procesamiento de imágenes biomédicas*, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, Tesis Doctoral, 2014.
- [2] Tharwat, A., Gaber, T., Ibrahim, A., and Hassanien, A. E., "Linear discriminant analysis: A detailed tutorial", *AI Communications*, 30, 2, May 2007, pp. 169-190.
- [3] Li, C., and Bingyu W., "Fisher Linear Discriminant Analysis", 2014, pp. 1-6.
- [4] Fisher, R., "The use of multiple measurements in taxonomic problems", *Annals of eugenics*, 7, 2, September 1936, pp. 179-188.
- [5] Sugiyama, M., "Local fisher discriminant analysis for supervised dimensionality reduction", *Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning*, June 2006, pp. 905-912.
- [6] Zhang, D., Jing, X., and Yang, J., *Biometric image discrimination technologies*, IGI Global, 2006.
- [7] Izenman, A. J., *Modern multivariate statistical techniques. Regression, classification and manifold learning*, Springer, 2008.

Transferencia de estilo entre audios mediante redes neuronales Comparativa de métodos de análisis/síntesis y procesamientos convolucionales

Hernán Ordiales
Facultad de Ingeniería
Universidad de Palermo
Buenos Aires, Argentina
hordia@palermo.edu

Gabriel M. Barrera
Facultad de Ingeniería
Universidad de Palermo
Buenos Aires, Argentina
gbarre4@palermo.edu

Abstract

Este trabajo tiene como objetivo aplicar en archivos de audio las técnicas de procesamiento con redes neuronales desarrolladas para la transferencia de estilo en imágenes. En particular, aquellas que son de reciente publicación y dentro de su arquitectura utilizan una o más capas de redes neuronales convolucionales. Para ello, se construyen representaciones de la señal audible en matrices de estructura similar a las que normalmente se utilizan para procesar imágenes. Se evalúan diferentes aproximaciones al problema utilizando técnicas de análisis/síntesis como la transformada de tiempo corto de Fourier (STFT) y la descomposición de la señal de entrada en sinusoides y residuo, derivada del Spectral Modelling Synthesis, históricamente utilizado en señales de voz. Aunque la definición de estilo puede ser subjetiva, se ensayan algunas aproximaciones en su definición y reconocimiento. Para esto, se desarrollan e implementan diferentes programas en Python utilizando el framework TensorFlow, pensado para construir y entrenar redes neuronales. El resultado es un enfoque diferente para la aplicación de efectos digitales en señales de audio.

1. Introducción

La técnica de transferencia de estilo con redes neuronales, conocida en el ámbito académico y técnico por sus palabras en inglés *style transfer*, es relativamente reciente y data de solo hace un par de años. Su aplicación inicial, propuesta por Gatys et al. en 2015 [1] utiliza imágenes bidimensionales de tres canales (Rojo, Verde y Azul o RGB). Basada en la minimización de energía entre sus representaciones, se demuestra o ejemplifica extrayendo estilos de obras de pintores famosos y aplicándolos a fotografías de paisajes reales.

El objetivo de este trabajo es trasladar estas técnicas a

la transferencia de estilo en archivos de audio previamente grabados y almacenados en formato digital. Los cuales no necesariamente tienen que ser canciones, sino que puede tratarse de cualquier tipo de sonido con características identificables. Por ejemplo, ruido de tránsito, sonido de la lluvia, el cantar de unos pájaros, voz hablada (*speech*), estilos o formas de ejecutar un instrumento dentro de un mismo género musical.

Para ello, se construyen representaciones matriciales que reemplazan las habituales dimensiones utilizadas en imágenes (altura, ancho y cantidad de canales) por otras que representen la señal audible. Es decir, excediendo su representación bidimensional típica que consiste en ubicar la dimensión tiempo y su magnitud instantánea. Definiendo un proceso que comienza con el análisis de la señal de audio, es decir su descomposición en otros dominios, su procesamiento y re-síntesis o vuelta al dominio temporal bidimensional.

El primer enfoque consiste en entrenar la red neuronal convolucional con la información proveniente del espectrograma [2], el cual solo representa magnitudes espectrales a lo largo del tiempo, y por lo tanto se debe reconstruir su fase luego del procesamiento.

Otro camino, explora las posibilidades de descomponer la señal original en sus componentes armónicas sinusoidales que evolucionan a lo largo del tiempo y su residuo o *ruido* de fase. Permitiendo el procesamiento (o no) de cada parte y reconstrucción independiente.

En la comparación, que por tratarse de *estilos* incluye varios factores subjetivos, surgen ventajas y desventajas de cada técnica, se observan pequeñas diferencias manteniendo en general una calidad aceptable, que no alcanza para requerimientos de uso profesional, pero se considera una buena primer aproximación en el uso de esta técnica.

2. Trabajo relacionado

En la última década y media, los trabajos que utilizan Deep Learning para procesar imágenes tuvieron un crecimiento acelerado, en parte, gracias a las posibilidades de procesamiento disponibles, mejoras en los procesadores y proliferación de GPUs (Graphic Processor Units). En cuanto a los que aplican este tipo de técnicas de *style transfer*, se encuentran las de Gatys et al. [1] [3] que como se mencionó, fue el primero en utilizar redes convolucionales (Convolutional Neural Networks o CNN) para sintetizar texturas o estilos. Explora las posibilidades de este enfoque y proporciona algunos ejemplos útiles.

Utiliza una arquitectura de redes convolucionales VGG-19 [4], compuesta por capas de filtros convolucionales y de Max Pooling, cuyas características se explicaran más adelante. La publicación se jacta de poder manipular por separado las representaciones de estilo y contenido para producir nuevas imágenes. A grandes rasgos, sostiene que las activaciones de capas superiores (o profundas) son las que contienen una representación del estilo.

Entre los trabajos relacionados se encuentran [5] que profundiza en el paradigma de este tipo de rendering con fines artísticos, realizando un análisis semiótico y proponiendo una taxonomía. Y derivados como [6] que lo aplica en imágenes en movimiento (videos), o [7] que lo aplica en el campo de la moda, para diseñar (sintetizar) ropa. Otro enfoque interesante, que utiliza redes neuronales sin entrenamiento previo, es el trabajo de Ulyanov [8], el cual utiliza aprendizaje profundo sobre la misma imagen, capturando estadísticas de bajo nivel de la misma, para remover ruido y restaurarla.

También esta técnica fue adoptada por la industria, y esta empezando a popularizarse gracias a aplicaciones disponibles para teléfonos móviles como Prisma, que utiliza estilos como si fueran filtros que se aplican sobre fotografías. Como mencionan en su página web ¹, utilizan redes neuronales y procesan la imagen en sus servidores, por limitaciones de procesamiento y tiempos de las tecnologías móviles en este momento. Sobre este punto, también se realizaron algunas consideraciones a modo de conclusión.

Otras aplicaciones de Machine Learning en el audio con otros fines, más enfocados en lo artístico pueden encontrarse en Wekinator [9] (basado en weka) y “Aproximación de Big Data a las colecciones musicales” [10].

Al momento del inicio del trabajo, el único antecedente de aplicación de esta técnica en particular (CNN) en el audio para transferir estilo, se encontraba en forma de ejemplos y código fuente en la web github ², que no ha sido pu-

¹ “Prisma transforms your photos and videos into works of art using the styles of famous artists”. Disponible en <https://prisma-ai.com>.

² “Audio texture synthesis and style transfer”. Disponible en <https://dmitryulyanov.github.io/>

blicado en el ámbito académico. Pequeños reportes surgidos recientemente, que se inspiraron en ese trabajo y exploran diferentes arquitecturas de la red neuronal se encuentran en [11] y [12].

Otros enfoques, sin utilizar arquitecturas de redes convolucionales, que se pueden interpretar como transferencia de estilo y que utilizan Deep Learning con redes neuronales, son los que se valen de autoencoders, redes artificiales que buscan reducir la dimensionalidad [13]. Uno de ellos es NSynth ³ de Google, que se encuentra dentro del proyecto Magenta dedicado a relacionar Deep Learning con música y busca generar propiedades híbridas de sonidos. Generando timbres específicos, creando sonidos interpolando otros con lo que denominan WaveNet autoencoder [14].

Y el más reciente de todos, publicado hace un mes, el trabajo de Facebook [15] que también con WaveNet autoencoders, propone un método para *traducir* interpretaciones musicales entre diferentes instrumentos, géneros y estilos. Por ejemplo, partiendo de una melodía cantada, sintetiza la misma en forma de guitarra clásica, un arreglo de cuerdas en el estilo Mozart o Bach, entre otras posibilidades.

3. Aprendizaje y tipos de redes neuronales

3.1. ¿Porque utilizar redes neuronales?

Los seres humanos distinguimos casi naturalmente, con poco o nulo entrenamiento, entre estilos musicales. Por ejemplo entre una canción de rock y una de música clásica, un rap o un reggae. Solo por citar algunos ejemplos. Lo mismo ocurre entre compositores dentro de un mismo género. Sabemos que es así, lo podemos identificar y entender, pero no necesariamente comprendemos el por que lo sabemos [16]. Entonces, si sabemos que el cerebro puede aprender esas cosas ¿Por qué no usar técnicas que se basan en su funcionamiento como las redes neuronales, para resolver el problema? En esta sección se discuten las posibilidades actuales de este enfoque, de forma de darle contexto al trabajo realizado.

3.2. Funcionamiento

Entre las diferentes técnicas que hacen posible que las máquinas aprendan, lo que actualmente se conoce como *Machine Learning*, se encuentran las redes neuronales. Estos sistemas consisten en la interconexión de pequeñas unidades de procesamiento denominadas neuronas. El comportamiento de estas neuronas artificiales, se inspira en el de las neuronas biológicas, donde el aprendizaje se localiza en la sinapsis o conexiones entre las neuronas. Normalmente, el

audio-texture-synthesis-and-style-transfer.

³ Disponible en <https://magenta.tensorflow.org/welcome-to-magenta>.

procesamiento que hace cada una de ellas es el mismo. Para cada valor digital de entrada, atraviesa una función de activación, que es la que adecua la ponderación para la salida de varias capas. Luego, la interconexión de las neuronas está modificada por un peso o ponderación.

Esta técnica se basa en una primera etapa de aprendizaje o entrenamiento, donde se expone el sistema de neuronas a un conjunto de ejemplos, formados por un conjunto de entradas junto con el valor de salida esperado para ese input en el caso de aprendizaje supervisado. Pero también es posible utilizarlas dejando que la red aprenda por sí sola, en el caso no supervisado. Esta característica permite utilizarlas como una *caja negra*, manejando sus entradas y salidas, sin conocer en detalle lo que sucede dentro, la naturaleza del aprendizaje. Tarea que es posible para redes pequeñas, pero se torna cada vez más complejo al aumentar su tamaño como se verá más adelante.

Con esta técnica, con pocas neuronas, por ejemplo dos, se pueden realizar operaciones sencillas, como el AND, el OR, la operación de paridad, entre otras. Pero este tipo de problemas ya son resueltos con otras técnicas, y tienen un dominio de entradas y salidas limitado y conocido. Es con otros tipo de problemas, donde no conocemos todo el dominio de entradas posibles, que esta técnica se vuelve más interesante. Por ejemplo en el OCR, el reconocimiento automático de caracteres, que cuenta con aplicaciones varias, entre ellas la digitalización de libros.

La red de Hopfield es una de las más importantes dentro de las monocapas [17]. Es muy sencilla y básicamente sirve para clasificar. Uno de los ejemplos más comunes consiste en enseñar a la red neuronal a reconocer números. Poniendo unos o ceros en una matriz, donde cada posición es representada por una neurona. Cuando las salidas convergen a un determinado valor, clasifica. Si no converge, quiere decir que no lo pudo clasificar.

El backpropagation o retropropagación, forma parte del aprendizaje supervisado, aunque también se utiliza en redes neuronales no supervisadas como los autoencoders. Y consiste en un ajuste o camino de los gradientes mínimos, donde se suma la diferencia del error al cuadrado con la salida, para minimizarlo. Y permite que estos sistemas, una vez entrenados, puedan responder u adaptarse a situaciones a las cuales no habían sido expuestas anteriormente [17] [13], aprendiendo a reconocer patrones aunque se encuentren enmascarados con ruido o incompletos. En la Figura 1 se muestra un ejemplo, donde se llega a un mínimo (que no es solo local) y que indica el conjunto de pesos que optimiza una función de costo que se pretende minimizar.

3.3. Aprendizaje profundo

El resultado de estas redes se puede calcular utilizando operaciones matriciales que las representen. Cuestión que

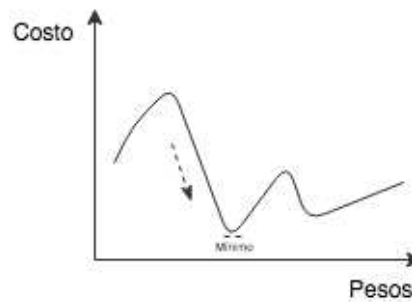


Figura 1: Algoritmo del gradiente descendente [13]

hace posible el aprovechamiento de hardware diseñado específicamente para realizar dichas operaciones, como las GPU's (Graphics Processing Unit) hecho que es una de las bases de la reciente revolución en este campo. El incremento del poder de cómputo disponible.

Gracias a este hecho, cada vez se pueden implementar algoritmos con más capas intermedias, aumentando exponencialmente su poder de cómputo y complejidad. Ya sea por el advenimiento de nuevos procesadores CPU's con instrucciones más avanzadas, los mencionados GPU, o la posibilidad de contratar poder de cómputo en la web de forma online (*Cloud Computing*).

Esta forma de trabajo intensivo, que intercala muchas capas de procesamiento ocultas utilizando muchas neuronas en cada una de ellas, se denomina *Deep Learning*. Su principal ventaja es que permite trabajar con datos masivos (*Big Data*), ya sea provenientes de *Data Warehouses*, en el ámbito empresarial, o también para analizar grandes datasets y procesar su información de determinada manera. Ya sea clasificando, o generando conocimiento a partir de estos datos.

El término *profundo (deep)* usualmente se refiere al número de capas ocultas en una red neuronal. Se habla de aprendizaje profundo o *Deep Learning*, por la cantidad de capas de neuronas que *almacenan* el aprendizaje. Tradicionalmente, una red contiene dos o tres capas ocultas, mientras que en las de este tipo, puede tener tantas como 150.

Uno de los usos más populares de esta técnica consiste en la sustancial mejora que tuvo el sistema de traducciones online de Google, disminuyendo en un 60% la tasa de errores [18]. El cual utiliza una red LSTM profunda con 8 encoders y 8 capas de decoders.

Como se ve en la Figura 2 estos conceptos se incluyen unos a los otros. Inteligencia Artificial (o AI) es el más general y se refiere a un programa que pueda sentir, razonar, actuar y adaptarse. *Machine Learning* (Aprendizaje automático) a algoritmos cuya performance puede mejorar a medida que se exponen a más datos a lo largo del tiempo. Logra conocimiento a partir de ejemplos. Y un subconjunto

de esto último, el Deep Learning, donde redes neuronales multicapa pueden aprender a partir de grandes cantidades de datos [18].

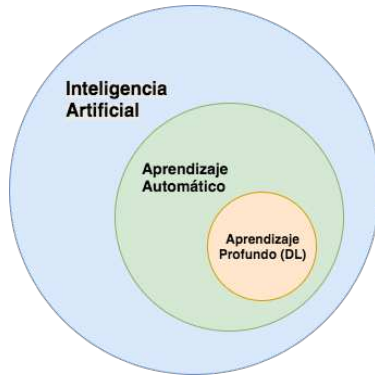


Figura 2: Diferencias entre Inteligencia Artificial (AI), Aprendizaje Automático (Machine Learning) y Aprendizaje Profundo (Deep Learning)

Estas redes neuronales profundas funcionan de manera similar a las tradicionales, por retropropagación, ajustando el error de igual forma, utilizando el método de gradiente descendente ya comentado (Figura 1). Este proceso se repite miles de veces, ajustando los pesos del modelo, en función de los errores que produce durante el aprendizaje [13].

Generalmente cada capa en una red neuronal define un banco de filtros no lineales, cuya complejidad se incrementa con la posición de la capa en la red.

Cuando se trata de diseñar una red neuronal profunda, se deben tomar una cantidad considerable de decisiones. La representación de su entrada, las capas de preprocesamiento, la cantidad de neuronas, el tipo de capa, el dropout, la normalización, la función de costo. También la inicialización y optimizaciones. Este trabajo toma de punto de partida las arquitecturas que utilizan redes convolucionales, por razones que se profundizarán en la siguiente sección, pero no fue menor el hecho de observar que funcionan correctamente en otros ámbitos para resolver problemas parecidos. Esta forma de trabajo es común en el área, donde se reutilizan arquitecturas y parámetros que ya demostraron ser eficaces.

3.4. Redes neuronales convolucionales

El interés en utilizar una técnica de aprendizaje profundo denominado *Convolutional Neural Networks* (CNN), reside en aprovechar sus características para modelizar una experiencia. Habilidad, como se mencionó, compartida con el resto de las redes neuronales y el *Machine Learning* en general, pero en este caso, en lugar de utilizarla para predecir o reconocer, o además de ello, se aprovechará la posibilidad

de manipularlas para construir algo nuevo con características parecidas a los elementos que se utilizaron durante el entrenamiento. La transferencia de estilo, a priori, tiene mucho que ver con eso.

Generalmente forman parte de una arquitectura en las que se combinan como unidades de procesamiento con capas *Fully Connected* (FC) todas las neuronas interconectadas y Max o Average Pooling como en la Figura 4 (valor máximo o promedio tomando zonas o ventanas). Como función de activación se suele utilizar ReLU (unidad lineal rectificadora).

Hay diversas convenciones, pero la convolución se puede entender como una operación matricial como la de Figura 3. Donde la entrada, una matriz que puede representar uno de los canales de una imagen bidimensional, se convoluciona con un filtro detector de bordes verticales. En este caso, a modo de ejemplo se muestra como se calcula la primer posición del resultado:

$$\begin{aligned} &6x1 + 2x1 + 7x1 + \\ &3x0 + 7x0 + 0x0 + \\ &5x(-1) + 4x(-1) + 7x(-1) = -1 \end{aligned}$$

El resto de los valores se calcula de igual forma, desplazando la ventana de 3×3 en horizontal y vertical de a una unidad. Salvo en los casos que se utiliza *stride* o *salto*, que por ejemplo con un valor igual a dos, genera reducción de la dimensionalidad [13].

La fórmula para calcular la dimensión del resultado es:

$$n_{salida} = \frac{(n_i + 2p - f)}{s} + 1 \quad (1)$$

Con n dimensión de la entrada, p el padding (si se agregan ceros), f el tamaño del filtro, s el stride mencionado y 1 que corresponde al bias. Para el caso de la Figura 3, $n_{salida} = (6 + 2x0 - 3)/1 + 1 = 4$. Que por ser la entrada una imagen cuadrada de 6×6 , la salida es una matriz de 4×4 .

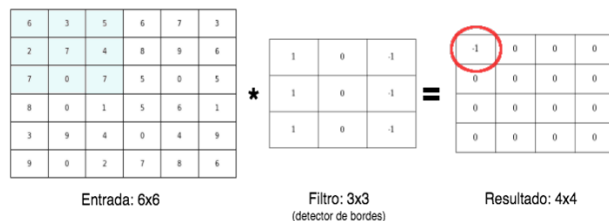


Figura 3: Ejemplo de convolución matricial

Una ReLU computa una función lineal de las entradas, y tiene como salida el mismo resultado si es positiva, o de

lo contrario es igual a 0 [13]. ReLU viene a reemplazar lo que se usaba históricamente para manejar alinealidad con la función sigmoidea y tanh (arcotangente) como función de activación. Por ejemplo, esta puede tener la siguiente forma: $h_{w,b}(X) = \max(Xw+b, 0)$, con X matriz, w peso y b bias.

La capa de Max Pooling, equivale a realizar un down-sampling. Se toma un cuadrante de tamaño predefinido de la matriz original y se toma el mayor valor en el caso de Max Pooling y el promedio en Average Pooling. Se puede pensar como que generaliza la información de acuerdo a su ubicación.

La función *softmax*, es opcional y se usa para reducir dimensionalidad, como capa final de un clasificador.

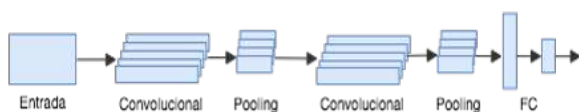


Figura 4: Arquitectura típica de una RN convolucional

Durante el entrenamiento, la CNN encuentra los filtros o *kernels* más útiles para la tarea, y aprende como combinarlos en patrones más complejos [13].

Las mencionadas aplicaciones de OCR y reconocimiento de dígitos, dieron un salto cualitativo con el uso de una arquitectura de este tipo en 1998, la denominada LeNet-5 [19] que demostró ser muy eficiente para reconocer dígitos manuscritos. Cuenta con 5 capas, 3 convolucionales y 3 de Average Pooling (downsampling promedio) intercaladas.

Son convenientes para procesar imágenes, ya que su dimensionalidad matricial es muy alta, por ejemplo una imagen muy pequeña de 64×64 , con 3 canales RGB, tiene $64 \times 64 \times 3 = 12288$ valores. Mientras que para una imagen de alta resolución, de $1000 \times 1000 \times 3$, se está en el orden de los 3 millones. Esto significa que con las técnicas habituales, a la entrada a la red neuronal se tiene una entrada de 3M, y si en la primer capa oculta tenemos 1000 neuronas, nos queda una matriz de dimensión $[1000, 3M]$ para procesar, es decir 3000 millones de parámetros, que además de ser costoso de manejar, trae problemas con el *overfitting* o modelo sobremuestreado.

En cambio con el enfoque que utiliza capas convolucionales, con un esquema similar al de la Figura 4, en una imagen de $32 \times 32 \times 3 = 3072$, con filtros de $5 \times 5 = 25$, más 1 del bias, da 26 features por cada filtro. Siendo 6 filtros, quedan $6 \times 26 = 156$ parámetros para entrenar. Un número mucho más chico que el calculado anteriormente.

La misma situación, con capas *Fully Connected*, con 6

filtros de 5×5 , queda en $28 \times 28 \times 6 = 4704$. Interconectar 3072 por 4704 da aproximadamente 14 millones de parámetros. Considerando que la imagen es muy pequeña, son un montón de parámetros para entrenar, versus los 156 de las CNN.

Otra ventaja, es que esta forma de trabajo permite compartir los parámetros. Por ejemplo, un filtro de bordes digitales como el mencionado de 3×3 que puede ser útil en una parte de una imagen, probablemente también puede ser útil para ser reutilizado en otra parte de la misma. Tiene conexiones espaciadas (*sparsity of connections*) para cada salida, es decir, solo intervienen ciertos pixeles. Por ejemplo solo 9 *features* de entrada están conectadas con una salida, y así para toda la matriz. Si se hace esto, se pueden construir detectores muy efectivos, por ejemplo detectar la presencia de un perro o un gato en una foto. Otra característica de las CNN es la invarianza ante la traslación, es decir, la imagen de un gato corrida unos pixeles sigue siendo claramente un gato.

Estas son alguna de las razones porque las CNN funcionan tan bien en visión por computadora. A partir de la práctica, se empezaron a reconocer patrones sobre que arquitecturas son más efectivas. Lo que muchos suelen hacer es tomar la arquitectura que algún otro publico en algún paper de investigación y aplicarla. Este mismo camino es el que toma el presente trabajo, y se espera poder aplicar estas bondades buscando diferentes objetivos en las señales de audio.

4. Representación de señales de audio digital

Así como se dio un contexto de las razones para el uso o elección de redes neuronales, y en particular sobre las arquitecturas de *Deep Learning* convolucionales, en esta sección se introducen algunos conceptos de procesamiento digital de señales necesarios para tratar señales de audio de manera efectiva. Sobre todo el teorema de muestreo y técnicas de análisis y síntesis que permiten procesamientos en otros dominios más allá del temporal.

Para poder trabajar correctamente con una señal digitalizada, esta debe cumplir el teorema de Nyquist-Shannon, que indica la misma debe haber sido primeramente muestreada a una frecuencia del doble de la mayor frecuencia de interés en la señal, es decir, tiene en cuenta su ancho de banda. Como el oído humano puede reconocer aproximadamente hasta los 20kHz, es que se utilizan frecuencias de muestreo de 44.1kHz o más [20] [16]. Esto es importante, ya que esta directamente relacionado con la dimensionalidad de los vectores, o matrices más adelante, de audio con los que se trabajan. Una señal de solo 10 segundos, solo en la dimensión temporal tiene $10 * F_{muestreo}$ valores. Que para un mínimo de alta calidad aceptable como se explico, y necesario para poder realizar análisis sobre cuestiones de

detalles como el estilo, queda en: $10 * 44100 = 441000$ muestras. Valor que al aplicar transformadas para hacer análisis en frecuencia, generan matrices de más dimensiones y valores. Tal como en la sección anterior, se contabilizan estas cantidades para tener una idea del costo del proceso de una cantidad determinada de segundos de audio.

Cuando se habla de procesos de análisis y síntesis, se refiere a métodos que consisten en realizar una transformación a la señal, procesarla en otro dominio y volver a la representación original o síntesis para obtener el resultado. En este trabajo, se usaran estas técnicas para poder tratar multidimensionalmente las señales de audio, que originalmente son solo unidimensionales, con un solo valor para cada unidad temporal, *sample* o muestra, como una analogía con la amplitud instantánea eléctrica que representa la onda sonora.

El proceso de reconstrucción generará archivos del mismo tipo, para ser reproducidos por un sistema que cuente con un conversor Digital/Analógico (DAC) para poder escucharlos y comparar los resultados.

Nota: Para escuchar los archivos producidos, todos los elementos involucrados en la cadena deben ser de calidad profesional para poder apreciar los matices. Por ejemplo, no alcanza con un buen conversor D/A si los auriculares o parlantes utilizados no reproducen correctamente el rango de frecuencias de interés.

4.1. STFT y espectrograma

El audio en crudo se convierte a espectrograma utilizando la transformada Fourier de Tiempo Corto (STFT). Esto es una representación en dos dimensiones, tiempo y frecuencia, de una señal en una dimensión (temporal) [21]. Para esto se procesa por bloques, utilizando un tipo de ventana predefinida (Blackman-Harris, Hamming, etc), un tamaño de FFT (Transformada Rápida Discreta de Fourier) y un *hop size* (cantidad de muestras que se solapan entre bloques) [22]. Cabe aclarar, que del espectro obtenido, se calcula la magnitud en valor absoluto y se descarta la fase, que contiene información temporal.

También se crea un compromiso de resolución en tiempo y frecuencia. Mientras con más exactitud conozcamos la ubicación temporal, ventana de análisis más pequeña, menos resolución vamos a tener en frecuencia y viceversa. Con una ventana más ancha, obtendremos mayor conocimiento sobre el espectro en un tiempo más difuso [21] [2]. Esto esta en conexión con el principio de incertidumbre de Heisenberg [23] [24].

Calculando el espectrograma, es directo armar una matriz en analogía con las que se utilizan en procesamiento de imágenes. En definitiva, cuando obtenemos un espectrograma, lo representamos como una imagen. Se puede ver un ejemplo en la Figura 7. En la ubicación que normalmente se usa para los píxeles de *altura*, se coloca una unidad,

en la posición de píxeles de *ancho*, la ubicación temporal, y en lugar de *canales* se usa la cantidad de bins de frecuencias calculados, generando matrices del siguiente estilo: $[1, FramesTiempo, BinsFrecuencias]$ en equivalencia con $[Alto, Ancho, Canales]$. Lo cual hace pensar que los algoritmos anteriormente mencionados que transfieren estilo utilizando imágenes, a priori sean válidos.

Para volver al dominio temporal es necesario reconstruir la fase, que se descartó en el proceso de análisis, para esto se puede utilizar el algoritmo de Griffin-Lim [25], un algoritmo iterativo.

4.2. SMS: Modelo de sinusoides más residuo

Otro modelo de análisis/síntesis que permite otro tipo de separación en componentes de la señal original es el llamado *Spectral Modelling Synthesis* (SMS) o modelo de sinusoides más residuo. Normalmente utilizado para procesamiento espectral orientado al tratamiento de señales de voz y audio en general [26] [20]. Se puede ver como una generalización de la STFT y los modelos sinusoidales. Básicamente añade flexibilidad a la STFT manteniendo buena fidelidad de sonido y una representación eficiente. En el contexto de MPEG4 también es conocido como HILN [27]. Es entendido como una descomposición entre las partes determinística y estocástica [28].

Básicamente esta modelado como la suma de un conjunto de sinusoides, los *sobretonos* estables, armónicos o no, las componentes determinísticas del sonido, más el residuo de ruido, el cuál es modelado como un proceso estocástico, como dos componentes separadas:

$$s(t) = \sum_{r=1}^R A_r(t) \cos[\Phi_r(t)] + e(t) \quad (2)$$

donde $A_r(t)$ y $\Phi_r(t)$ son la amplitud y fase instantaneas de la r^{th} sinusoide respectivamente, y $e(t)$ es la componente de ruido en el tiempo t .

La fase instantanea de la ecuación es: $\Phi_r(t) = \int_0^t w_r(\tau) d\tau$

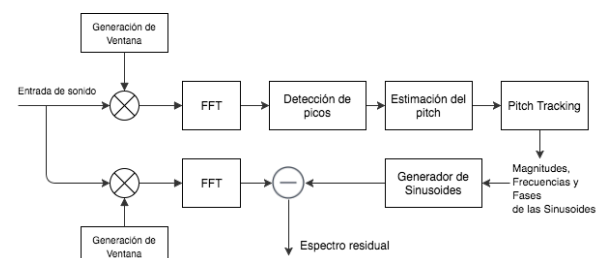


Figura 5: Diagrama en bloques SMS Análisis

El primer paso del análisis detecta los sobretonos presentes en el espectro y los representa con sinusoides que varían con el tiempo. Para esto se analiza el espectro y se toman solo los picos, la cantidad de sinusoides es un parámetro configurable. Luego se le resta al sonido original los componentes sinusoidales para obtener el *residuo* (ver el diagrama de bloques en la Figura 5) [26] [20].

Un ejemplo del contenido sinusoidal se puede observar en la Figura 6. El eje X corresponde al tiempo y el Y a frecuencias. Es un espectrograma al cual se agregan líneas negras para marcar el seguimiento (*tracking*) de las sinusoides detectadas a lo largo del tiempo. El audio original⁴, es el de una flauta tocando la nota C4. Se ven varias líneas simultáneas correspondientes a diferentes frecuencias debido a las componentes armónicas de la nota, lo que define el timbre.

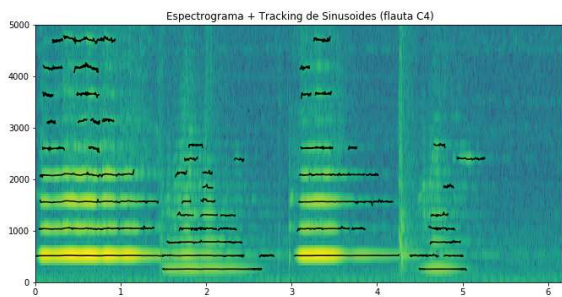


Figura 6: Espectrograma y componentes sinusoidales de una flauta

La señal residual se modela como un proceso estocástico y se describe como ruido blanco filtrado como:

$$e(t) = \int_0^t h(t, \tau) u(\tau) d\tau \quad (3)$$

Donde $u(t)$ es ruido blanco y $h(t, \tau)$ es la respuesta al impulso de un filtro que varía con el tiempo evaluado en el instante t . El residuo comprende la energía debida a vibraciones no estacionarias y a cualquier otra componente energética de naturaleza no sinusoidal.

Algunas áreas donde este modelo se puede aplicar incluyen análisis, comprensión y separación de fuentes de sonido, acústica y percepción musical. Por lo que a priori se piensa que esta descomposición puede ser útil para lograr una transferencia de estilo en la que se puedan controlar parámetros de una manera más fina o detallada.

⁴ Audio disponible en <https://freesound.org/people/cms4f/sounds/159119>

5. Consideraciones sobre el estilo

Como se dijo anteriormente, los humanos distinguimos fácilmente entre estilos, podemos decir si pertenecen al mismo compositor o no. Ya sea en la música, la pintura o cualquier tipo de arte. Aún dentro de un mismo género, con poco o nulo entrenamiento podemos reconocer a sus autores [16].

El historiador Schapiro define el estilo artístico como “La forma constante, y a veces los elementos, cualidades y expresión, del arte de un individuo o grupo” [29].

Para poder realizar el objetivo de este trabajo, al igual que con el antecedente en imágenes [3], se intentará separar la señal en *contenido* y *estilo*. En este contexto, estilo significa textura, colores y patrones visuales en la imagen. Mientras que el contenido refleja la estructura de alto nivel [30]. Luego, con los métodos de redes neuronales antes descritos, se buscará optimizar una función de costo asignando un valor numérico a estas magnitudes. También se definirá un *factor de transferencia* que represente numéricamente cuanto trasladar del estilo. Luego se procederá a una reconstrucción de la señal obtenida. Un punto a tener en cuenta es que la evaluación sobre si el estilo fue aplicado, es en gran parte subjetiva por las razones descriptas.

Observando el espectrograma de una señal de audio, se puede apreciar como evolucionan las magnitudes de las diferentes frecuencias a lo largo del tiempo. La información sobre el timbre (también conocido como *tono* o *color*) y de la que se habló en la sección anterior, ha demostrado ser una de las características más informativas para distinguir estilos. En los casos en que el estilo es muy marcado, puede llegar a ser observable a simple vista, como se puede apreciar en la Figura 7. Donde en la primera imagen, correspondiente a “El Choclo” (De origen *criollo* con orquestación de Ángel Villoldo, 1903) se observa el ritmo bien marcado con componentes en casi todo el espectro audible. En lenguaje musical, cercano a un *staccato*. Mientras que en el extracto correspondiente a la canción “Adios Nonino” (Astor Piazzolla, 1959) se ven claramente las líneas continuas que se corresponden con sonidos sostenidos de cuerdas.

Llevar el estilo al extremo, dejando poco *contenido* se puede interpretar como la generación de una *textura*. En la publicación de Gatys [31] se modelan texturas utilizando CNN, optimizadas para el reconocimiento de objetos. Y muestran que a través de las capas, la representación de la textura es capturada por propiedades estadísticas. Definir una textura sonora no es fácil, pero en general se acuerda en tratarla como un fenómeno de bajo nivel [32] y hay consenso en aceptar que esta debe mantener sus características en el tiempo. También se indica que sus pequeñas componentes o *átomos* pueden ser clasificados como una propiedad de muy bajo nivel, mientras que su distribución y arreglo, la parte de más alto nivel de abstracción.

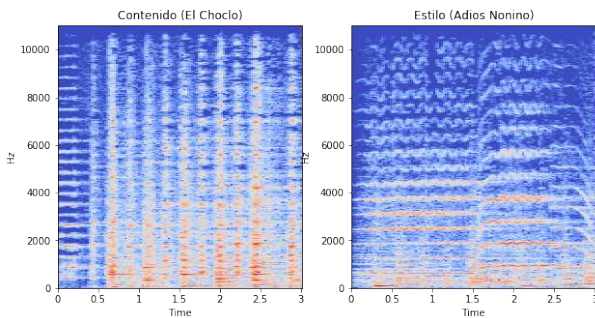


Figura 7: Comparación de 2 espectrogramas con estilos diferentes (3 segundos)

6. Desarrollo

Para construir el modelo, se siguieron los pasos recomendados en el libro de Géron [13]:

1. Examinar la imagen global
2. Obtener los datos
3. Descubrir y visualizar los datos para ganar 'insights' (ideas)
4. Preparar los datos para los algoritmos de Machine Learning
5. Elegir un modelo y entrenarlo
6. Ajuste fino del modelo
7. Presentar la solución
8. Lanzar, monitorear y mantener el sistema

Esto se tradujo en analizar los ejemplos existentes y el trabajo similar realizado y conseguir muestras de audio que tengan características reconocibles. Luego graficar espectrogramas con y sin *tracking* de sinusoides para observar y comparar su espectro. Después de los procesamientos de prueba, además de escuchar el resultado, se volvió a graficar el espectrograma para buscar ideas sobre que puede funcionar mejor en el procesamiento. Se probaron arquitecturas de CNN conocidas y se modificaron los parámetros de configuración de cada etapa de la red neuronal para comparar resultados. Desde el *padding*, al *stride*, tamaño y forma de filtros, métodos de análisis/síntesis, etc.

Estos sistemas, al igual que las redes neuronales tradicionales, también pueden verse como una caja negra. Y también suelen requerir una normalización de los datos de entrada, así como una limpieza previa. En este caso se normalizaron todos los archivos de prueba, tanto de contenido

como estilo a formato WAV, 16 bits mono y con frecuencia de muestreo de 44.1kHz.

Para realizar estas tareas se utilizaron los notebooks de Jupyter Python para poder desarrollar de forma interactiva, pudiendo graficar en cada paso intermedio la forma de señal, sus componentes en frecuencias con sus distintas variantes, y generar archivos de audio para poder ser escuchados y contrastados en el momento. También se implementó una librería externa para facilitar las diversas alternativas de transformaciones para el análisis/síntesis y visualización.

En cuanto a CNN, se comenzó el trabajo basándose en el citado desarrollo de Ulyanov (ver sección 2), que hace una aplicación directa del algoritmo de *style transfer* para imágenes de la publicación de Gatys [3]. Para ello, utiliza el espectrograma como entrada, pero calculándole el logaritmo de la magnitud espectral. Y reconstruye la fase con el ya mencionado algoritmo de Griffin-Lim [25]. Luego se probaron variaciones sobre la arquitectura de la red y se pusieron en práctica las transformaciones SMS para comparar resultados.

La implementación de los algoritmos se realizó utilizando el Framework TensorFlow. El cual facilita el desarrollo de arquitecturas de redes neuronales complejas. Trabaja con tensores, que no es más que una generalización del uso de vectores y matrices multidimensionales. Su lógica de trabajo se basa en armar grafos de procesamiento [33] [13].

6.1. Arquitecturas de CNN

La arquitectura es la estructura principal del algoritmo de procesamiento. Se diseña utilizando bloques básicos de construcción, las mencionadas *capas* convolucionales de Max Pooling, ReLU, Fully Connected, etc.

Para ganar *intuición* en la materia, se analizan otros casos de arquitecturas efectivas, así como para aprender a programar y escribir código fuente en un lenguaje en particular se observa código escrito por otras personas para otras aplicaciones. Ejemplos de otras arquitecturas convolucionales efectivas son: LenNet-5, AlexNet, GoogLeNet, ResNet y VGG-19 [13]. Por ejemplo, VGG es lo que usan en los papers de Gatys [3] [1].

Uno de las tendencias actuales es utilizar cada vez menos features o descriptores de los datos como entrada, una suerte de preproceso de los mismos, y alimentar las redes neuronales directamente con *raw data* (datos en crudo). La idea detrás de esto, es no condicionar el aprendizaje. En el caso de una imagen, por ejemplo, se ingresa directamente con los valores RGB de la misma, en lugar de valores calculados a partir de la imagen original o *features*. Y por lo tanto, se deja de lado lo que se conoce como Ingeniería de Features.

En este caso, una arquitectura típica para procesamiento de audio es la que se propone en la Figura 8. La entrada es

una señal de audio que contiene el estilo que se quiere aplicar a otro audio, poseedor del contenido. Luego de transformar la señal en una matriz por medio de la STFT. Una capa convolucional de 2 dimensiones, a la que se aplica un kernel o filtro, que a diferencia de lo que se ejemplificó y se utilizó en imágenes, no tiene dimensión de 3×3 , sino de 1×11 , ya que la dimensión correspondiente a la *altura* permanece en 1. El tamaño del filtro es un parámetro de la red y puede ser otro. En este caso se utiliza 11. Luego se aplican 4096 de estos filtros o kernels, todos inicializados con valores aleatorios, algo también inspirado en el paper de Gatys y la literatura en general sobre visión por computadoras, donde este tipo de técnica funciona bien como extractor de *features* o características.

Sin padding ($p = 0$) y con *stride* igual a 1. La b es del *bias*. Utilizar relleno (*padding*) implicaría mantener la dimensión de la matriz, que puede ser útil por cuestiones de borde, pero en este caso a priori no es necesario. La dimensionalidad se calcula de igual forma a la explicada anteriormente, la matriz inicial de $[1 \times 430 \times 1025]$ corresponde a 430 muestras temporales y 1025 canales de frecuencia generados por el cálculo del espectrograma. Que luego de la capa convolucional queda en tensor de $[1 \times 420 \times 4096]$ según la ecuación 1. Luego se aplica la ReLU como función de activación $\max(features, 0)$ y que determina la alinealidad, para terminar de generar las *features* del estilo. El mismo proceso se aplica entrando con la señal de audio del contenido para obtener sus *features* de la misma manera.

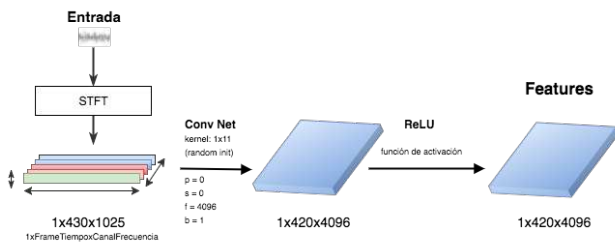


Figura 8: Arquitectura CNN para audio

La variación propuesta en este trabajo, se puede ver en la Figura 9 y consiste en generar la matriz de audio reemplazando el espectrograma que se genera con la STFT por la transformación SMS de la sección 4.2.. Quedando dimensionalmente de la forma $[MaxSinusoides, FramesTiempo, 3]$, donde *MaxSinusoides* es un parámetro de la transformación y determina cuál es el máximo de sinusoides detectables. *FramesTiempo* es similar al caso anterior con STFT, indica la ubicación temporal. Mientras que la dimensión 3

correspondiente a los canales almacena los valores de Frecuencia, Magnitud y Fase de cada sinusoide determinada por la primer coordenada.

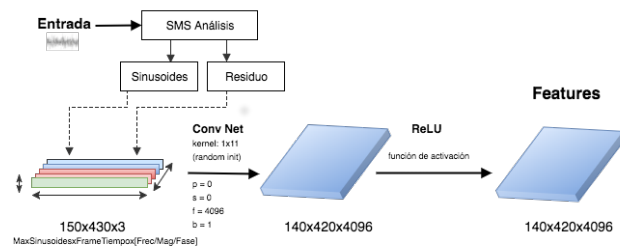


Figura 9: Arquitectura CNN con Análisis Espectral (SMS)

6.2. Implementación

El algoritmo está basado en la minimización de energía. Una vez obtenidos los *features* del contenido y el estilo, al igual que en otros algoritmos de *Deep Learning*, se procede a definir una función que represente el objetivo que se busca y minimizarla. Esto se denomina *loss*, pérdida o costo. En este caso es una manera de representar matemáticamente la transferencia de estilo, y consiste en minimizar la distancia matemática entre el *estilo* del sonido aplicado y el *estilo* del resultado generado (*costo_estilo*). Y por otro lado la distancia entre el *contenido* del sonido original y del generado (*costo_contenido*). Por lo tanto, se procede a minimizar una función del tipo:

$$costo = costo_contenido + costo_estilo \quad (4)$$

Luego se construye el grafo de la red neuronal, se genera un x de entrada con valores aleatorios, y se optimiza el mencionado costo o función de *loss*. Se setea una cantidad de iteraciones, por ejemplo 300, para optimizar este valor. Puede ser el algoritmo del gradiente descendiente Adam, o cualquier función para optimizar todos los parámetros de la red neuronal y minimizar la función de costo [3].

El armado del grafo de procesamiento de la red neuronal se implementó en TensorFlow (TF), con cuatro o dos capas, según la convención utilizada. Se repite un bloque de una unidad convolucional seguida por una de Max Pooling y la ReLU al final, como se puede ver en el código fuente de la Figura 10. Dependiendo del autor, MaxPooling puede no considerarse una capa, ya que no tiene parámetros para entrenar, aunque sí los posee para su configuración. Parámetros de configuración de la red son *FILTER_DIM* (dimensión o cantidad de valores de los filtros o kernel),

$N_MUESTRAS$ (cantidad de muestras de audio a procesar), $N_CANALES$ (determina la dimensión de la matriz de entrada), $N_FILTROS$ (la cantidad de filtros que se utilizan), $PADDING$ (si se rellena con ceros o no, en el caso ejemplificado no se usa) y $STRIDE$ (el salto, configurado en 1).

La variable $PROC_DEVICE$ es para elegir si el procesamiento se hace con la CPU o GPU (en caso de estar disponible). En el último caso, hay que tener consideraciones sobre la RAM como se detallará en las conclusiones.

```
# Inicializacion del kernel
s = STRIDE
kernel = np.random.randn( batch ,
    FILTER_DIM ,
    N_CANALES ,
    N_FILTROS )

g = tf.Graph()
with g.as_default(), g.device(PROC_DEVICE)
    tf.Session() as sess:
    # Entrada
    x = tf.placeholder('float32', [batch,1,
        N_MUESTRAS,
        N_CANALES])

    # Definicion del filtro o kernel
    kernel_tf = tf.constant(kernel, dtype='float32')

    # Capa Convocional
    conv = tf.nn.conv2d(
        x,
        kernel_tf,
        strides=[1, s, s, 1],
        padding="VALID", # sin padding
    )

    # Capa de Max Pooling
    f = 3 #window
    P1 = tf.nn.max_pool(conv,
        ksize=[1,f,f,1],
        strides=[1,s,s,1],
        padding='SAME')

    # 2da capa Convocional
    conv2 = tf.nn.conv2d(
        P1,
        kernel_tf,
        strides=[1, s, s, 1],
        padding="VALID", # sin padding
    )

    # 2da Capa de Max Pooling
    P2 = tf.nn.max_pool(conv2,
        ksize=[1,f,f,1],
        strides=[1,s,s,1],
        padding='SAME')

    # Capa ReLU (funcion de activacion)
    net = tf.nn.relu(P2)
```

Figura 10: Algoritmo red neuronal de transferencia de estilo

La función $tf.nn.conv2d$ incluida en el paquete TensorFlow realiza una convolución en dos dimensiones. Cuya entrada x queda definida en cuatro dimensiones [$batch, ALTO, ANCHO, N_CANALES$] y un grupo de filtros $W1$. Esta función convolucionada los filtros $W1$ en X .

El tercer argumento representa los strides para cada dimensión de la entrada, que para el caso del audio se representa por: posición en el batch o lote, 1 de altura, posición temporal o ancho y frecuencia o canal. Dado que el batch es 1 y para el canal se mantiene en 1, se define por $[1, s, s, 1]$, y si se usa stride $s = 1$ queda seteado como $[1, 1, 1, 1]$. También se configura como $VALID$ el padding, que como se dijo, implica que no hay rellenado con ceros o padding y que puede cambiar el tamaño de la salida (output).

7. Resultados-Discusión

Al observar el resultado como imagenes (ver Figura 11) se nota como las características de contenido y estilo se ven reflejadas en el espectrograma final. El audio se encuentra online⁵ para poder ser escuchado y comparar resultados. El mismo corresponde al ejemplo mencionado en la Figura 7.

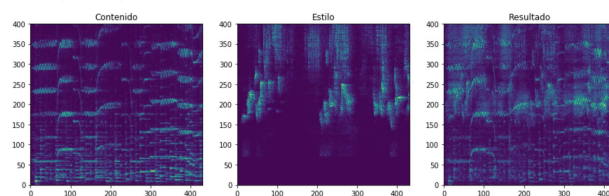


Figura 11: Contenido, estilo aplicado y resultado

Al despreciar la fase original se pierden las características finas a nivel temporal contenidas en ella, lo que se traduce en una pérdida de calidad final. En este trabajo se procesan archivos de un solo canal (mono), pero esto puede complicar la espacialización en archivos estéreo o multicanal. Así como afectar el vibrato y efectos modelables como LFO (Low Frequency Oscillation).

En las pruebas auditivas la transferencia de estilo se evidencia con una calidad aceptable en el modelo original a partir del espectrograma. En la implementación con SMS, el resultado fue dispar. Con la representación propuesta se obtuvo resultados cercanos al ruido blanco, a pesar de que se intentó con diferentes parámetros y configuraciones de red. Se probó de reducir la cantidad de filtros y su tamaño, por ejemplo inicializados en aleatorio de 3×3 y de 11×11 .

Se intentó agregando una capa de MaxPooling (down-sampling), armando la estructura típica de capa convolucional seguida por MaxPooling que suele estar presente en las arquitecturas más utilizadas para imágenes comentadas en la Sección 2, pero esto solo se tradujo una en una pérdida de definición en el resultado final. Por lo tanto, se terminó descartando y se volvió a la arquitectura que solo procesa con la capa convolucional. La única que aprende parámetros.

⁵ Disponible para escuchar en <https://soundcloud.com/hordia/choclo-estilo-transferido-piazzolla/s-hYFVB>.

MaxPooling o AvgPooling, no aprenden durante el entrenamiento, solo se configuran el tamaño y el *stride*.

Inicializando los filtros con valores aleatorios, escalados por un desvío estándar, se obtuvieron mejores resultados que definiendo filtros *detectores* de manera fija.

Otras variantes fueron diferentes valores para la constante que determina la función *loss* que se optimiza. En este caso, la mayoría de las opciones arrojaron resultados similares, siendo la diferencia en el resultado solo una cuestión estética.

Con un esquema como el de la Figura 8, pero alimentándolo solo con la parte sinusoidal de la señal obtenida con el procesamiento SMS, se obtuvieron mejores resultados. En particular cuando se utilizó una baja cantidad de sinusoides en la configuración del modelo, tomando entre 16 y 32 posibles, en lugar de las 150 iniciales. Con esto se logró concentrar la transferencia de estilo en las componentes sinusoidales y se descartó el ruido, que solo agregaba defectos. Mediante este camino se obtuvieron resultados más definidos. Incluso se probó procesar cada canal con diferente kernel. Aplicando valores aleatorios, como en el trabajo original, en algunos y en otros filtros *detectores*, pero no se logró identificar completamente su impacto.

El valor de *final.Loss* obtenido sirvió de referencia para el resultado, esperando que si se había logrado analíticamente una mejor minimización, es decir más cercana a cero, se esperaría un mejor resultado final. Aunque como se dijo, en este aspecto también intervienen cuestiones subjetivas.

También se probó con la transformación de Mel-Spectrum y un algoritmo de reconstrucción, el cuál funcionó, pero la calidad final fue muy baja. Es decir, el audio queda reconocible, pero muy deteriorado.

Las pruebas en general se dificultaron debido a que el procesamiento se extendía por un largo periodo, consumiendo todos los recursos de procesamiento y memoria disponibles en la computadora de trabajo. Se modificó la cantidad de iteraciones del algoritmo, y se realizaron diferentes configuraciones de memoria virtual en los discos de estado sólido, de mayor velocidad de lectura/escritura.

La aplicación de estilo en los casos de prueba se vio mejorada en su velocidad de procesamiento notablemente cuando se actualizó la versión de TensorFlow de la 1.4 a la 1.9 actualmente en desarrollo y con releases nocturnas, es decir la última versión compilada por el proyecto en el momento de la redacción de este trabajo.

Otras opciones que se investigaron fueron las siguientes:

- Compilar TensorFlow con soporte para los flags soportados en los CPU disponibles (AVX2, FMA, SSE, etc)
- Investigar la posibilidad e incorporar una GPU externa o utilizar un dispositivo dedicado (embebido)
- Trabajar con muestras de audio aún más cortas, en las

pruebas para reducir las matrices y el costo computacional. Lo mismo para el kernel de los filtros.

- Modificación del algoritmo, utilizando placeholders TF.
- Configurar restricciones de memoria y cpu con el `ulimit` para no bloquear la máquina.

En general, tomando filtros kernel de más tamaño, estos impactaron más directamente en el resultado, aplicando más estilo. Aunque por otra parte también se notó que pueden generar *artifacts*, o un efecto similar a cuando se comprime audio con bajo bitrate, que en la jerga se conoce como *warbling*. Algo que se percibe como una distorsión modulada y por lo tanto como baja calidad final.

Los ejemplos de este trabajo se corrieron en un Intel i7-7700 CPU 3.60GHz, 16 GB de RAM y 8 núcleos, pero sin GPU. Lo cuál arroja para la versión 1.4 de TF que para procesar 3 segundos, se demora aproximadamente 45 minutos. Las pruebas con el kit NVIDIA Jetson TX1 embebido, que cuenta con un procesador ARM y una GPU de 256 CUDA cores tardan un tiempo similar. Aquí el problema resultó los escasos 4GB de RAM necesarios para el entrenamiento, por lo cuál se debió recurrir a memoria virtual en un disco de estado sólido externo.

8. Conclusión y trabajo futuro

Debido al costo computacional, y la necesidad de ajustar parámetros de la red para cada ejemplo, se trata de un método que está lejos de ser un método automático y que pueda correr en tiempo real. Para poner en contexto y tener un punto de comparación, el reciente trabajo de Facebook [15]. Reporta que usó durante 6 días 100 GPU's Tesla V100 (5120 CUDAS cores) y cada una de ellas promete el funcionamiento equivalente a 100 CPU's^{6 7}.

La necesidad de RAM disponible para la etapa de entrenamiento de la red neuronal es una de las características del uso de arquitecturas CNN [13]. Y la falta de la misma, puede limitar la extensión de los audios sobre los que se aplican estas técnicas.

También es interesante indagar en el aprendizaje artificial generado, para comprender como los seres humanos generamos este tipo de conocimiento. Lo cual puede tener aplicaciones en otras áreas. La principal contra radica en que cualquier experimento o uso del *Deep Learning*, requiere de mucha infraestructura disponible, recursos de hard-

⁶ "Facebook researchers use AI to turn whistles into orchestral music, and power other musical translations" <https://research.fb.com/facebook-researchers-use-ai-to-turn-whistles-into-orchestral-music-and-power-other-musical-translations/>.

⁷ NVIDIA TESLA V100 <https://www.nvidia.com/en-us/data-center/tesla-v100/>.

ware o tiempo disponible para esperar a que concluyan los procesos, tanto de aprendizaje como de ejecución final.

Al entrenar con más de un archivo de audio por estilo. El tiempo de procesamiento se incrementa exponencialmente, pero la diferencia de resultado es mucho más pequeña. O sea, para lograr una pequeña mejora, hay que hacer un gran esfuerzo. En cuanto a hardware, es conveniente contar con placas de video GPU CUDA compatible, para acelerar el proceso. Incluso armar un rack con varias de ellas.

Al tratarse de aprendizaje automático y contar con muchas capas intermedias, es muy difícil conocer cómo está realmente aprendiendo el sistema, y es muy probable que se termine utilizando como una caja negra, de la que no se puede conocer del todo su comportamiento, es decir, como va a reaccionar, qué salida va a producir ante determinada entrada.

El estado por el momento es muy experimental y de nicho, pero abre la puerta a futuras investigaciones basadas en esta experiencia.

8.1. Trabajo futuro

Queda pendiente utilizar varios archivos de audio para modelar el estilo, como se hace con el style transfer de imágenes. En el presente trabajo, aunque se hicieron algunas pruebas en otro sentido, en general solo se toma una muestra de audio para extraer features del estilo, pero se podrían tomar varios extractos de diferentes canciones de un mismo autor y evaluar resultados.

Probar variaciones en el tempo o BPM del estilo, evaluando como afecta transformar primero esta propiedad en el mismo, ajustandola al contenido.

En cuanto a arquitecturas de *Deep Learning*, quedan por explorar las posibilidades de utilizar GAN (Generative Adversarial Networks) donde se utilizan dos redes, una que trata de discriminar evaluando si lo que genera la otra tratando de engañar al modelo es original y en base a eso a podría aprender sobre su estilo tal como lo hace un crítico de arte [34] [35]. Y por otro lado, resta evaluar las técnicas neuronales de autoencoders [36], de los citados trabajos del neural synth de Google Magenta y el más reciente de Facebook [15].

Proponer métricas para poder caracterizar el estilo con valores numéricos y así poder evaluar los resultados con cierta objetividad. Una posibilidad es utilizar descriptores o features provenientes del Music Information Retrieval (MIR) como centroide espectral (directamente asociado al timbre), el pitch salience (asociado a sonidos percusivos), evaluar el contenido de alta o baja frecuencia o la complejidad armónica entre otros posibles valores calculables [2].

También queda pendiente una mejor *validación cruzada* entre varias implementaciones para encontrar los *mejores* parámetros para la red neuronal.

Entre las aplicaciones posibles, una interesante, podría ser la de una aplicación móvil de entrenamiento, similar a la comentada de los filtros de Prisma, pero aplicando transferencias de estilo al audio con fines meramente para el divertimento del usuario.

Cabe destacar, que la próxima generación de celulares contará con chips dedicados para Machine Learning y redes neuronales, denominados TPU (Tensor Process Unit), similares a las unidades de proceso gráficas como GPU, también disponibles en Cloud ^{8 9 10}.

Otras aplicaciones incluyen utilizarlo como efectos para instrumentos, por ejemplo una guitarra, reemplazando otras técnicas para modelar amplificadores o procesamientos específicos. Incluso, a futuro, de lograr una implementación de tiempo real, se podría emular el sonido de tal o cuál guitarrista reconocido. De esto se desprende la necesidad de optimizar el algoritmo para reducir su tiempo de procesamiento. Otro objetivo podría ser evaluar como se comporta el *style transfer* con voces, investigar como atacar los formantes, si procesarlos por separado con SMS o no. Este es un tema que puede traer aparejado cuestiones éticas a considerar. Porque de lograrlo con alta calidad, fácilmente se podrían generar audios falsos de personas influyentes, que podría causar confusiones en la población, o más grave aún, problemas políticos.

Referencias

- [1] Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, and Matthias Bethge, "A Neural Algorithm of Artistic Style," p. 16, aug 2015.
- [2] Alexander Lerch, *An introduction to audio content analysis: Applications in signal processing and music informatics*, IEEE PRESS, 2012.
- [3] Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, and Matthias Bethge, "Texture Synthesis Using Convolutional Neural Networks," may 2015.
- [4] Karen Simonyan and Andrew Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition," sep 2014.
- [5] Dollner Jurgen Semmo Ammir, Isenber Tobias, "Neural Style Transfer: A Paradigm Shift for Image-based Artistic Rendering," 2017.

⁸ Cloud TPU disponible en <https://cloud.google.com/tpu/>.

⁹ TensorFlow Lite disponible en <https://www.infoq.com/news/2017/05/google-tensorflow-lite>.

¹⁰ "Your next phone may have an ARM machine learning processor" disponible en <https://techcrunch.com/2018/02/13/your-next-phone-may-have-an-arm-machine-learning-processor/>.

- [6] Manuel Ruder, Alexey Dosovitskiy, and Thomas Brox, “Artistic style transfer for videos and spherical images,” aug 2017.
- [7] Prutha Date, Ashwinkumar Ganesan, and Tim Oates, “Fashioning with Networks: Neural Style Transfer to Design Clothes,” jul 2017.
- [8] Dmitry Ulyanov, Andrea Vedaldi, and Victor Lempitsky, “Deep image prior,” 2017.
- [9] Rebecca Fiebrink and Perry R. Cook, “The Wekinator: A System for Real-time, Interactive Machine Learning in Music,” Tech. Rep., 2010.
- [10] Ordiales Hernán and Gabriel M Barrera, “Aproximación de Big Data a las Colecciones Musicales,” *5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información*, pp. 675–683, 2017.
- [11] Prateek Verma and Julius O Smith, “Neural Style Transfer for Audio Spectrograms,” .
- [12] Parag K Mital Kadenze, “Time Domain Neural Audio Style Transfer,” .
- [13] Aurélien Géron, “Hands-on machine learning with scikit-learn and tensorflow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems,” 2017.
- [14] Jesse Engel, Cinjon Resnick, Adam Roberts, Sander Dieleman, Douglas Eck, Karen Simonyan, and Mohammad Norouzi, “Neural Audio Synthesis of Musical Notes with WaveNet Autoencoders,” apr 2017.
- [15] Noam Mor, Lior Wolf, Adam Polyak, and Yaniv Taigman, “A universal music translation network,” *arXiv preprint arXiv:1805.07848*, 2018.
- [16] Gareth Loy, *Musimathics: the mathematical foundations of music*, vol. 1, MIT press, 2011.
- [17] Nils J. Nilsson, Roque. Marin Morales, Jose Tomas. Palma Mendez, Enrique. Paniagua Aris, and Sebastian Dormido Bencomo, *Inteligencia artificial : una nueva síntesis*, McGraw-Hill Interamericana, 2001.
- [18] Yonghui Wu, Mike Schuster, Zhifeng Chen, Quoc V. Le, Mohammad Norouzi, Wolfgang Macherey, Maxim Krikun, Yuan Cao, Qin Gao, Klaus Macherey, Jeff Klingner, Apurva Shah, Melvin Johnson, Xiaobing Liu, Łukasz Kaiser, Stephan Gouws, Yoshikiyo Kato, Taku Kudo, Hideto Kazawa, Keith Stevens, George Kurian, Nishant Patil, Wei Wang, Cliff Young, Jason Smith, Jason Riesa, Alex Rudnick, Oriol Vinyals, Greg Corrado, Macduff Hughes, and Jeffrey Dean, “Google’s Neural Machine Translation System: Bridging the Gap between Human and Machine Translation,” sep 2016.
- [19] Yann LeCun, Léon Bottou, Yoshua Bengio, and Patrick Haffner, “Gradient-based learning applied to document recognition,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.
- [20] Udo. Zolzer, *DAFX : digital audio effects*, Wiley, 2011.
- [21] Oppenheim A. and Schaffer R., *Discrete-time Signal Processing*, Prentice Hall, 2da ed edition, 1999.
- [22] Julius O Smith and Xavier Serra, *PARSHL: An analysis/synthesis program for non-harmonic sounds based on a sinusoidal representation*, CCRMA, Department of Music, Stanford University, 1987.
- [23] Paul Adrien Maurice Dirac, *The principles of quantum mechanics*, Number 27. Oxford university press, 1981.
- [24] R Loy and J Chowning, “Musimathics: The Mathematical Foundations of Music (Volume 2),” *AMC*, vol. 10, pp. 12, 2006.
- [25] Daniel Griffin and Jae Lim, “Signal estimation from modified short-time fourier transform,” *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 32, no. 2, pp. 236–243, 1984.
- [26] Jordi Bonada, Alex Loscos, Pedro Cano, Xavier Serra, and Hideki Kenmochi, “Spectral Approach to the Modeling of the Singing Voice,” .
- [27] Heiko Purnhagen and Nikolaus Meine, “HILN-the MPEG-4 parametric audio coding tools,” in *Circuits and Systems, 2000. Proceedings. ISCAS 2000 Geneva. The 2000 IEEE International Symposium on. IEEE*, 2000, vol. 3, pp. 201–204.
- [28] Xavier Serra, Xavier Serra, and Xavier Serra Ph. D, “A System for Sound Analysis/Transformation/Synthesis Based on a Deterministic Plus Stochastic Decomposition,” 1989.
- [29] Donald Preziosi, *The art of art history: a critical anthology*, Oxford History of Art, 2009.
- [30] Francois Chollet, *Deep learning with python*, Manning Publications Co., 2017.
- [31] Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, and Matthias Bethge, “Texture Synthesis Using Convolutional Neural Networks,” may 2015.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [32] Nicolas Saint-Arnaud and Kris Popat, “Analysis and Synthesis of Sound Textures,” 1998.
- [33] Martín Abadi, Paul Barham, Jianmin Chen, Zhifeng Chen, Andy Davis, Jeffrey Dean, Matthieu Devin, Sanjay Ghemawat, Geoffrey Irving, Michael Isard, Manjunath Kudlur, Josh Levenberg, Rajat Monga, Sherry Moore, Derek G Murray, Benoit Steiner, Paul Tucker, Vijay Vasudevan, Pete Warden, Martin Wicke, Yuan Yu, Xiaoqiang Zheng, and Google Brain, “TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning,” in *12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI '16)*, 2016, pp. 265–284.
- [34] Ian J Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, and Yoshua Bengio, “Generative Adversarial Nets,” .
- [35] Chris Donahue, Julian McAuley, and Miller Puckette, “Synthesizing Audio with Generative Adversarial Networks,” .
- [36] Joseph Colonel, Christopher Curro, and Sam Keene, “Improving Neural Net Autoencoders for Music Synthesis,” 2017.

Sistema de Estimación de Peso en vehículos de carga

Gabriel Ureta
Facultad de Ingeniería,
Universidad de Palermo,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
uretag@gmail.com

Gabriel M. Barrera
Facultad de Ingeniería,
Universidad de Palermo,
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
gbarre4@palermo.edu

Abstract

A nivel mundial, los vehículos con sobrecarga traen serios inconvenientes: accidentes, daños en las rutas y altas multas al transportista. Muchas veces esta sobrecarga se debe a no contar con una báscula que permita saber el peso del vehículo, ya que la misma tiene un alto costo. En respuesta a ésta problemática es que surge el siguiente trabajo de investigación, donde se desarrolla un sistema de estimación de peso para vehículos de carga a muy bajo costo, aplicando como base la Ley de Hook sobre la diferencia de distancia que se genera en la suspensión de un vehículo al estar cargado, calculando la misma a través de sensores en la plataforma Arduino, la cual permitió desarrollar un prototipo y demostrar en funcionamiento el sistema de estimación de peso.

1. Introducción

Los vehículos de carga que exceden los límites de pesos permitidos generan grandes inconvenientes, si bien hay estudios que desde 1949[1] demuestran el impacto del exceso de carga, actualmente sigue ocurriendo. En Argentina, la Ley N° 24.449[2], la cual regula los vehículos de transporte, tiene como objetivo el desarrollo y la seguridad de la circulación en rutas, pero los transportistas siguen circulando con vehículos sobrecargados sin ser conscientes de los impactos que esto genera, entre los cuales están:

- El riesgo de vida que implica llevar sobrecarga; los camiones están preparados para que puedan acelerar, frenar y maniobrar con hasta un determinado peso, superado el mismo no se puede asegurar que el camión frene, acelere o maniobre como es esperado. Por ejemplo, la especificación en camiones de carga de Mercedes Benz Actros[3], indica que sus ejes traseros no pueden superar los 13000 kilos de carga.

Según un informe de la asociación civil Luchemos por la Vida[4], en el 21 % de las causas de mortalidad en tránsito, están involucrados los vehículos de carga.

- Altas multas que el transportista tiene que abonar; en caso que un control vial encuentre que un vehículo está excedido en el pesaje permitido para circular, se le puede aplicar una multa, la cual puede ir desde los \$2500 a los \$143000, según lo define el artículo 57 de la Ley N° 24.449 del Ministerio de Transporte, actualizada con el Decreto 32/2018[5]. Se pueden encontrar controles fijos en rutas nacionales y provinciales, y a su vez controles sorpresa utilizando básculas móviles.
- El impacto en caminos y rutas; un estudio de la Universidad de Costa Rica[6] demuestra que una de las principales razones por las cuales las carreteras se deterioran en forma prematura, es el tránsito de vehículos con sobrecarga.

Un artículo publicado por VIAL[7] demuestra que un pavimento en el cuál circula tránsito normal, sin sobrecarga, está preparado para durar 10 años, en cambio al hacer que transiten vehículos con un exceso de tan solo el 15 %, la duración del mismo se reduce a la mitad, es decir a 5 años, y cuando el exceso es del 50 %, la duración del pavimento es de tan solo el 20 %, es decir a 2 años, como se observa en la figura 1.

La problemática se presenta cuando los transportistas cargan la mercancía, en la mayoría de los casos no cuentan con una báscula para saber si el peso del camión está dentro de los límites permitidos, ya que éstas son muy costosas. Según un presupuesto enviado por la firma Basculas Magnino[8], una báscula para camiones de carga tiene un precio estimado de U\$S 35.000.

Lo que habitualmente un chofer hace para saber si su vehículo esta sobrecargado, es observar la diferencia que se

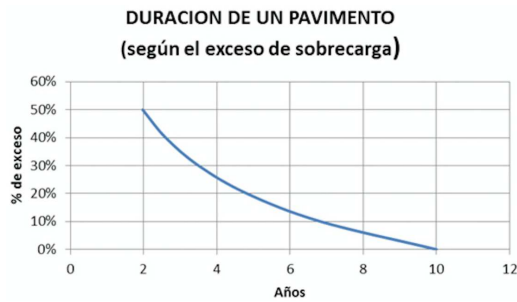


Figura 1. Impacto de la sobrecarga en el asfalto

genera entre el chasis y el piso para estimar la carga.

En este trabajo se desarrolla una solución para esta problemática, la cual permite estimar el peso de los vehículos de carga a muy bajo costo.

El sistema de estimación de peso (SEP) utiliza sensores de distancia de alta precisión ubicados en la suspensión del camión, los cuales a través de la diferencia de distancia que se genera en la suspensión de un camión con o sin carga, estima el peso del mismo.

El paper está organizado de la siguiente forma: Desarrollo, Tecnología Utilizada, Implantación del sistema final, y Conclusiones.

2. Desarrollo

El sistema de estimación de peso (SEP), no solo podrá evitar multas o demoras en controles viales, sino que también ayudará a mantener las rutas en buen estado, tener un manejo más seguro y una buena eficiencia del vehículo de transporte.

Basándonos en los estudios realizados en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona[9], y en el Instituto Tecnológico de Celaya en México[10], se puede afirmar que todo vehículo cuando está cargado, sufre una diferencia de altura entre el chasis y el piso por el propio peso de la mercancía cargada, y cuanto mayor sea esta carga, mayor será la diferencia. En base a esa diferencia es que se comenzó a trabajar en un método para poder estimar el peso del vehículo.

2.1. Método de estimación de peso.

Para poder calcular el peso en un vehículo de carga, se utilizó la ley de elasticidad de Hook o Ley de Hook[11], originalmente formulada para casos de estiramiento longitudinal, la misma establece que el alargamiento unitario que

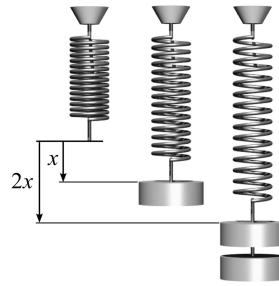


Figura 2. Principio de la ley de Hook

experimenta un material elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre el mismo.

Como se observa en la figura 2, si el muelle se estira o se comprime una pequeña distancia X respecto de su estado de equilibrio, no deformado, la fuerza que hay que ejercer es proporcional a X .

La Ley de Hook establece la siguiente relación:

$$F = K * (x - x_0)$$

Donde:

F Módulo de la fuerza que se aplica sobre el muelle.

K Constante elástica del muelle, que relaciona fuerza y alargamiento.

x_0 Longitud del muelle sin aplicar la fuerza.

x Longitud del muelle con la fuerza aplicada.

Tener en cuenta que cuanto mayor es el valor de K , más trabajo costará estirar el muelle. El valor de K siempre depende del muelle, de tal forma que cada uno tendrá la suya propia.

La misma ley se aplica sobre el sistema de ballestas semielípticas, tal como demuestra un estudio de la Universidad del Azuay[12].

Un estudio de Ingemecánica[13] detalla cómo es el principio del funcionamiento de una ballesta en la suspensión de un vehículo; como se observa en la figura 3, cuando se ejerce una fuerza sobre la suspensión del vehículo, disminuye la distancia entre el centro de la ballesta y el chasis del mismo.

Tomando como base la Ley de Hook podemos establecer la siguiente fórmula para nuestro Sistema de Estimación de Peso:

$$P = K * (x_t - x) + T$$

Donde:

P Peso total que se aplicará sobre la báscula.

K Constante elástica del muelle, que relaciona fuerza y

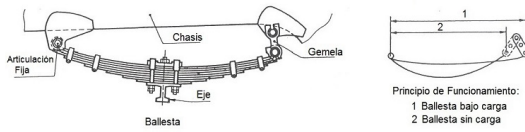


Figura 3. Principio del funcionamiento de una ballesta en la suspensión de un vehículo.

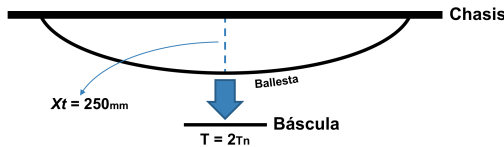


Figura 4. Medicin de la Tara.

alargamiento.

x_t Longitud del muelle al chasis sin aplicar peso, llamado "medida tara".

x Longitud del muelle al chasis con el vehículo con peso.

T Peso en la báscula con el vehículo sin carga, llamado "peso tara".

En el Sistema de Estimación de Peso, se utilizan las mediciones de las dos ballestas que interactúan en un mismo sistema de ejes de un vehículo, ya que la medición del peso es por cada eje del vehículo.

2.2. Toma de mediciones

Siempre es necesario tomar un primer punto de medición sin carga en el vehículo, de esta forma se obtiene la distancia inicial entre: la suspensión, la ballesta semi-elíptica, el chasis (x_0), y un peso inicial, a esta medición se la conoce como "Tara" de un vehículo, la cual nos indica el peso del vehículo sin cargamento.

En la figura 4. se observa como ejemplo la medición de la Tara, en donde el peso de uno de los ejes del vehículo es de 2 toneladas (P), y la distancia del chasis a la suspensión, o al centro de la ballesta, (x_0) es de 250 milímetros.

Luego con el vehículo cargado se podrá tomar otra medición, de esta forma es posible obtener el valor de K . Siguiendo con el ejemplo anterior en la figura 5, se observa que el peso total (P) es de 8 Toneladas, y la distancia del chasis al centro de la ballesta ahora es de 150 milímetros (x).

Reemplazando estos valores en la fórmula del sistema de estimación de peso, podemos obtener K .

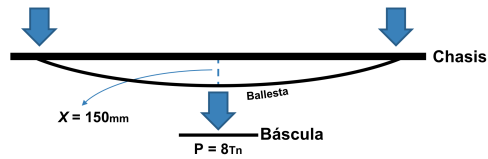


Figura 5. Primer medida, estimacin de K.

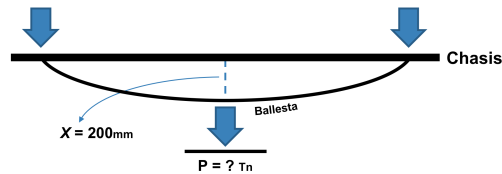


Figura 6. Estimacin de peso.

$$8Tn = K * (250mm - 150mm) + 2Tn$$

Obtenemos el valor de K :

$$K = 0,06Tn/mm$$

Con este valor de K (constante elástica de la ballesta) en las siguientes mediciones, podemos obtener en base a la diferencia de la distancia del chasis y la ballesta ($x_0 - x$), el peso del vehículo.

Siguiendo con el ejemplo anterior, si tenemos el vehículo con un cargamento del cuál desconocemos su peso pero sabemos la distancia del chasis al centro de la ballesta, y tenemos el valor de K , entonces podemos estimar el peso en ese eje. Como se observa en la figura 6, donde:

$$x_0 = 250mm \text{ (Tara del vehículo)}$$

$$T = 2Tn \text{ (Tara del vehículo)}$$

$$K = 0,06Tn/mm$$

$$x = 200mm$$

Con estos datos podemos obtener el peso (P), reemplazando en la fórmula del sistema de estimación de peso:

$$P = 0,06Tn/mm * (250mm - 150mm) + 2Tn$$

Obtenemos el peso total en ese eje (P):

$$P = 5Tn$$

Como pudimos demostrar, teniendo el valor de K podemos estimar el peso en el eje del vehículo en sucesivas mediciones.

Hay que tener en cuenta, que en el valor de la constante elástica de la ballesta (K) intervienen muchos factores,

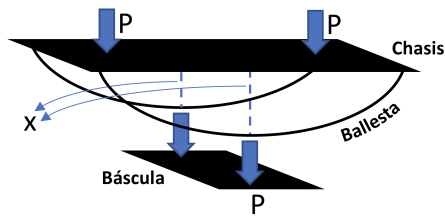


Figura 7. Estimación de peso.

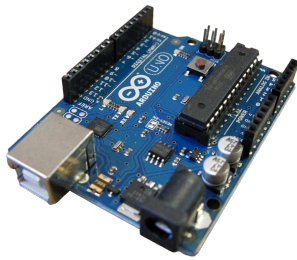


Figura 8. Placa central de Arduino UNO.

como ser: la longitud de la ballesta, la cantidad de hojas, el espesor y la calidad del material; por lo cual se considera que el valor de K es estimado, y con las sucesivas tomas de peso a través de una báscula y su ingreso en el Sistema de Estimación de Peso (SEP), se podrá obtener un valor más preciso de K , el cual será calculado en base al promedio de los valores ingresados.

El peso de un vehículo de transporte, como un camión, es medido por una báscula la cuál toma su peso por eje, dado que en las regulaciones actuales, los límites para circular son por cada eje del vehículo, Ley N° 24.449[2]. En el Sistema de Estimación de Peso (SEP), el cálculo del mismo será por cada eje del camión, pudiendo estimar también el peso total del vehículo y su carga, pero para ello se utilizará la información que se obtenga de la diferencia entre el chasis y las ballestas ubicadas en sus ejes, como se observa en la figura 7.

3. Tecnología utilizada

Para el desarrollo del prototipo del Sistema de Estimación de Peso (SEP), se utiliza la plataforma tecnológica de Arduino. En la figura 8 se puede observar la placa principal de Arduino UNO, la cuál se utiliza para el desarrollo del mismo. En este trabajo se plantea la necesidad de saber con exactitud, en un determinado momento, la distancia que hay entre el chasis del vehículo y la suspensión, para lo cual se

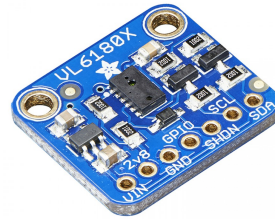


Figura 9. Sensor infrarrojo Iser VL6180X.

emplean sensores de distancia que actualmente son utilizados con este tipo de tecnología, como por ejemplo describe Óscar Torrente Artero en su libro Arduino[14].

3.1. Sensores

Este tipo de tecnología ofrece principalmente dos tipos de sensores de distancia:

1. Sensor de ultrasonido: Como el HC-SR04, en el cual su funcionamiento se basa en el envío de un pulso de alta frecuencia, no audible por el ser humano. Este pulso rebota en los objetos cercanos y es reflejado hacia el sensor, que dispone de un micrófono adecuado para esa frecuencia. Los sensores de ultrasonidos son sensores baratos y sencillos de usar. El rango de medición teórico es de 2cm a 400 cm, con una resolución de 0.3cm. En la práctica, sin embargo, el rango de medición real es mucho más limitado, en torno a 20cm a 2 metros. Los sensores de ultrasonidos son sensores de baja precisión. La orientación de la superficie a medir puede provocar que la onda se refleje, falseando la medición. Además, no resultan adecuados en entornos con gran número de objetos, dado que el sonido rebota en las superficies generando ecos y falsas mediciones, tampoco son apropiados para el funcionamiento en el exterior y al aire libre.
2. Sensor de distancia infrarrojo láser: Como el VL6180X, el cual se observa en la figura 9, tiene una precisión superior que los sensores de ultrasonidos e infrarrojos, y no se ve alterado por las condiciones del ambiente como los ecos o la reflectancia de los objetos. Su funcionamiento consiste en enviar un pulso láser de luz infrarroja y medir el tiempo necesario en el haz en volver al sensor.

El integrado incorpora un emisor laser 940nm VCSEL (Vertical Cavity Surface-Emitting Laser), un detector SPAD (Single Photon Avalanche Diodes) y la electrónica interna (denominada FlightSense™) que realiza los cálculos necesarios.

El rango de medición depende de las condiciones del entorno (interior, o exterior), de las características del objetivo y del modo de funcionamiento. En general tiene un rango de 5mm a 200mm.



Figura 10. Ubicación del sensor.

Considerando que en el Sistema de Estimación de Peso es necesario calcular la variación de la suspensión del vehículo, la cuál puede variar de 20cm a 5cm, se decidió utilizar el sensor de distancia infrarrojo láser, como el VL6180X, el cuál ha sido empleado en trabajos similares[15].

3.2. Conexin

La conexión al sistema y aplicación, la cuál realiza la estimación del peso, se puede hacer desde cualquier dispositivo móvil o computadora vía Wi-Fi, para esto se le incorporó al Arduino UNO una placa Wi-Fi Esp8266 Lua V3 Gpio Pwm I2c.

3.3. Energa

La mayoría de los vehículos de carga trabajan con 24 voltios, la tecnología utilizada en el prototipo se podría adaptar fácilmente a este voltaje, pero dado que es necesaria la utilización de muy poca energía para poder estimar el peso, se decidió emplear una batería recargable de 9 voltios.

3.4. Encapsulado

Para el encapsulado de la placa principal del prototipo, se utiliza un gabinete hermético que protege al mismo de la suciedad, la humedad y la temperatura. Se debe tener en cuenta que el prototipo se utiliza con el vehículo detenido, y únicamente se coloca para los tests de medición.

En caso que en un futuro se fijen los sensores y placa principal al vehículo, se debe realizar un análisis de su correcto encapsulado, ya que debería de poder soportar las desfavorables condiciones, como: el agua, el barro, y las altas/bajas temperaturas. Dicho análisis no forma parte de este trabajo.

3.5. Ubicacin

La ubicación del sensor de distancia será arriba del centro de la ballesta semielíptica que tenga la suspensión del

vehículo, conjuntamente con el sensor, se ubica la placa principal de Arduino UNO con el resto de los componentes, placa Wi-Fi y batería 9 de voltios, como se puede observar en la figura 10.

4. Implantación del sistema final

Será necesario considerar los siguientes puntos para la implantación del sistema final, ya que en este trabajo sólo se tuvieron en cuenta los necesarios para la creación del prototipo.

- **Conexión:** Es necesario evaluar el tipo de conexión entre la placa principal y la aplicación, ya que según la ubicación de la misma se utilizará bluetooth o wi-fi.
- **Energía:** Será necesario adaptar la placa principal a los 24 voltios que utilizan los vehículos de carga.
- **Encapsulado:** Tanto el encapsulado de la placa principal como el de los sensores, tendrán que protegerlos del agua, la humedad, y así también de las bajas y altas temperaturas.
- **Ubicación:** Se tendrá que tener en cuenta para la ubicación de la placa principal, la distancia a la cabina del conductor, como un lugar en donde quede protegido de las condiciones climáticas inocuas, como también del vandalismo.
- **Aplicación:** Se considera que lo recomendable es un tipo de aplicación móvil, permitiendo al conductor acceder a los datos desde el interior o exterior del vehículo.

- **Software:** Evaluar el mejor lenguaje de programación y arquitectura a utilizar según el alcance que se le quiera dar al sistema.
- **Seguridad de la aplicación:** Si bien la aplicación no contendrá datos sensibles o críticos, es necesario pensar un esquema de seguridad que garantice la integridad, la confidencialidad y la disponibilidad de los datos.
- **Persistencia de datos:** Se cree recomendable que los datos tienen que persistir en la aplicación del usuario, utilizando solo el módulo principal del sistema para tomar la medida.

5. Conclusiones

La sobrecarga en vehículos de transporte trae grandes problemas, no solo a los dueños de los vehículos de carga sino a quienes circulan por las rutas.

Se construyó un prototipo en Arduino UNO utilizando un sensor de distancia y una aplicación JAVA para demostrar y probar el funcionamiento del sistema.

Tomando como base la Ley de Hook y utilizando la diferencia de distancia que se genera en la suspensión de un vehículo al estar cargado, se desarrolló un sistema de estimación de peso, con el cual se puede prevenir accidentes, daños en las rutas y altas multas.

Teniendo en cuenta que el desarrollo y la tecnología utilizada para el sistema de estimación de peso es de muy bajo costo, permite que la misma sea fácil y rápidamente implantada en todos los vehículos de carga.

En trabajos futuros se puede tener en cuenta que con este tipo de tecnología se puede dar mayor seguridad al cargamento transportado en vehículos de carga, pudiendo tener:

- Control de Temperatura.
- Control de Humedad.
- Control de apertura de puertas.
- Control de variación del peso del vehículo.
- Control de la exposición a los rayos solares.

Referencias

- [1] V. F. J. Antonio and V. C. L. Fernando, "Acuerdo centroamericano sobre circulación por carreteras, en materia de pesos y dimensiones, analisis."
- [2] Ley de transito n 24.449. [Online]. Available: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/818/texact.htm>
- [3] Especificaciones de mercedes benz actros. [Online]. Available: <http://www.mercedes-benz.com.ar>
- [4] Estudio sobre choferes profesionales involucrados en accidentes con víctimas mortales. [Online]. Available: <http://www.luchemos.org.ar/es/investigaciones/estudio-sobre-choferes-profesionales-involucrados-en-accidentes-con-victimas-mortales>
- [5] Ministerio de transporte: Decreto 32/2018 - modificación: Decreto n 779/1995. [Online]. Available: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305742/norma.htm>
- [6] G. Badilla-Vargas, "La importancia del control de cargas vehiculares en la vida útil de nuestras carreteras," 2009.
- [7] Control de cargas en las rutas. [Online]. Available: <http://revistavial.com/control-de-cargas/>
- [8] Basculas magnino. [Online]. Available: www.basculasmagnino.com.ar
- [9] A. Montenegro Bernuy, "Construcción de una máquina para medir las características de los muelles," B.S. thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, 2017.
- [10] A. V. Lesso, D. P. Figueroa, G. R. Mancera, and J. J. M. Nolasco, "Modelado y simulación de muelle de ballestas."
- [11] A. SANGER, ""las fuerzas y su medición": Ley de hooke," 2007.
- [12] E. G. Arteaga Sánchez and D. E. Alvarez Coronel, "Guía para la sustitución de suspensión de ballestas por neumática en vehículos de carga liviana," B.S. thesis, Universidad del Azuay, 2015.
- [13] Sistema de suspensión en los vehículos. [Online]. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- [14] Ó. T. Artero, *Arduino: curso práctico de formación*. RC Libros, 2013.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [15] J. C. Hebden, R. Shah, and D. Chitnis, "Probe for evaluating the absorbing and transport scattering properties of turbid fluids using low-cost time-of-flight technology," *Journal of biomedical optics*, vol. 22, no. 5, p. 055009, 2017.

Mapas autoorganizados para el descubrimiento de patrones fisiológicos de ventilación pulmonar

Gustavo J. Meschino^{1,2}, Gerardo Tusman³, Lucía I. Passoni¹

¹ Laboratorio de Bioingeniería, Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en Electrónica (ICYTE), Juan B. Justo 4302, gustavo.meschino@gmail.com

² Grupo de Investigación en Informática y Salud, Universidad FASTA, Gascón 3145.

³ Hospital Privado de Comunidad, Córdoba 4545, Mar del Plata, Argentina.

Abstract

El objetivo de este trabajo es el descubrimiento de patrones de interés clínico en datos recogidos durante la ejecución de una maniobra de reclutamiento alveolar, frecuente durante la práctica quirúrgica, mediante la utilización de Mapas Autoorganizados. Los datos se obtuvieron en la ejecución de un protocolo experimental realizado en animales, se adquirieron y registraron datos de 21 variables respiratorias. Se obtuvieron datos en tiempo real de presión parcial de gases en sangre, espacio muerto alveolar, mecánica pulmonar y hemodinamia. El protocolo se complementó con la obtención de imágenes de Tomografía Computada. El análisis del Mapa Autoorganizado entrenado con los datos registrados descubrió relaciones de interés entre variables que aportaron evidencia a favor de hipótesis propuestas por los expertos de campo, anestesiólogos dedicados a la investigación clínica. La visualización multivariable y el análisis cuantitativo de los resultados permitieron la descripción integral del complejo fenómeno de reclutamiento alveolar, ayudando en la determinación del nivel de variables críticas, como la presión al final de la espiración óptima a aplicar luego de un reclutamiento.

Palabras claves: Redes neuronales. Mapas Autoorganizados. Descubrimiento de patrones de interés. Ventilación pulmonar.

1. Introducción

Los Mapas Autoorganizados (SOM, *Self Organizing Maps*) son un conocido tipo de Red Neuronal; constituyen una herramienta poderosa para el análisis visual de datos que presentan gran cantidad de variables. Los SOM efectúan un mapeo de los datos multidimensionales en un arreglo de neuronas, generalmente bidimensional. Una vez que puede asegurarse que el SOM ha sido correctamente entrenado,

diversas visualizaciones de los datos internos permiten descubrir agrupamientos de los datos, observar correlaciones de las variables y reconocer patrones. Han mostrado ser una herramienta invaluable en aplicaciones exploratorias de gran cantidad de datos [1-6], constituyendo una alternativa que complementa los métodos estadísticos tradicionales.

En este trabajo se presenta un caso de estudio en el que se evalúa la eficacia del análisis de datos realizado con un SOM como herramienta principal. Se efectuó un análisis del complejo proceso de colapso-reclutamiento alveolar en pulmones enfermos. El colapso alveolar es una consecuencia patológica que consiste en la pérdida de aire dentro del pulmón. La misma se puede observar en pulmones sanos durante la anestesia o en la lesión pulmonar aguda (ALI, *Acute Lung Injury*) y se manifiesta asociándose a un deterioro en la oxigenación de la sangre arterial [7-9]. Las maniobras de reclutamiento son aquellas que buscan re-expandir las áreas del pulmón colapsadas en un intento de normalizar el intercambio gaseoso y minimizar así el daño pulmonar inducido por el respirador [10]. Ya han sido demostrados los beneficios clínicos observados luego de realizar maniobras de reclutamiento en pacientes anestesiados y con enfermedad pulmonar [10, 11]. Sin embargo, no se dispone hasta el momento de un entendimiento completo de la fisiología del colapso-reclutamiento alveolar.

El estudio propuesto fue efectuado de acuerdo con los siguientes objetivos preliminares: 1) descubrir a través de los SOM nuevo conocimiento contenido en la gran cantidad de datos adquiridos durante el colapso y reclutamiento alveolar; y 2) explorar la utilidad de los SOM como herramienta cuantitativa, con el fin de determinar el nivel de Presión Positiva al Final de la Espiración (PEEP) necesario para mantener los alvéolos fuera de colapso luego de que han sido reclutados exitosamente.

Los datos estudiados en el presente trabajo han sido parcialmente publicados en trabajos anteriores utilizando técnicas estadísticas tradicionales [12, 13]. El aporte

diferencial logrado con el análisis del SOM es la disponibilidad de la visualización del comportamiento simultáneo de todas las variables del proceso. Los resultados logrados con el SOM les permitieron a los investigadores clínicos ampliar el espectro de conclusiones de la dinámica del fenómeno, analizando visual y cuantitativamente el comportamiento conjunto de dos o más variables.

En la sección 2, Materiales y Métodos, se describe el procedimiento para la obtención de los datos (2.1), como así también se presentan las características generales de los Mapas Autoorganizados (2.2), mientras que en la subsección 2.3 se brinda información de la parametrización aplicada en este estudio. En la sección 3 se muestran los resultados obtenidos al entrenar Mapas Autoorganizados con los datos registrados, que se discuten en la sección 4. En la sección 5 se exponen las conclusiones.

2. Materiales y métodos

2.1. Protocolo y adquisición de datos

El experimento de reclutamiento alveolar se realizó en cerdos, en la Universidad de Uppsala, Suecia. Como es habitual en la práctica clínica el estudio fue previamente aprobado por el comité de investigación animal de la universidad.

Se registraron y analizaron 21 variables en este proceso. Se tomó a la PEEP como variable de referencia del protocolo. Las 20 variables restantes se agruparon según las siguientes categorías: provenientes de las tomografías, intercambio de gases (variables que reflejan el proceso de intercambio gaseoso en la membrana alvéolo-capilar, mediante muestras de sangre extraídas y analizadas en laboratorio), mecánica pulmonar (variables relacionadas con el comportamiento mecánico del pulmón, obtenidas de las señales de flujo y presión en la vía aérea), espacio muerto (variables que representan la fracción de ventilación no utilizada, obtenidas mediante análisis de sangre y de los gases expirados) y hemodinamia (obtenidas mediante catéteres intravasculares).

Los detalles del equipamiento utilizado, como así también de las etapas y condiciones del protocolo han sido previamente publicados [12, 13]

2.2. Mapas Autoorganizados

Los Mapas Autoorganizados son un tipo particular de red neuronal artificial, en el que las neuronas (también denominadas “celdas” en este contexto) se ubican en un arreglo topográfico, generalmente bidimensional.

Cada celda tiene asociado un vector de pesos, denominado “vector prototipo”, de dimensión idéntica a

la de los vectores de entrada (datos) con los que se entrena el mapa. En la etapa de inicialización, previa al entrenamiento, se les asigna valores aleatorios a los vectores prototipo o bien se los hace variar linealmente en el mapa según los valores que toman las variables del conjunto de datos de entrenamiento.

Se define con las siglas BMU (por *Best Matching Unit*) a la celda cuyo vector prototipo es el que más “se parece” a un dato presentado como entrada (según un criterio de distancia, generalmente euclidiana).

Durante el entrenamiento se ajustan los vectores prototipo al presentarse un dato por iteración según la siguiente ecuación:

$$W_j(n+1) \leftarrow W_j(n) + \eta(n) h_{ji}(n) [X(n) - W_j(n)], \quad (1)$$

donde n es el número de iteración, j es el índice de la neurona considerada en la iteración, W_j es el vector prototipo de la celda j , $\eta(n)$ es una constante de aprendizaje, $h_{ji}(n)$ es una función que define la vecindad centrada en la BMU y $X(n)$ es el dato de entrada presentado. La tasa de aprendizaje y el radio de la función de vecindad van decreciendo conforme avanzan las iteraciones.

Una vez entrenado el SOM, existe una gran cantidad de maneras de visualizar su información [3, 11]. Pueden analizarse los valores que toma cada variable del vector prototipo de cada celda y representarse en mapas separados, mediante una escala de colores o de intensidades de grises. Estos mapas guardan relación topológica entre sí. Se suelen denominar “mapas de componentes” o “planos de componentes” [12]. Alternativamente, pueden incluirse en las respectivas celdas los valores numéricos de las variables en lugar de, o complementando, la escala de colores para un análisis más detallado.

Para evaluar la calidad del entrenamiento del mapa, debe considerarse si los vectores prototipo representan realmente a los datos de entrenamiento, lo que se logra definiendo el error de cuantificación:

$$E_Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|x_i - m_i\|, \quad (2)$$

donde x_i es uno de los datos, m_i es la BMU correspondiente a ese dato, y N es la cantidad de datos.

También debe evaluarse si se ha preservado la topología de los datos, para lo que se define el error topográfico:

$$E_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u(x_i), \quad (3)$$

donde $u(x_i)$ vale 1 si la BMU del dato x_i no es igual a la segunda BMU y 0 si es igual [14].

2.3. Hiperparámetros del SOM

Dado que el objetivo fue la caracterización de la dinámica del estado alveolar con un análisis exhaustivo en el espacio del SOM, se puso énfasis en lograr el mejor mapa posible para este conjunto de datos. En consecuencia, con el fin de determinar el tamaño adecuado del mapa (cantidad de celdas) se realizó un estudio de los errores de cuantificación y topográfico. El error de cuantificación disminuyó y el tiempo de procesamiento aumentó al crecer el tamaño del mapa. El error topográfico no presentó un patrón definido [15-16]

Por esta causa, se utilizó un algoritmo de crecimiento automático del mapa [17] para determinar el tamaño adecuado de tal manera de obtener un error de cuantificación inferior a 0.001. Se determinó así un tamaño del mapa de 225 neuronas (15 x 15 celdas).

Se analizaron diversos tipos de la función vecindad topográfica, eligiéndose a la que presentó los menores valores de ambos errores, definida por:

$$h_{ji}(n) = \max \left[0, 1 - \left(\sigma(n) - \|r_j - r_i\| \right)^2 \right], \quad (4)$$

donde $\sigma(n)$ es el radio de la vecindad en la iteración n y $\|r_j - r_i\|$ es la distancia topográfica entre las celdas j e i . Esta función de vecindad fue elegida dado que además de minimizar el conjunto de los errores, presentó un costo computacional bajo, sólo mejorado por la función tipo burbuja, que es la más sencilla.

Para determinar los radios iniciales de las vecindades en la etapa inicial (gruesa) y la etapa posterior (fina) del entrenamiento se analizó el error de cuantificación barriendo todas las posibles combinaciones de 1 a 10 celdas. Se concluyó que los valores de los radios iniciales óptimos son de 3 y 4 celdas para la etapa gruesa y fina respectivamente.

3. Resultados

Una vez entrenado el SOM, se procedió a su análisis mediante mapas de componentes. El mapa de la variable DIR mostró dos zonas bien definidas, correspondientes a las etapas de ascenso (DIR = 0) y descenso (DIR = 1) de PEEP. La separación observada en el mapa de esta variable se repite en todas las demás y se muestra con una línea punteada. El comportamiento de esta variable originó la segmentación de regiones de interés extensibles al resto de los mapas de componentes.

El mapa correspondiente a la variable PEEP muestra claramente la secuencia de etapas del protocolo, siguiendo un desplazamiento en la dirección de las agujas del reloj. El comportamiento de una variable específica para las diferentes etapas de PEEP puede hallarse observando las mismas celdas en el mapa de esa variable.

En la Fig. 1 puede observarse que a un valor de PEEP de 8 cmH₂O corresponde un valor de PaO₂ de 132 mmHg. Siguiendo este mismo método de visualización y análisis se estudiaron otras variables de interés.

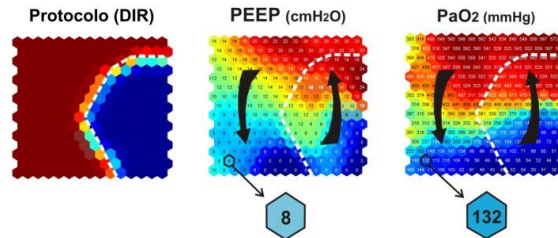


Fig. 1: El mapa de la izquierda muestra las regiones correspondientes al ascenso (región izquierda) y descenso de PEEP (región derecha). En el mapa central se muestra el valor de PEEP en una celda y en el de la derecha, la misma celda con el valor de PaO₂ correspondiente. Las flechas indican la secuencia en los mapas de las etapas del protocolo.

En la Fig. 2 se observa una región de interés definida en el mapa de la variable NonA, donde se han delimitado las celdas que presentaron valores superiores al 5 %, correspondientes al comienzo del colapso alveolar, definido previamente. La misma región está delimitada en el mapa de la variable PEEP, lo que permite determinar cuáles fueron los valores que produjeron esa situación (C-PEEP).

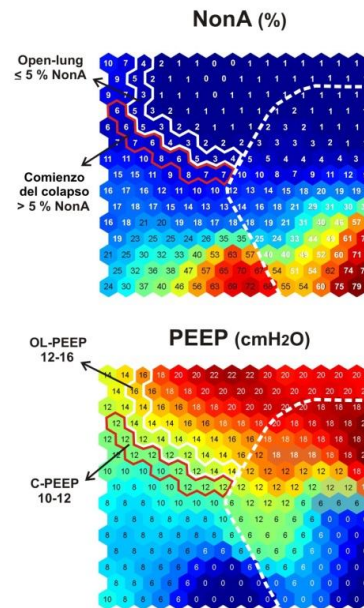


Fig. 2: Región de interés definida en el mapa de la variable NonA representando el colapso alveolar (arriba) y la misma región trasladada al mapa de componente de la variable PEEP (abajo).

La Fig. 3 muestra los mapas de componentes de las variables más utilizadas en la práctica clínica.

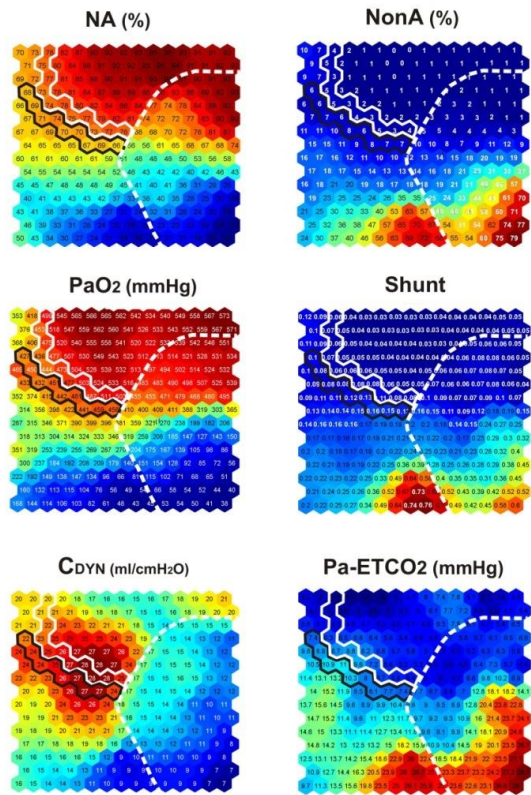


Fig. 3: Mapas de componentes de algunas de las variables más utilizadas en la práctica clínica.

Puede observarse que hay una gran similitud entre los mapas de NA y PaO₂. Esto indica en principio, visualmente, la presencia de correlación en el comportamiento de ambas variables. En cambio, el aspecto de los mapas de las variables correspondientes a NonA y Shunt es el opuesto, lo que evidencia comportamientos inversos. La diferencia de CO₂ arterial al final de la espiración (variable Pa-ETCO₂) se observa con sus valores superiores para bajos niveles de PEEP (ver el mapa para PEEP en la Fig. 2) cuando Shunt y NonA toman también valores altos. La compliancia dinámica (variable Cdyn) se observa siempre menor en la etapa incremental comparada con la fase contraria de la maniobra.

Con la misma modalidad, la observación conjunta del resto de los mapas de variables o componentes se utiliza para inferir otras conclusiones de interés clínico.

4. Discusión

El uso de los SOM aportó una herramienta visual útil para la interpretación de la fisiología del reclutamiento y colapso pulmonar dado un conjunto de datos con gran cantidad de variables. Cabe aclarar que el mapeo de las variables registradas en el SOM, cuyo análisis estadístico descriptivo fue previamente publicado, añade una etapa que aporta al descubrimiento de patrones de interés clínico. Este tipo de análisis no es factible si se utilizan métodos de agrupamiento o *clustering* disponibles en herramientas de análisis estadísticos usuales, orientados al descubrimiento de grupos sin detalles del comportamiento individual de las variables involucradas.

La presentación de los mapas individuales de las variables del SOM entrenado, con etiquetas de los valores de vectores prototipo en cada celda, facilitó su seguimiento y cuantificación a lo largo del protocolo. Observando estos mapas, se obtuvieron los niveles de PEEP que mantienen el pulmón abierto y aquellos en los que el pulmón comienza a colapsarse luego de la maniobra de reclutamiento.

El análisis conjunto de las variables del proceso permitió inferir condiciones de interés clínico para los expertos, tales como que la fisiología pulmonar mejoró luego del reclutamiento y que puede mantenerse la condición de “pulmón abierto” si la PEEP se mantiene sobre la C-PEEP.

5. Conclusiones

El análisis del mapeo de las variables indicativas del estado alveolar en el SOM aportó nuevos elementos que ayudaron en la interpretación y explicación del complejo fenómeno del reclutamiento pulmonar y la titulación de PEEP.

Este estudio confirmó que la PEEP tiene diferentes efectos en la fisiología pulmonar cuando se aplica antes o después del reclutamiento pulmonar.

En este análisis se utilizó la visualización numérica de los valores de las componentes de los vectores prototipo en los mapas de componentes, con el fin de cuantificar con detalle el comportamiento de las variables durante la ejecución del protocolo experimental. Al utilizar las etiquetas numéricas, se pudo visualizar en forma directa el rango de niveles de PEEP que mantiene la condición de “pulmones libres de colapso” y el nivel para el cual el pulmón comienza a colapsarse después de una maniobra de reclutamiento.

A partir de los resultados alentadores conseguidos con el análisis intensivo de los mapas de componentes a partir de la identificación de una región de interés, se considera que este tipo de técnica es recomendable para la interpretación de problemas complejos de diversas áreas.

6. Referencias

- [1] T. Kohonen, "Self-organized formation of topological correct feature maps," *Biol Cybernetics*, vol. 43, pp. 59-96, 1982.
- [2] J. Vesanto, *SOM-Based Data Visualization Methods* vol. 3: IOS Press, 1999.
- [3] J. Vesanto, *Data Exploration Process Based on the Self-Organizing Map* vol. 115: Finnish Academies of Technology, 2002.
- [4] M. Resta, M. Sonnessa, E. Tãnfani, and A. Testi, "Unsupervised neural networks for clustering emergent patient flows," *Oper. Res. Heal. Care*, vol. 18, pp. 41-51, Sep. 2018.
- [5] A. Ultsch and J. Löttsch, "Machine-learned cluster identification in high-dimensional data," *J. Biomed. Inform.*, vol. 66, pp. 95-104, Feb. 2017.
- [6] A. Kalantari, A. Kamsin, S. Shamshirband, A. Gani, and A. T. Chronopoulos, "Computational intelligence approaches for classification of medical data: State-of-the-art, future challenges and research directions," *Neurocomputing*, vol. 276, pp. 2-22, Feb. 2018.
- [7] G. R. Bernard, A. Artigas, K. L. Brigham, J. Carlet, K. Falke, L. Hudson, M. Lamy, J. R. Legall, A. Morris, and R. Spragg, "The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination," *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 149, pp. 818-824, 1994.
- [8] L. Puybasset, P. Cluzel, N. A. N. Chao, Arthur S. Slutsky, P. Coriat, J.-J. Rouby, and the Ct Scan Ards Study Group, "A Computed Tomography Scan Assessment of Regional Lung Volume in Acute Lung Injury," *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 158, pp. 1644-1655, 1998.
- [9] R. D. Hubmayr, "Perspective on Lung Injury and Recruitment: A Skeptical Look at the Opening and Collapse Story," *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 165, pp. 1647-1653, 2002.
- [10] J. B. Borges, V. N. Okamoto, G. F. J. Matos, M. P. R. Caramez, P. R. Arantes, F. Barros, C. E. Souza, J. A. Victorino, R. M. Kacmarek, C. S. V. Barbas, C. R. R. Carvalho, and M. B. P. Amato, "Reversibility of Lung Collapse and Hypoxemia in Early Acute Respiratory Distress Syndrome," *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 174, pp. 268-278, 2006.
- [11] G. Tusman, S. Böhm, G. Vazquez de Anda, J. do Campo, and B. Lachmann, "Alveolar Recruitment Strategy" improved arterial oxygenation during general anaesthesia," *Br J Anaesth*, vol. 82, pp. 8-13, 1999.
- [12] F. Suarez-Sipmann, S. Böhm, G. Tusman, T. Pesch, O. Thamm, H. Reissmann, A. Reske, A. Magnusson, and G. Hedenstierna, "Use of dynamic compliance for open lung positive end-expiratory pressure titration in an experimental study.," *Crit Care Med*, vol. 35, pp. 214-21, 2007.
- [13] G. Tusman, F. Suarez-Sipmann, H. Böhm Stephan, T. Pech, H. Reissmann, G. Meschino, A. Scandurra, and G. Hedenstierna, "Monitoring dead space during recruitment and PEEP titration in an experimental model," *Intensive Care Medicine*, vol. 32, pp. 1863-1871, 2006.
- [14] K. Tasdemir and E. Merenyi, "Exploiting data topology in visualization and clustering of self-organizing maps," *IEEE Trans Neural Netw*, vol. 20, pp. 549-62, 2009.
- [15] M. Hussain and J. P. Eakins, "Component-based visual clustering using the self-organizing map," *Neural Netw*, vol. 20, pp. 260-73, 2007.
- [16] S. Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, 3rd ed.: Prentice Hall, 2008.
- [17] A. Forti and G. L. Foresti, "Growing hierarchical tree SOM: an unsupervised neural network with dynamic topology," *Neural Netw*, vol. 19, pp. 1568-80, 2006.

Sistema integral para el cuidado de ancianos en el hogar mediante la potencia de recepción de señales WiFi (RSSI)

Carugno, J¹. Orlando, F². Cymberknop, L³. Armentano, R.⁴

Universidad Tecnológica Nacional

¹javiercarugno@ieee.org ²faorlando19@gmail.com ³lrcymber@gmail.com ⁴armen@frba.utn.edu.ar

Abstract

Realizar un seguimiento de personas en un rango etario elevado puede resultar de vital importancia para evitar accidentes y responder eficazmente ante una urgencia, para evitar lesiones o incluso la muerte. En el presente trabajo se presenta un sistema integral de sistemas embebidos capaz de realizar el seguimiento de una persona de edad avanzada en la comodidad de su hogar, adquirir parámetros fisiológicos como ritmo cardíaco, presión arterial, o temperatura corporal, para realizar un análisis profundo de su estado y actuar con eficiencia ante una emergencia. A su vez, esta información permitirá realizar un seguimiento de su salud, evaluando en tiempo real su estado, y almacenándola para contrastar sus movimientos y sus parámetros fisiológicos con valores característicos de enfermedades que pueda tener el individuo y que aún desconozca. Este sistema, cuenta además con la posibilidad de visualizar estos valores de manera remota, para tranquilidad de familiares y amigos o incluso un médico que desee realizarle un seguimiento.

Palabras Clave

Sistemas embebidos, bioinformática, investigación, cuidado, personas de edad avanzada, IoT, MQTT, posicionamiento.

1. Introducción

Actualmente, el cuidado de personas de rango etario elevado requiere una gran cantidad de medicamentos, estudios y medidas que se ven traducido en un alto costo económico. Según el National Health Service (NHS), alrededor de £300.000.000 por año son destinados para estos fines, tan sólo en hospitales del Reino Unido [1].

Reducir estos costos sin aumentar los riesgos para la salud, es uno de los grandes desafíos para las nuevas tecnologías, como es el caso de robots utilizados en el campo de la medicina, para monitorear pacientes,

suministrar cantidades precisas de medicamentos, o asistir a médicos durante una operación [2]. En los E.E.U.U., un trabajador dedicado a la salud doméstica puede llegar a costar U\$S 75.000 al mes, excluyendo de este servicio a quienes no pueden costearlo, poniendo en riesgo su salud. Gracias a tecnologías recientes, es posible contar con un servicio similar, por U\$S 900 al mes [3], aunque no se debe ignorar el hecho de que, con las tecnologías de hoy día un robot, computadora, o sea cual sea la utilizada, no podrá reemplazar a la acción directa de un ser humano.

Estos, son algunos de los motivos, por los cuales resulta fundamental el desarrollo de las tecnologías y de técnicas nuevas para el cuidado de las personas en el hogar. Para lograr esto, no sólo es necesario contar con datos como el ritmo cardíaco, o la presión arterial, sino también es importante contrastar esos datos con el comportamiento, ya que analizándolos se podrán obtener conclusiones interesantes para lograr una mejor atención, un mayor cuidado y rápido accionar ante una emergencia.

Este sistema, le permitiría a un médico, o a un familiar, ver la condición del sujeto en tiempo real y con precisión, y el historial de los datos recolectados anteriormente, sin que este deba asistir a un centro de salud.

2. Elementos de trabajo y metodología

Dada la necesidad de transmitir los datos obtenidos, el objetivo de este trabajo fue el de desarrollar un sistema que realice una medición de las señales inalámbricas de tipo WiFi, emitidas por un dispositivo móvil, el cual fue portado por la persona que se desea ubicar. Se utilizó el protocolo "Message Queue Telemetry Transport" (MQTT), ya que está diseñado para "Internet de las cosas" (IoT, por sus siglas en inglés), y nos permitirá transmitir los datos con un bajo tráfico. Los principales obstáculos a superar fueron humedad, puertas, presencia de personas [4], espejos y fuentes de emisión de señales con frecuencias similares a los 2.4Ghz como pueden ser enrutadores, microondas, o dispositivos bluetooth.

Se planteó un sistema de sistemas embebidos, capaces de mantener una conexión inalámbrica mediante WiFi, ubicados de manera fija (denominados F_n, con n como identificador de cada dispositivo) en el hogar, midiendo la

intensidad de la señal emitida por otro de iguales características móvil (denominado M), el cual fue portado por el individuo bajo estudio.

Debido a estos requerimientos, su bajo costo, y disponibilidad en el mercado local, hemos elegido el módulo ESP8266 (Espressif Systems, Shanghai, China) (figura 1), que si bien cuenta con un software pre cargado, se desarrolló uno para este proyecto en particular.



Figura 1: Placa ESP8266 (Espressif Systems, Shanghai, China)

Para centralizar la información, almacenarla y mostrarla al usuario, se utilizó una placa Raspberry Pi 3 b+ (Fundación Raspberry Pi, Reino Unido) (figura 2) ya que es capaz de soportar un sistema operativo Linux embebido con un servidor MQTT que nos brindará gran versatilidad para trabajar. Es importante destacar que, si bien se eligió esta placa, al estar desarrollado sobre Linux, es transportable a cualquier otra placa capaz de soportarlo. Cuenta, además con un servidor web (Apache), uno sql para la base de datos (MySQL), y uno php para integrar la base de datos a la web (phpMyAdmin). Esto es conocido como servidor “Linux - Apache - Mysql - phpMyAdmin”, o “LAMP” por sus siglas. Como servidor MQTT se utilizó Mosquitto, en conjunto de un script escrito en Python para vincular la información obtenida por MQTT con la base de datos.



Figura 2: Placa RaspBerry Pi (Fundación Raspberry Pi, Reino Unido).

Se colocaron módulos ESP8266 fijos en lugares específicos del hogar que fueron los encargados de realizar la medición de la señal emitida por el móvil, para contrastar los valores adquiridos en tiempo real con una tabla previamente cargada con valores de potencia y posición determinada del móvil, para adquirir la posición.

Los parámetros fisiológicos, son obtenidos mediante un hardware desarrollado para esa tarea, aunque cabe destacar que el móvil se conecta a internet y retransmite todos los valores que le llegan mediante comunicación serie, por lo que es transparente para el hardware que se conecte y puede ser reemplazado sin modificaciones.

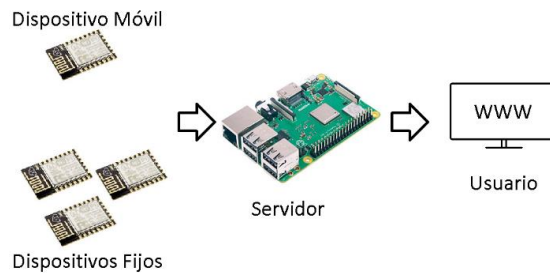


Figura 3: Arquitectura del sistema.

3. Desarrollo del software y hardware

Se instaló una versión de Linux diseñada para Raspberry pi, con los servidores mencionados. Para los dispositivos fijos, se desarrolló un software para medir la potencia emitida por el móvil y se los colocaron en distintas ubicaciones dentro de un hogar en el cual se realizó el ensayo (figura 4):

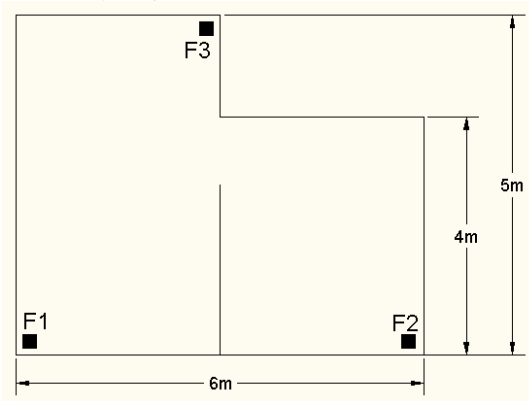


Figura 4: hogar donde se realizó el ensayo. F_n representan los dispositivos fijos.

Las referencias consultadas utilizan distintos tipos de filtros, como filtros pasa bajos [5], filtros de muestreo bayesiano [6][7][8], o filtros de Kalman [9]. Como se

requiere velocidad, se utilizaron las mediciones directas, sin ningún tipo de filtro para ser contrastadas con la tabla.

Para realizar la tabla, se eligieron 10 posiciones con la que luego se contrastarían las mediciones en tiempo real.

El esquema elegido para este caso corresponde a la figura 5:

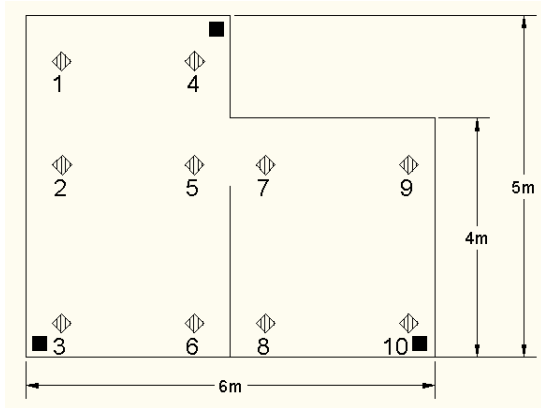


Figura 5: hogar donde se realizó el ensayo con la distribución de posiciones propuestas. Se tomaron mediciones en las 10 posiciones indicadas.

Una vez realizada la tabla, se divide el plano en zonas, en las que el software determinará cual es la zona más probable en la que se encuentra el móvil, contrastando la medición realizada en tiempo real, con la tabla cargada anteriormente (figura 6):

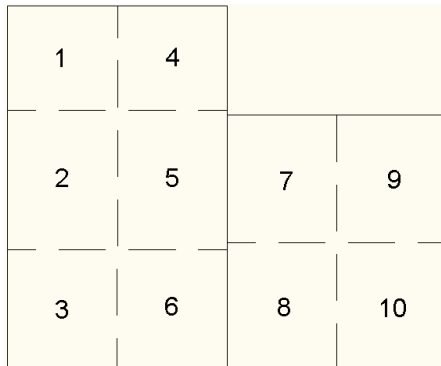


Figura 6: divisiones del hogar donde se ubicará el móvil.

La segunda etapa del software, es el vinculado al dispositivo móvil. El mismo se diseñó para, además de emitir la señal de WiFi propia para su posicionamiento, de recibir datos por comunicación serie de otro dispositivo desarrollado previamente (llamado Fisio remoto)[10], a través de un protocolo propietario (el cual mide ritmo cardíaco, presión arterial, saturación de oxígeno e inclinación del cuerpo), obtener datos del ambiente como

humedad y temperatura a través de sus propios sensores, y, a su vez, detectar caídas a través de un acelerómetro, los cuales se utilizarán posteriormente para evaluar situaciones de riesgo. Con el propósito de ahorrar energía y mejorar su autonomía, el Fisio remoto se activará a demanda, evaluando en tiempo real su necesidad, y se evitará realizar cualquier tipo de procesamiento en el dispositivo móvil, siendo el servidor el encargado de esto. El dispositivo móvil, los fijos y el servidor se comunicarán entre sí mediante una red local a través de un enrutador WiFi convencional, el cual, si posee conexión a internet, permite la visualización de los datos de manera remota. Una vez recibida esta información se podrán generar alarmas en virtud de los datos recibidos para asistir al individuo. Los disparadores de estas alarmas son configurables, según las necesidades y condiciones de la persona.

La tercera etapa del software es la del servidor web para poder visualizar los datos desde cualquier dispositivo.

Esta arquitectura propuesta, posee una gran versatilidad, robustez y facilidad para el usuario.

4. Calibración

Para la calibración se tomaron 1000 muestras en cada punto marcado en la figura 5 y se promediaron los valores para completar la tabla con la cual se comparan los valores medidos luego. Si bien se eligió esa cantidad de muestras para este ensayo, mayor cantidad de muestras dará una mayor precisión para realizar la tabla. Lo mismo ocurriría si se toma una mayor cantidad de puntos a evaluar, dividiendo el hogar en mayor cantidad de zonas, dando como resultado zonas más pequeñas.

Los resultados de la calibración están volcados en la tabla 1:

Table 1. Valores de potencia tabulados según lo indica la figura 5

		Valores de potencia en dBm		
		Fijo 1	Fijo 2	Fijo 3
Puntos de medición	1	-65	-55	-77
	2	-49	-58	-70
	3	-33	-62	-74
	4	-63	-25	-60
	5	-69	-62	-58
	6	-59	-69	-65
	7	-64	-58	-61
	8	-64	-73	-60
	9	-68	-57	-39
	10	-63	-58	-31

5. Resultados

Una vez obtenida la tabla, se procedió a utilizar el dispositivo. Se tomó por ejemplo un ensayo, cuyos resultados se muestran en la tabla 2.

Table 2. Resultados de las mediciones de una posición aleatoria

Valores de potencia en dBm		
Fijo 1	Fijo 2	Fijo 3
-67	-62	-59

Luego se calculó el área mas probable en la que se encontraría de la siguiente manera:

1. Se dividió el valor obtenido de uno de los sensores fijos por el valor de cada posición tabulado, en caso de que el valor medido sea mayor al tabulado y viceversa si no lo era.
2. Se promedió el resultado de una misma zona para los 3 sensores.
3. Se obtiene el lugar más probable en el que se encuentra el móvil observando el porcentaje mas alto de los obtenidos en el punto anterior.

A modo de ejemplo se muestra el resultado de estas operaciones en la tabla 3:

Table 3. Resultados de los algoritmos aplicados

		Coincidencia			% de zona
		Fijo 1	Fijo 2	Fijo 3	
Puntos de medición	1	97.01%	88.71%	76.62%	87.45%
	2	73.13%	93.55%	84.29%	83.66%
	3	49.25%	100.00%	79.73%	76.33%
	4	94.03%	40.32%	98.33%	77.56%
	5	97.10%	100.00%	98.31%	98.47%
	6	88.06%	89.86%	90.77%	89.56%
	7	95.52%	93.55%	96.72%	95.26%
	8	95.52%	84.93%	98.33%	92.93%
	9	98.53%	91.94%	66.10%	85.52%
	10	94.03%	93.55%	52.54%	80.04%

Como se puede observar, el valor más alto obtenido es el de la zona 5, la cual coincide con la posición del móvil durante el ensayo.

Una vez calculada la zona en la que se encuentra el móvil, es almacenada y puede ser consultada por un usuario mediante cualquier navegador de internet (figura 7).

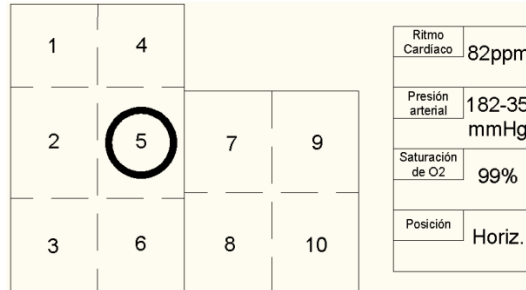


Figura 7: Interfaz gráfica que muestra la posición y los parámetros del usuario.

6. Discusión

Una de las principales ventajas con respecto a las referencias citadas, es que contamos con un ambiente controlado, ya que partimos de la premisa que el paciente vivirá solo, es decir, no tendremos inconvenientes con acumulación de personas.

Se deberá tener en cuenta y analizar la presencia de falsos positivos y falsos negativos, considerando que un falso positivo no conlleva a mayores complicaciones, pero un falso negativo puede ser la diferencia entre la vida y la muerte.

Poder realizar un seguimiento de las personas de un rango etario elevado en su propio hogar a través de un dispositivo como el desarrollado en este trabajo no sólo producirá una disminución en los costos vinculados a esto, sino que más importante aún, podrá facilitarle información fundamental para un diagnóstico acertado al especialista que trate al paciente y en casos extremos, salvarle la vida ante una emergencia a través de las alarmas mencionadas.

A largo plazo, una vez recolectada suficiente información, se podrán analizar para descifrar patrones de comportamiento característica de alguna enfermedad, como el Alzheimer, cáncer, problemas cardíacos, etc. En caso de conseguirlo, se podrá utilizar esta información para la detección temprana de enfermedades en individuos presuntamente sanos, realizar el seguimiento del tratamiento indicado por el especialista que trate al paciente, estudiar la evolución y la gravedad de una patología o el efecto que produzca algún medicamento en ella y de esa forma mejorar la calidad de vida de los usuarios. Es importante remarcar que el producto final deberá ser capaz de garantizar la seguridad y confidencialidad de la información recolectados.

7. Conclusiones

En el presente trabajo se desarrolló la arquitectura de un sistema de sistemas embebidos capaz de localizar a un individuo dentro de su propio hogar, con el fin de obtener patrones de comportamiento vinculados a patologías de manera de poder identificarlas y alertar sobre caídas del usuario para poder asistirlo. Se consiguió localizar al individuo dentro de una zona delimitada por una calibración previa.

Se requerirá un perfeccionamiento del método para lograr obtener mayor precisión, encontrar la proporción óptima de cantidad de zonas y dispositivos fijos, sin aumentar considerablemente el tamaño de la base de datos, y de análisis futuros para determinar los patrones de comportamiento, generar las bases de datos asociadas a las distintas patologías para poder realizar estadísticas e identificar enfermedades con la mayor antelación posible.

Será necesario un estudio de la autonomía del dispositivo móvil, y optimizarlo, para poder realizar un estudio continuo durante un tiempo considerable.

Lograr obtener un sistema comercial de bajo costo garantizará el acceso de toda la población, pudiendo mejorar la calidad de vida de los usuarios, evitándoles asistir continuamente a consultas médicas y llevándoles tranquilidad tanto a ellos mismos como a familiares encargados de su salud.

Se deberá trabajar además en el perfeccionamiento de la interfaz gráfica, para darle una mejor visibilidad a los datos almacenados, y configurar fácilmente los dispositivos para poder modificar las alarmas.

Como mejora futura, se trabajará en el sistema de alarmas, para lograr la mayor velocidad en el envío y recepción de las mismas. Ya sea a través de e-mail, aplicaciones para dispositivos móviles, etc.

8. Referencias

- [1] The Health and Care of Older People in England 2015 - Jill Mortimer and Marcus Green.
- [2] Medical Robots: Current Systems and Research Directions - Ryan A. Beasley.
- [3] Where Are the Elder Care Robots? - IEEE Spectrum - Frank Tobe.
- [4] Sensor-Assisted Wi-Fi Indoor Location System for Adapting to Environmental Dynamics - Yi-Chao Chena, Ji-Rung Chianga, Hao-hua Chua,b, Polly Huangb, Arvin Wen Tsuid.
- [5] Application of WiFi-based indoor positioning system for labor tracking at construction sites: A case study in Guangzhou MTR - Sunkyoo Woo, Seongsu Jeong, Esmond Mok, Linyuan Xia, Changsu Choi, Muwook Pyeon, Joon Heo.
- [6] A Bayesian Sampling Approach to In-door Localization of Wireless Devices Using Received Signal Strength Indication - Vinay Seshadri, Gergely V Záruba, Manfred Huber.

[7] Sensor-Assisted Wi-Fi Indoor Location System for Adapting to Environmental Dynamics - Yi-Chao Chena, Ji-Rung Chianga, Hao-hua Chua, Polly Huangb, and Arvin Wen Tsuid.

[8] Accuracy Characterization for Metropolitan-scale Wi-Fi Localization - Yu-Chung Chengyz, Yatin Chawathey, Anthony LaMarcay, John Krumm.

[9] Robotics-Based Location Sensing using Wireless Ethernet - Andrew M. Ladd, Kostas E. Bekris, Algis Rudys, Guillaume Marceau, Lydia E. Kavraki, Dan S. Wallach.

[10] Cuidado de la Salud Cardiovascular en la Comunidad Universitaria: Aplicación de una Plataforma Integral - L. Petrauskas, N. Perez, M. De Luca, M. Alfonso, L. J. Cymberknop, R. L. Armentano - XX Congreso Argentino de Bioingeniería y IX Jornadas de Ingeniería Clínica (SABI'15), San Nicolás, Buenos Aires, Argentina (2015).

Proceso de Selección de Arquitectura a fin de Implementar un Modelo Predictivo Inteligente

Cinthia Vegega^{1,2}, Pablo Pytel^{1,2}, Luciano Straccia^{1,2} & María Florencia Pollo-Cattaneo^{1,2}

¹ Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS).

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.

² Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información. Facultad Regional Buenos Aires.

Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

cinthiavg@yahoo.com.ar, ppytel@gmail.com, flo.pollo@gmail.com

Resumen

Diariamente, los gerentes deben tomar decisiones sobre cómo asignar sus recursos. Estas decisiones deben basarse en predicciones sobre el tiempo, el esfuerzo y/o los riesgos de llevar a cabo sus actividades. Actualmente esta situación se encuentra acentuada por el entorno complejo que rodea a las organizaciones. Esto provoca que deban actuar más allá de los sistemas tradicionales de gestión incorporando nuevos mecanismos, como los provistos por la Inteligencia Artificial. Por lo tanto, se estaría desarrollando un Modelo Predictivo Inteligente. No obstante, se han observado dificultades asociadas a la construcción de estos modelos al tratar de determinar el tipo de arquitectura a aplicar. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer un proceso para llevar a cabo la selección de la arquitectura más apropiada de acuerdo a las características asociadas al proyecto y su contexto, a los datos disponibles y a los resultados esperados que se generen.

Palabras Claves

Modelo Predictivo. Red Neuronal Artificial. Red Bayesiana. Toma de Decisiones. Organización.

1. Introducción

La toma de decisiones es un proceso esencial en la vida de las organizaciones. Aunque cada miembro dentro de una organización toma decisiones, este proceso es particularmente importante para los roles gerenciales. Es por esto, que a los gerentes se los conoce como 'tomadores de decisiones' en sus actividades de planear, organizar, dirigir y controlar [1]. Diariamente deben decidir cómo asignar sus valiosos recursos basados en predicciones [2] sobre el tiempo, el esfuerzo y/o los riesgos que implica llevar a cabo sus actividades. Esta situación se encuentra acentuada debido al entorno altamente complejo y de difícil predicción del siglo XXI [3], lo cual genera que las organizaciones deban

actuar más allá de los sistemas tradicionales de gestión e incorporar nuevos mecanismos para la "creación y potenciación del conocimiento organizativo", tales como los provistos por la Inteligencia Artificial [4, 5].

Un caso de estos nuevos mecanismos se puede encontrar en el ámbito de los Modelos Predictivos. A pesar de que tradicionalmente se han aplicado Técnicas Estadísticas y Modelos Paramétricos para generar predicciones [6], en las dos últimas décadas se han incorporado diversos métodos asociados al Aprendizaje Automático [2, 7]. Estos métodos son considerados normalmente como 'cajas negras' o modelos basados en datos [8, 9, 10], debido a que aplican procedimientos (totalmente) automáticos para generar modelos no-lineales que describen la relación entre diferentes atributos de un conjunto de datos. De esta manera, es posible construir modelos que permitan encontrar la relación entre situaciones pasadas y futuras usando los datos históricos disponibles.

En este sentido, se pueden destacar las Redes Neuronales Artificiales o RNA [11, 12] y, las Redes Bayesianas o RB [13, 14] como las principales arquitecturas de Sistemas Inteligentes a ser utilizadas para este tipo de problema [15-18]. Estos Modelos Predictivos, basados en Sistemas Inteligentes, presentan características muy útiles, tales como son la capacidad de generalización, robustez y auto-organización [3, 19]. Sin embargo, una dificultad asociada a la construcción de los Modelos Predictivos Inteligentes tiene que ver con determinar el tipo de arquitectura a aplicar. De acuerdo al Teorema de 'No Free Lunch' [20, 21], no existe ningún algoritmo de aprendizaje automático que pueda ser aplicado para cualquier problema, por lo que se debería siempre llevar a cabo una selección, teniendo en cuenta los objetivos planteados, las características del dominio y de los datos disponibles [22]. Por consiguiente, todo esto debe ser definido al comienzo del proyecto.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo proponer un proceso para llevar a cabo la selección de la arquitectura que permita evaluar la adecuación de cada una de ellas y así determinar cuál es

la más apropiada. Aunque en esta propuesta se ha decidido acotar el alcance a dos tipos de Sistemas Inteligentes, las RNA y las RB, ninguna de ellas es la panacea [17, 18]. Cada una tiene sus puntos fuertes y débiles que deberán ser contrastadas contra los elementos del problema para determinar cuál es la mejor solución a aplicar. Para ello, primero se detallan las condiciones a considerar para evaluar cada arquitectura (sección 2). Luego se presenta el proceso propuesto (sección 3), realizando un análisis estadístico del mismo aplicando el método de simulación Monte Carlo (sección 4). Finalmente se indican las conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo (sección 5).

2. Condiciones a considerar al Evaluar una Arquitectura

Para poder proponer un modelo que permita la evaluación de una arquitectura, primero es necesario identificar las principales condiciones que una tecnología debe cumplir en un proyecto para ser considerada como adecuada para la construcción de un Modelo Predictivo. A partir de la investigación documental realizada en [2, 6, 17, 22-33], se determinan los conceptos de interés para evaluar las arquitecturas a fin de construir el Modelo Predictivo y así seleccionar la que resulte más apropiada de acuerdo a las particularidades del proyecto.

A continuación, se presentan dichas condiciones para cada una de las arquitecturas consideradas:

- *Se considera apropiado utilizar una RNA o una RB para la implementación del Modelo Predictivo si se cumplen las siguientes condiciones:*
 - Los datos disponibles son representativos del problema que se quiere resolver.
 - Los datos disponibles son suficientemente complejos con una relación no lineal entre sus atributos, por lo que las técnicas estadísticas tradicionales no permitirían encontrar una buena solución al problema.
 - El problema a ser resuelto mediante el Modelo Predictivo no va a cambiar en el corto plazo por lo que se considera como estable.
- Además de las condiciones anteriores, *se considera apropiado utilizar una RNA si se cumplen las siguientes condiciones:*
 - Los datos disponibles incluyen gran cantidad de ejemplos para realizar el entrenamiento y validación de la red, y además poseen todos sus valores en forma numérica (continuos o discretos).
 - La precisión de los resultados es muy importante y se puede considerar como crítica para asegurar el éxito del modelo.

- No se necesita conocer cómo se obtuvieron los resultados generados, en otras palabras, no es necesario que la red explique o justifique los resultados obtenidos.
- No se requiere que la red represente las relaciones entre los datos para poder realizar ajustes manuales, por lo que no es necesario contar con la asistencia de expertos del dominio para participar en el desarrollo.
- En cambio, *es apropiado utilizar una RB si a las condiciones iniciales se agregan las siguientes:*
 - Los datos disponibles incluyen una cantidad suficiente de ejemplos para realizar el entrenamiento y validación de la red y poseen sus valores como valores alfanuméricos, numéricos discretos, o numéricos continuos para los cuales es posible definir rangos.
 - En el caso que los datos disponibles son poco representativos o no incluyen una cantidad suficiente de ejemplos, se dispone de expertos del dominio que pueden aportar su conocimiento para participar en el desarrollo (especialmente en el modelado de la red).
 - La precisión de los resultados no es tan importante porque se valoran también otras cuestiones tales como: poder comparar las predicciones para diferentes posibilidades o escenarios; conocer cómo se obtuvieron los resultados generados, es decir que, la red explique o justifique los resultados; poder realizar ajustes en la red en base al conocimiento disponible sobre el problema y las relaciones entre los atributos de los datos.

3. Proceso Propuesto

Para definir el proceso propuesto se consideran las características del proyecto, las cuales se han organizado en tres grupos: las asociadas al problema detectado y su contexto, las asociadas a los datos disponibles para el entrenamiento y, las correspondientes a los resultados esperados que genere el modelo. Por lo tanto, el proceso necesita que se responda a un conjunto de preguntas cuyas respuestas permitan caracterizar al proyecto.

Sin embargo, al comienzo de un proyecto no resulta sencillo contestar estas preguntas con un adecuado grado de certeza (proporcionando respuestas del tipo 'sí' / 'no' o, con un valor numérico). En virtud de estas consideraciones, el proceso propuesto se basa en el principio de los Sistemas Expertos Difusos [34], permitiendo de esta manera, manejar un rango de cinco valores lingüísticos (entre 'nada' y 'todo') y, de esta manera dar respuesta a cada una de las preguntas a considerar. Al hacer uso de un procedimiento sencillo es posible transformar estos valores lingüísticos,

indicados por el ingeniero, en intervalos difusos que luego serán utilizados para obtener una valoración sobre la adecuación de cada arquitectura.

A continuación, se describen los cinco pasos que se deben realizar. Con el objetivo de facilitar su uso, todos los pasos del proceso han sido implementados en la planilla disponible en [35].

Paso 1: Determinar el valor correspondiente para las características del proyecto

Para caracterizar un proyecto de construcción de un Modelo Predictivo, y evaluar la arquitectura más adecuada, se utilizan las características definidas en la Tabla 1, las cuales están basadas en las condiciones indicadas en la sección 2.

El ingeniero debe responder las preguntas asociadas a cada característica a partir del resultado de las entrevistas realizadas en la organización. Los valores lingüísticos permitidos para las respuestas son: 'nada', 'poco', 'regular', 'mucho' y 'todo', donde cuanto más verdadera parezca una característica, mayor valor se le debe asignar; y, cuanto más falsa parezca, menor valor. Nótese que por cada característica, el proceso propuesto tiene asignado un valor de umbral mínimo que el proyecto debe igualar o superar. En caso que el valor asignado a la característica no supere el umbral, se puede considerar que ninguna de las arquitecturas es apropiada para ser aplicada y, por lo tanto, no es necesario continuar con los pasos siguientes.

Como se puede observar en la Tabla 1, por cada característica, se definen los siguientes atributos:

- *Categoría*, que es utilizado únicamente para poder agrupar las características de acuerdo a qué o quién se refiere.
- *ID*, que indica el código para identificar unívocamente a la característica.
- *Pregunta Asociada a la Característica*, que describe la condición que debe responder el ingeniero con el valor lingüístico correspondiente.
- *Umbral*, que define el valor que la característica debe igualar o superar.
- *Peso RNA*, que indica la importancia relativa a cada característica en la evaluación de la adecuación de las *Redes Neuronales Artificiales*.
- *Peso RB*, que indica la importancia relativa a cada característica en la evaluación de la adecuación de las *Redes Bayesianas*.

Asimismo, se puede notar que existen diferentes valores de pesos por cada característica y tipo de arquitectura ('Peso RNA' y 'Peso RB'). Dichos valores han sido asignados mediante la evaluación de las condiciones antes indicadas junto con la experiencia de ingenieros en la construcción de Sistemas Inteligentes. Si los valores de los pesos son mayores a cero, significa

que la característica es favorable para la arquitectura, por lo que cuanto mayor valor tenga dicha característica más debería aumentar la adecuación de dicha arquitectura. Sin embargo, si el peso es menor a cero, significa que la característica es desfavorable, por lo que su aumento disminuirá su adecuación. Por último, cabe aclarar que esta diferencia entre los valores de los pesos son soportados por los siguientes pasos del proceso (siempre que la suma de los valores absolutos por cada arquitectura sea igual a 100).

Tabla 1: Características del Proyecto a ser Evaluadas.

Categoría	ID	Pregunta Asociada a la Característica	Umbral	Peso RNA	Peso RB
Datos Disponibles	D1	¿Cuánta confianza se tiene que los datos son representativos?	regular	10	10
	D2	¿En qué medida se pueden considerar a los datos como complejos y con una relación no lineal entre sus atributos?	poco	9	6
	D3	¿Cuánta cantidad de ejemplos incluyen los datos?	poco	15	7
	D4	¿Cuál es la proporción de datos con valores numéricos continuos (con respecto a valores no numéricos o numéricos discretos)?	nada	10	-7
Resultados Esperados	R1	¿Cuán crítica se considera la precisión de la predicción?	nada	12	-3
	R2	¿En qué medida se desea conocer comparar las predicciones para diferentes posibilidades o escenarios?	nada	-4	12
	R3	¿Con qué grado de importancia se desea que se puedan explicar cómo se obtuvieron los resultados generados?	nada	-13	15
Dominio del Problema	P1	¿Qué tan estable es el problema a resolver?	regular	10	10
	P2	¿Cuánta disponibilidad tienen los expertos del dominio para participar en el desarrollo?	nada	-6	14
	P3	¿Qué tan deseable es poder ajustar manualmente la red a partir de los conocimientos sobre los datos?	nada	-11	16

Paso 2: Convertir los valores en intervalos difusos

Una vez que para cada característica de la Tabla 1 se han asignado los valores lingüísticos correspondientes, estos valores se deben traducir a los intervalos difusos correspondientes, dependiendo del valor del peso de la característica. En este sentido, a cada valor lingüístico se le define un intervalo difuso expresado por cuatro valores numéricos (entre cero y diez), que representan los puntos de ruptura (o puntos angulares) de su función de pertenencia correspondiente. Dichos intervalos, junto con la representación gráfica de la función de pertenencia, se indican en la Figura 1.

Cuando el valor de los pesos para las características es mayor o igual a cero, se asigna directamente el intervalo difuso al valor lingüístico asignado por el ingeniero. Pero, cuando el valor del peso de la característica es negativo, la asignación no es tan directa. En este caso, se debe asignar el intervalo difuso del valor opuesto al asignado por el ingeniero. Entonces, si el valor asignado es 'nada' se debe utilizar el intervalo correspondiente a 'todo', si el valor asignado es 'poco' se utiliza el intervalo de 'mucho', si es 'mucho' se utiliza el de 'poco', y si es 'todo' se usa el de 'nada'. Nótese que para el valor 'regular' no existe un valor opuesto, por lo que se usa su intervalo difuso directamente (es decir, el opuesto de 'regular' es 'regular').

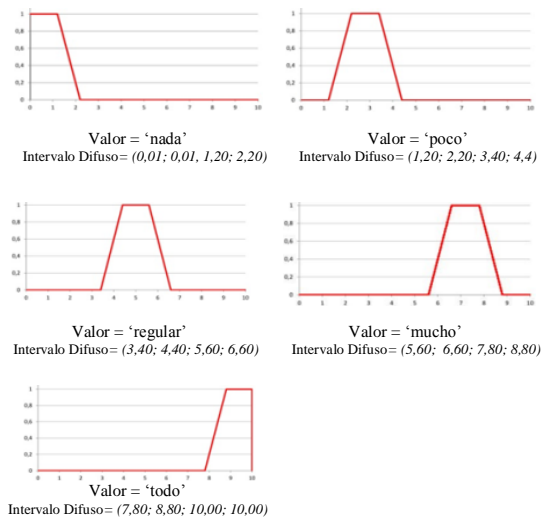


Fig. 1: Representación de los Intervalos Difusos para los Valores Lingüísticos.

Paso 3: Calcular la valoración de cada arquitectura

Los intervalos difusos definidos por cada característica y arquitectura en el paso anterior son utilizados para calcular la valoración de cada arquitectura teniendo en cuenta el valor del peso correspondiente (los cuales han

sido indicados en la Tabla 1). Esto se realiza aplicando la fórmula que se muestra en la Figura 2. Esta fórmula está compuesta por la combinación de la media armónica y la media aritmética del conjunto de intervalos. De esta forma, se busca reducir la influencia de valores bajos en el cálculo de la dimensión. Como resultado se obtiene un intervalo que representa la adecuación de cada arquitectura (A_R).

$$A_R = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n_R} |P_{R_i}|}{\sum_{i=1}^{n_R} \left(\frac{|P_{R_i}|}{C_{R_i}} \right)} \right) + \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n_R} (|P_{R_i}| \cdot C_{R_i})}{\sum_{i=1}^{n_R} |P_{R_i}|} \right)$$

Donde:

- A_R : representa el intervalo difuso de la adecuación para la arquitectura R (usando como nomenclatura 'RNA' para Redes Neuronales Artificiales y 'RB' para Redes Bayesianas).
- $|P_{R_i}|$: representa el valor absoluto del peso de la característica i perteneciente a la arquitectura R.
- C_{R_i} : representa el intervalo difuso asignado a la característica i perteneciente a la arquitectura R.
- n_R : representa la cantidad de características asociadas a la arquitectura R.

Fig. 2: Fórmula Utilizada para Calcular el Intervalo Difuso de la Adecuación de cada Arquitectura.

Dado que el resultado de dicha fórmula es otro intervalo difuso, para convertirlo en un único valor numérico (VT) se utiliza la media aritmética de los valores del intervalo, como se indica en la fórmula de la Figura 3.

$$V_R = \frac{\sum_{j=1}^4 (I_{R_j})}{4}$$

Donde:

- V_R : representa el valor numérico calculado para la arquitectura R.
- $IR\{j\}$: representa el valor correspondiente a la posición j del intervalo difuso calculado para la arquitectura R.

Fig. 3: Fórmula Utilizada para Calcular el Valor Numérico de cada Arquitectura.

Paso 4: Interpretar los resultados obtenidos

Una vez obtenidos los valores correspondientes a cada arquitectura en el paso 3, éstos deben ser analizados e interpretados. Para ello, se recomienda graficar los

intervalos correspondientes a cada arquitectura, utilizando la función de pertenencia correspondiente a su intervalo difuso (A_R). Se considera que, una dimensión está aceptada si el gráfico obtenido supera al intervalo del valor 'regular' (indicado en la Figura 1). En forma análoga, esto se puede determinar si se utiliza el valor numérico asociado a la arquitectura: una arquitectura será aceptable si su valor V_R es mayor a 5.

Paso 5: Seleccionar la mejor arquitectura

Finalmente, teniendo en cuenta la interpretación de los resultados obtenidos (paso 4), se procede a seleccionar la mejor tecnología para el proyecto aplicando el criterio definido en la tabla de decisión de la Tabla 2.

Tabla 2: Tabla de Decisión para Seleccionar la Mejor Arquitectura.

Selección de la Mejor Arquitectura		Valor asociado a Redes Neuronales Artificiales (V_{RNA})			
		aceptable ($V_{RNA} > 5$)		no aceptable ($V_{RNA} \leq 5$)	
Valor asociado a Redes Bayesianas (V_{RB})	aceptable ($V_{RB} > 5$)	$ V_{RNA} - V_{RB} < 0,25$	$ V_{RNA} - V_{RB} \geq 0,25$		selecciona RB
		selecciona AMBAS	selecciona RNA	selecciona RB	
	no aceptable ($V_{RB} \leq 5$)	selecciona RNA			selecciona NINGUNA

Como se puede notar en la Tabla 2, se puede decidir que se seleccione:

- o a una de las arquitecturas, Redes Neuronales Artificiales (RNA) ó Redes Bayesianas (RB), si esa arquitectura tiene un valor de adecuación aceptable y es muy superior al de la otra arquitectura (con una diferencia absoluta mayor o igual a 0,25);
- o ambas arquitecturas, si ambos valores de adecuación son aceptables con una diferencia absoluta menor a 0,25 por lo que se consideran como equivalentes y cualquiera de las dos se podría utilizar para implementar el modelo; o
- o ninguna de las arquitecturas, si ninguno de los valores de adecuación es aceptable, lo cual significa que se debería utilizar otro tipo de arquitectura.

4. Análisis Estadístico del Proceso Propuesto

Para realizar el análisis estadístico del comportamiento del proceso propuesto se ha utilizado el método de simulación Monte Carlo [36]. Se han generado en

forma pseudo-aleatoria un banco de pruebas con los datos de 50.000 proyectos cuyos datos se encuentran disponibles en [37]. A partir de los datos de los proyectos simulados, los cuales se presentan con diferentes valores para sus características, se han aplicado las fórmulas propuestas en la sección 3 con el objetivo de calcular el valor correspondiente para cada arquitectura y definir la más adecuada.

Este análisis estadístico se divide en dos partes de acuerdo al tipo de tecnología evaluada: primero se evalúa la variación de las características de cada categoría para las Redes Neuronales Artificiales (sección 4.1), y para las Redes Bayesianas (sección 4.2). Luego, se presenta una comparación de los valores de adecuación asignados a cada tecnología (sección 4.3) y un análisis estadístico de las arquitecturas recomendadas por el proceso propuesto para ser utilizadas (sección 4.4). Finalmente, se presentan las conclusiones preliminares del comportamiento del proceso a partir de estos estudios (sección 4.5).

4.1. Análisis Estadístico para Redes Neuronales Artificiales

En esta sección se describen los datos recolectados para llevar a cabo el análisis. El primer análisis consiste en la interpretación de los gráficos que representan la valoración de la adecuación del uso de las Redes Neuronales Artificiales para la construcción del Modelo Predictivo con respecto al valor de cada una de las características asociadas por categoría, tal como se muestra en las Figuras 4, 5 y 6.

Al observar estos gráficos, se pueden notar diferentes tipos de comportamientos para cada una de las características. A continuación se describe el análisis realizado para cada categoría:

- o En el caso de los *Datos Disponibles* (figura 4) se puede notar que al aumentar el valor de todas las características, el valor de adecuación de las RNA tiende a aumentar, lo cual es coherente con las condiciones indicadas en la sección 2. Es decir, cuanto más representativos (D1) y más complejos (D2) sean los datos, con gran cantidad de ejemplos (D3) atributos continuos (D4), más apropiado sería conveniente utilizar una RNA para implementar el modelo predictivo. Asimismo, se puede ver que el mínimo requerido para aceptar esta arquitectura se consigue cuando las características toman un valor superior a 'poco'; siendo la característica más relevante la correspondiente a la cantidad de ejemplos disponibles en los datos (D3) por tener la mayor pendiente de crecimiento, tal como se puede observar en el gráfico donde esta característica toma los valores más extremos.

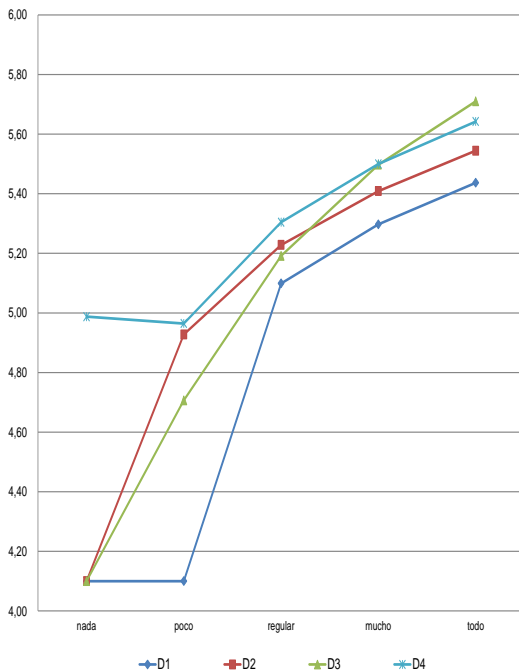


Fig. 4: Representación de la Adecuación para RNA con respecto a las características de los Datos Disponibles.

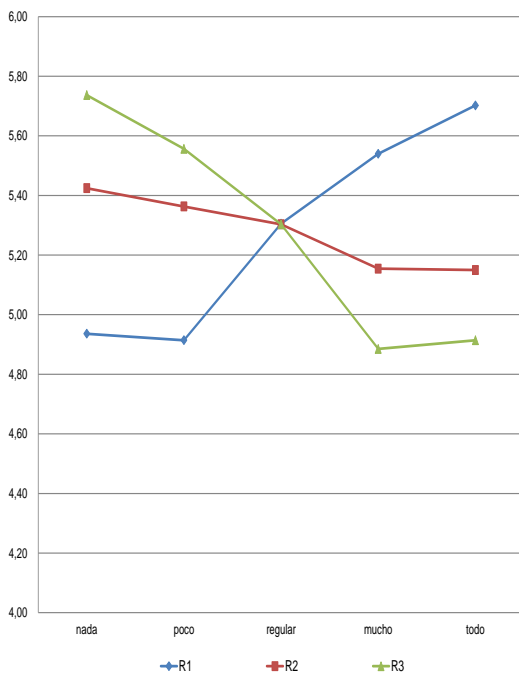


Fig. 5: Representación de la Adecuación para RNA con respecto a las características de los Resultados Esperados.

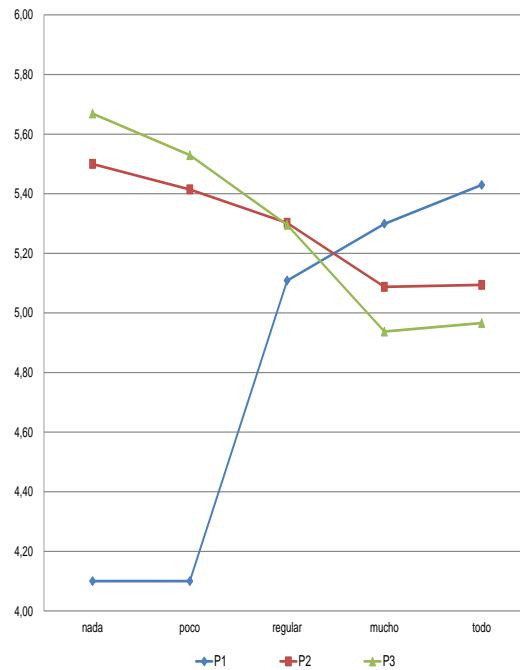


Fig. 6: Representación de la Adecuación para RNA con respecto a las características del Dominio del Problema.

- Para los *Resultados Esperados* (Figura 5) se observa que sólo la característica asociada a la criticidad de la precisión de la predicción (R1) genera un aumento en la adecuación de las RNA cuando sube su valor. En cambio, para el deseo de comparar resultados (R2) y la capacidad de explicar los resultados generados (R3), el comportamiento es el contrario; al subir el valor de estas características, el valor de adecuación tiende a disminuir. Esto se debe a que dichas características no pueden ser fácilmente cumplidas por una RNA. En este sentido se destaca la característica que tiene que ver con justificar los resultados obtenidos (R3) dado que no es posible encontrar una relación directa entre los pesos de las conexiones de la red y los conocimientos del dominio del problema. Por lo tanto, cuando el valor de R3 es superior a 'regular', esta arquitectura deja de ser apropiada para ser utilizada.
- Por último, en el caso del *Dominio del Problema* (Figura 6) sucede algo similar a la categoría anterior. Cuando sube el valor asociado a la estabilidad del problema (P1), la adecuación de la RNA tiende a aumentar; pero cuando suben los valores referidos a la disponibilidad de los expertos (P2) y al deseo de ajustar manualmente la red en base a conocimientos sobre los datos (P3), la misma

tiende a disminuir. En el caso de P2 su variación no afecta demasiado a la adecuación ya que en el peor caso los expertos podrían asistir en el desarrollo, proponiendo más ejemplos para el entrenamiento de la red. Pero, la característica P3 tiene un impacto mayor, dado que si el deseo de ajustar la red en base a los conocimientos de los datos es de 'mucho' o superior, esta arquitectura deja de ser apropiada para ser utilizada ya que la topología de las neuronas en una RNA no tiene un vínculo directo con las relaciones de los atributos de los datos.

4.2. Análisis Estadístico para Redes Bayesianas

De manera similar se analiza la interpretación de los gráficos que representan la valoración de la adecuación del uso de las Redes Bayesianas con respecto al valor de cada una de las características asociadas por categoría, tal como se muestra en las Figuras 7, 8 y 9.

A continuación se describe el análisis realizado para cada categoría:

- En el caso de la *Datos Disponibles* (Figura 7) se puede notar que al aumentar la confianza en la representatividad de los datos (D1), la complejidad de los datos (D2) y la cantidad de ejemplos (D3), el valor de adecuación de las Redes Bayesianas tiende a aumentar. Pero, en el caso de la cantidad de atributos continuos (D4) este comportamiento es el opuesto, a medida que el valor de dicha característica sube, el valor de la adecuación disminuye. De todas maneras, D4 no es una característica crítica ya que no hace disminuir el valor para que esta arquitectura deje de ser apropiada. Las más relevantes son las otras tres al tener una pendiente similar. En las tres características el mínimo requerido para aceptar esta arquitectura se consigue cuando las características toman un valor superior a 'poco'.
- Para los *Resultados Esperados* (Figura 8) se puede observar que tiene un comportamiento opuesto al de estas características para las Redes Neuronales Artificiales. La adecuación de las Redes Bayesianas tiende a aumentar a medida que suben los valores asociados al deseo de comparar resultados parciales (R2) y la necesidad de explicar los resultados obtenidos (R3), pero disminuye a medida que se requiere mayor nivel de precisión (R1). De todas maneras, esta disminución es muy leve y no llega a generar que esta arquitectura deje de ser apropiada. Por su pendiente, las otras dos características son más relevantes donde ya se puede considerar apropiado utilizar una Red Bayesiana cuando sus valores superan a 'poco'.

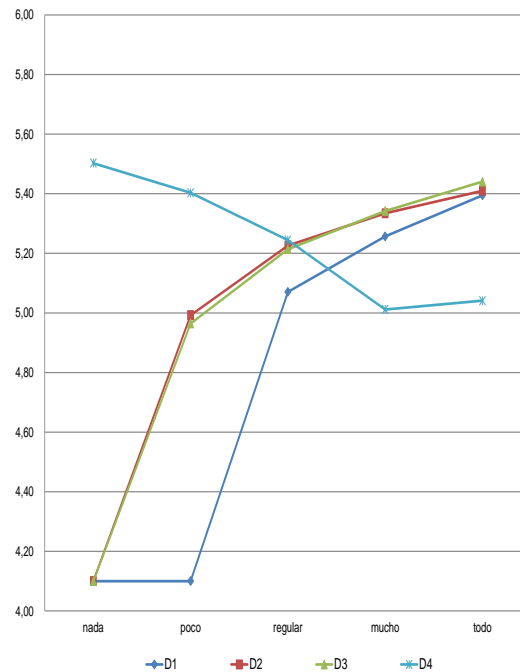


Fig. 7: Representación de la Adecuación para RB con respecto a las características de los Datos Disponibles.

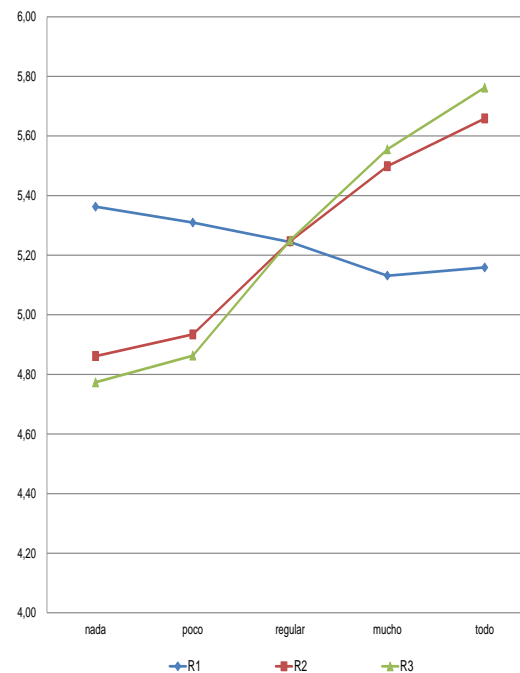


Fig. 8: Representación de la Adecuación para RB con respecto a las características de los Resultados Esperados.

- Finalmente, todas las características asociadas al *Dominio del Problema* (Figura 9) poseen el mismo comportamiento: al subir sus valores, aumenta el grado de adecuación de las Redes Bayesianas. En todos los casos, el mínimo requerido para aceptarla se alcanza cuando las características toman un valor superior a 'poco'. Asimismo, se puede ver que la disponibilidad de los expertos (P2) y el deseo de ajustar la red manualmente a partir de los conocimientos sobre los datos (P3) son más relevantes por poder generar un valor de adecuación mayor que la estabilidad del problema (P1). Esto se debe a que las primeras dos características son capacidades que destacan a las Redes Bayesianas sobre otras tecnologías

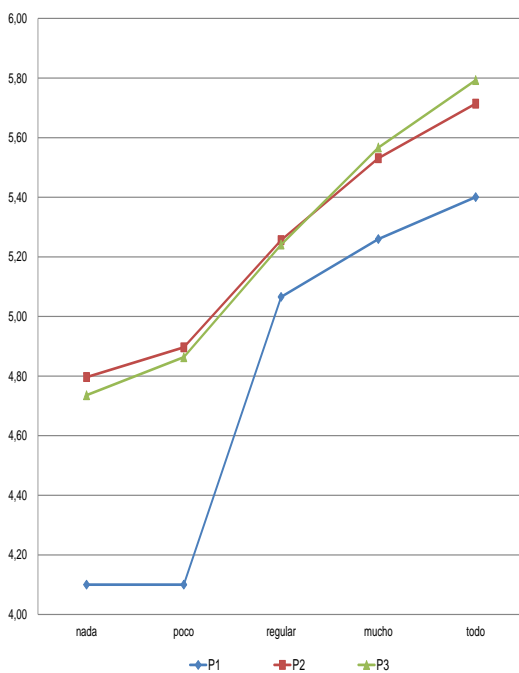


Fig. 9: Representación de la Adecuación para RB con respecto a las características del Dominio del Problema.

4.3. Análisis Comparativo de la Adecuación asignada por Arquitectura

Con el objetivo de comparar los valores de adecuación asignados por el proceso propuesto a cada arquitectura de acuerdo a las características de cada proyecto evaluado primero se presentan los gráficos de dispersión de la Figura 10 correspondiente a los valores asignados de las Redes Neuronales, y de la Figura 11 correspondiente a las Redes Bayesianas. Dado que por cada proyecto (punto azul) se ubica de acuerdo al valor

numérico asignado a la arquitectura, no es posible apreciar el detalle por la gran cantidad de proyectos simulados. De todas maneras, se puede observar que en general la distribución de los valores es similar para ambas tecnologías.

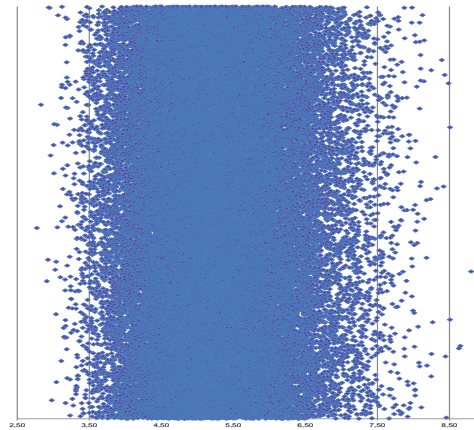


Fig. 10: Representación de la Dispersión de la Adecuación asignada a las Redes Neuronales Artificiales.

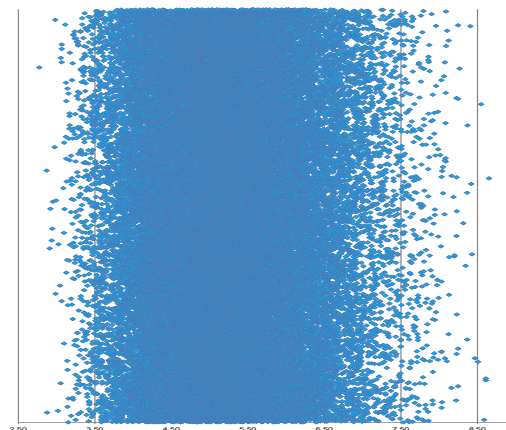


Fig. 11: Representación de la Dispersión de la Adecuación asignada a las Redes Bayesianas.

Con el fin de facilitar esta apreciación, en la Figura 12 se presenta un gráfico boxplot el cual permite comparar en una única figura los datos correspondientes a los límites superior e inferior (valores máximo y mínimo), el desvío máximo (media más la desviación estándar) y el mínimo (media menos la desviación estándar) de los valores asignados para cada arquitectura. Como se puede observar en dicha figura, los valores asignados a las Redes Neuronales y las Redes Bayesianas son equivalentes, pero hay una leve diferencia. En el caso

de las Redes Neuronales, los valores asignados son levemente superiores a los de las Redes Bayesianas pero la diferencia es mínima. En el caso de la primera red, los valores máximos y mínimos son 8,80 y 4,47 mientras que para la segunda son de 8,65 y 4,40. Esto genera que el promedio de la primera sea de 5,28 (con un desvío estándar de $\pm 0,81$) mientras que para el segundo es de 5,24 (con un desvío de $\pm 0,84$). Por lo tanto, la diferencia es muy pequeña, de manera que puede ser ignorada y se puede afirmar que el proceso propuesto es equitativo para ambas tecnologías.

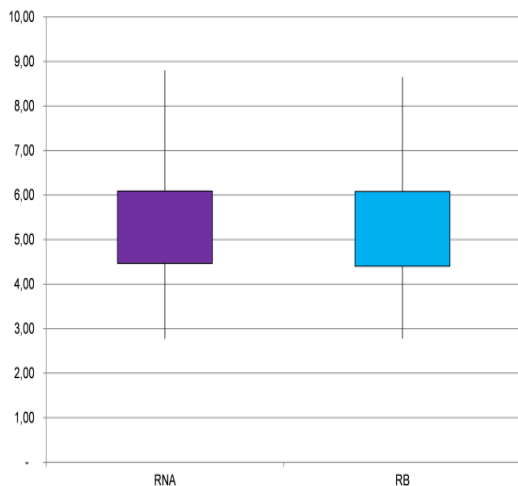


Fig. 12: Gráfico Boxplot de los Valores de Adecuación Asignados a cada Arquitectura.

No obstante, el hecho que sea equitativo no significa que siempre a un proyecto se le vayan a asignar los mismos valores de adecuación en ambas tecnologías. Para analizar esto se presenta la Tabla 3. En dicha tabla se indican la proporción de proyectos por cada combinación de los valores lingüísticos correspondientes a la interpretación de la adecuación asignada a cada arquitectura. Aunque la mayoría de los proyectos (el 30% de los 50.000 proyectos simulados) tienen asignado un valor 'regular' para ambas arquitecturas (es decir, se puede usar cualquiera de las tecnologías para implementar el modelo), el 29,6% han recibido un valor 'regular' para RNA y 'poco' para Redes Bayesianas (por lo que se debería usar una RNA para la implementación), mientras que el 27,4% tienen esos valores invertidos (por lo que se debería usar una Red Bayesiana). Entonces, se puede afirmar que el 87% de los proyectos simulados tiene un valor 'regular' en al menos una de las tecnologías pero sólo un tercio donde lo tiene en ambas.

Tabla 3: Comparación de los Valores de Adecuación Asignados a cada Arquitectura.

		Redes Neuronales Artificiales				
		nada	poco	regular	mucho	todo
Redes Bayesianas	nada	0%	0%	0%	0%	0%
	poco	0%	10,0%	29,6%	1,2%	0%
	regular	0%	27,4%	30,0%	0,3%	0%
	mucho	0%	1,1%	0,4%	0%	0%
	todo	0%	0%	0%	0%	0%

Por otro lado, en la Tabla 3 se puede observar que la mayoría de los proyectos restantes (el 10% del total) tienen asignado un valor de 'poco' en ambas arquitecturas por lo que ninguna sería recomendable para resolver el problema. Por último, el 3% de los proyectos que quedan por analizar tienen un valor de 'mucho' en alguno de sus valores de adecuación. En estos casos, la otra tecnología recibe en el 2,7% de los casos un valor de 'poco', pudiendo ser el otro valor igual a 'regular' (sólo para 312 proyectos del total lo que es menos del 1%). Nótese que a ningún proyecto se le ha asignado un valor de 'nada' o 'todo' por lo que no se detectan resultados con un valor extremo de todo o nada en la aplicación del proceso propuesto.

4.4. Análisis Estadístico de las Arquitecturas Recomendadas por el Proceso Propuesto

Para finalizar este análisis estadístico, se generan dos gráficos donde se presenta la distribución de la cantidad de arquitecturas recomendadas por el proceso propuesto. En la Figura 13 se presenta un gráfico de torta que indica la proporción de arquitecturas recomendadas de acuerdo a los valores de adecuación asignados. Como se puede notar, aunque en la sección anterior se ha determinado que los valores de adecuación asignados a cada arquitectura son equivalentes, el proceso propuesto tiende a recomendar más el uso de las Redes Neuronales Artificiales (para el 41% de los 50.000 proyectos) que las Redes Bayesianas (para el 39%). De todas maneras, la diferencia no es significativa (sólo del 2%) por lo que este comportamiento se considera aceptable ya que depende de las combinaciones de los valores de las características presentes en los proyectos generados al azar. Asimismo, se puede notar que del 20% de los proyectos restantes, en la mitad se recomienda utilizar cualquiera de las tecnologías (recomendación de "Ambas") y en la mitad no se recomienda aplicar ninguna de las tecnologías.

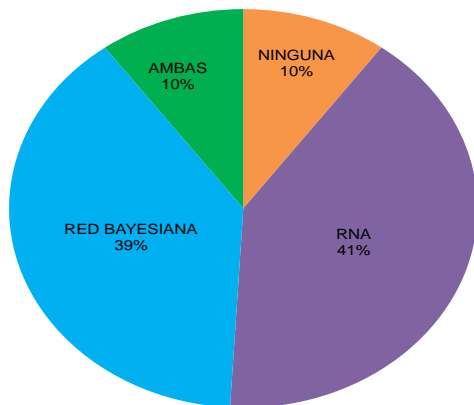


Fig. 13: Distribución de las Arquitecturas Recomendadas por el Proceso Propuesto.

Por otro lado, en la Figura 14 se presenta la proporción del tipo de tecnología recomendada considerando el mayor valor de adecuación asignado.

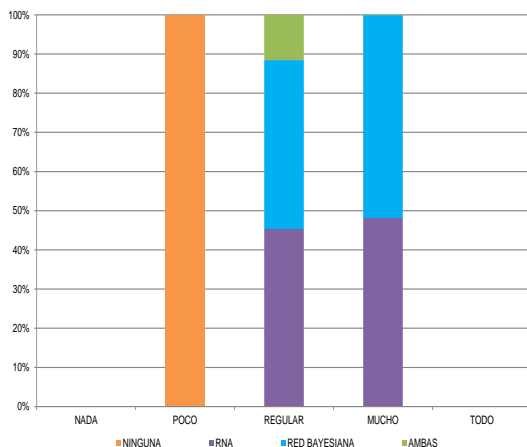


Fig. 14: Distribución de las Arquitecturas Recomendadas por el Proceso de acuerdo al Valor de Adecuación Asignado.

Como se puede notar en esta última figura, en todos los proyectos donde no se recomienda ninguna de las arquitecturas, el mayor valor de adecuación asignado es de 'poco' (es decir, que las dos arquitecturas evaluadas tienen una baja adecuación para implementar el modelo por lo que no se puede recomendar ninguna de las dos). Por otro lado, todos los proyectos donde se recomiendan utilizar ambas arquitecturas el valor asignado es de 'regular' (en otras palabras, la adecuación de ambas arquitecturas es equivalente y ninguna se destaca sobre la otra). Por último, cuando se recomienda una arquitectura específica (Red Neuronal Artificial o Red Bayesiana), el mayor valor de adecuación puede ser 'regular' o 'mucho'. Aunque a

simple vista parecería que la proporción de los valores asignados a cada arquitectura es similar, tiende a ser un leve superior en el caso del valor 'mucho' para las Redes Bayesianas (con un 52% con respecto a RNA) y de 'regular' para las RNA (con un 51% con respecto a las Redes Bayesianas).

4.5. Conclusiones del Análisis Estadístico para el Proceso Propuesto

A partir del estudio estadístico realizado, se puede concluir que dependiendo de los valores de las características, asignados por el ingeniero para el proyecto, el proceso propuesto puede recomendar una de las arquitecturas evaluadas, ambas o ninguna. Mientras que algunas características aumentan el valor de adecuación de ambas tecnologías (D1, D2, D3, y P1), otras (D4 y R1) potencian sólo la adecuación de las Redes Neuronales Artificiales y el resto (R2, R3, P2 y P3) la recomendación de las Redes Bayesianas. En otras palabras, el aumento de los valores para las características asociadas a los Datos tienden a seleccionar una Red Neuronal como mejor alternativa, y el aumento de los valores de la mayoría de las características asociadas a los Resultados y al Dominio del Problema generan que se recomiende una Red Bayesiana. Esto es consistente con las condiciones detectadas en la sección 2 de la investigación documental realizada sobre cada tipo de arquitectura. Asimismo, se puede concluir que el proceso propuesto es equitativo en las recomendaciones generadas, siendo justo para cada arquitectura y no cayendo en valores extremos. Por lo tanto, se determina que el proceso propuesto tiene un comportamiento aceptable para ser utilizado en la selección de la arquitectura de un Modelo Predictivo.

5. Conclusiones

Este trabajo presenta la propuesta de un proceso para la selección de la arquitectura más adecuada con el fin de construir un Modelo Predictivo Inteligente, dada que la dificultad asociada a la construcción de este tipo de modelos tiene que ver con determinar el tipo de arquitectura a aplicar, de acuerdo a las características del proyecto. El proceso propuesto permite evaluar la adecuación de cada característica del proyecto, aplicando información difusa y de esta manera, determinar cuál se considera la más recomendable a aplicar.

Asimismo, se ha realizado un análisis estadístico del comportamiento del proceso propuesto concluyendo que es aceptable su utilización para la selección de la arquitectura de un Modelo Predictivo.

Queda como futura línea de trabajo extender el proceso para que pueda evaluar la adecuación de otras tecnologías. Para ello, solo se necesitan definir los nuevos valores de los pesos correspondientes. Si fuera necesario también incorporar nuevas características, ello se puede realizar sin tener que modificar las fórmulas ni los pasos del proceso. Sólo se debe agregar la característica asignando un peso de cero para las arquitecturas actuales (de forma que no se modifique el comportamiento actual) y asignando los pesos correspondientes para la nueva arquitectura.

Referencias

- [1]. Robbins, S. & Coulter, M. (2010). Administración. Décima Edición. Prentice Hall. ISBN: 978-607-442-388-4.
- [2]. Mair, C., Kadoda, G., Lefley, M., Phalp, K., Schofield, C., Shepperd, M. & Webster, S. (2000). An investigation of machine learning based prediction systems. *Journal of Systems and Software*, 53(1), 23-29.
- [3]. García Martínez, R., Servente, M. & Pasquini, D. (2003). *Sistemas Inteligentes*. Editorial Nueva Librería. Buenos Aires. ISBN 987-1104-05-7.
- [4]. Nilsson, N. J. (2014). *Principles of Artificial Intelligence*. Morgan Kaufmann.
- [5]. Russell, S. J., Norvig, P., Davis, E., Russell, S. J. & Russell, S. J. (2010). *Artificial Intelligence: a modern approach (Vol. 2)*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- [6]. Shepperd, M. & Kadoda, G. (2001). Comparing software prediction techniques using simulation. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 27(11), 1014-1022.
- [7]. Bontempi, G., Taieb, S. B. & Le Borgne, Y. A. (2013). Machine learning strategies for time series forecasting. In *Business Intelligence* (pp. 62-77). Springer Berlin Heidelberg.
- [8]. Alpaydin, E. (2014) *Introduction to machine learning*. MIT press.
- [9]. Benítez, J. M., Castro, J. L. & Requena, I. (1997). Are artificial neural networks black boxes?. *IEEE Transactions on neural networks*, 8(5), 1156-1164.
- [10]. Mitchell, T.M. (1997) *Machine Learning*. McGraw-Hill, New York.
- [11]. Wang, S. C. (2003). Artificial Neural Network. In *Interdisciplinary Computing in Java Programming* (pp. 81-100). Springer US.
- [12]. Wang, L. & Fu, K. (2009). Artificial Neural Networks. *Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering*. 181-188.
- [13]. Barber, D. (2012). *Bayesian Reasoning and Machine Learning*. The MIT Press.
- [14]. Premchaiswadi, W. (2012) *Bayesian Networks*. Ed. In-Tech.
- [15]. Chatfield, C. (2016). *The analysis of time series: an introduction*. CRC press.
- [16]. De Gooijer, J. G. & Hyndman, R. J. (2006). 25 years of time series forecasting. *International journal of forecasting*, 22(3), 443-473.
- [17]. Zhang, G. & Hu, M.Y. (1998). Neural network forecasting of the British pound/US dollar exchange rate. *Omega, International Journal of Management Science*, 26 (4) 495-506.
- [18]. Zhang, G., Patuwo, B. E. & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International journal of forecasting*, 14(1), 35-62.
- [19]. Cohen, P. R. & Feigenbaum, E. A. (2014). *The handbook of Artificial Intelligence*. Vol. 3. Butterworth-Heinemann.
- [20]. Wolpert, D. H. (1996). The lack of a priori distinctions between learning algorithms. *Neural computation*, 8(7), 1341-1390.
- [21]. Wolpert, D. H. & Macready, W. G. (1997). No free lunch theorems for optimization. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 1(1), 67-82.
- [22]. Domingos, P. (2012). A few useful things to know about machine learning. *Communications of the ACM*, 55(10), 78-87.
- [23]. Adya, M. & Collopy, F. (1998). How effective are neural networks at forecasting and prediction? A review and evaluation. *J. Forecasting*, 17, 481-495.
- [24]. Bontempi, G., Taieb, S. B. & Le Borgne, Y. A. (2013). Machine learning strategies for time series forecasting. In *Business Intelligence* (pp. 62-77). Springer Berlin Heidelberg.
- [25]. Constantinou, A. C., Fenton, N., Marsh, W. & Radlinski, L. (2016). From complex questionnaire and interviewing data to intelligent Bayesian network models for medical decision support. *Artificial intelligence in medicine*, 67, 75-93.
- [26]. Chen, S. H. & Pollino, C. A. (2012). Good practice in Bayesian network modelling. *Environmental Modelling & Software*, 37, 134-145.
- [27]. Masegosa, A. R. & Moral, S. (2013). An interactive approach for Bayesian network learning using domain/expert knowledge. *International Journal of Approximate Reasoning*, 54(8), 1168-1181.
- [28]. Mendes, E. (2011). Knowledge representation using Bayesian networks - A case study in Web effort estimation. In *Information and Communication Technologies (WICT), 2011 World Congress on* (pp. 612-617). IEEE.
- [29]. Pitchforth, J. & Mengersen, K. (2013). A proposed validation framework for expert elicited Bayesian Networks. *Expert Systems with Applications*, 40(1), 162-167.
- [30]. Ruelas-Santoyo, E. A. & Laguna-González, J. A. (2014). Comparación de predicción basada en redes neuronales contra métodos estadísticos en pronósticos de ventas. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, IV (Enero-Junio)*. ISSN 1856-8327.
- [31]. Trujillano, J., March, J. & Sorribas, A. (2004). Aproximación metodológica al uso de redes neuronales artificiales para la predicción de resultados en medicina.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Med Clin (Barc), 122(s1).

- [32]. Woodberry, O., Nicholson, A. E., Korb, K. B. & Pollino, C. (2004). Parameterising bayesian networks. In Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence (pp. 1101-1107). Springer Berlin Heidelberg.
- [33]. Zhou, Y., Fenton, N. & Neil, M. (2014). Bayesian network approach to multinomial parameter learning using data and expert judgments. International Journal of Approximate Reasoning, 55(5), 1252-1268.
- [34]. Jang, J.S.R. 1997. Fuzzy inference systems. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- [35]. Vegega, C., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, M.F. (2018a). Implementación del Método Evaluador de las Tecnologías. Disponible en: <https://tinyurl.com/MetEvTecnol>
- [36]. Metropolis, N. y Ulam, S. 1949. The Monte Carlo Method. Journal of the American Statistical Association; 44(247), pp. 335-341.
- [37]. Vegega, C., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, M.F. (2018b). Banco de Datos de Prueba generados por el Método Monte Carlo para analizar el Método de Evaluador de las Tecnologías. Disponible en: <https://tinyurl.com/bancoDatosMetEvTecnol>

Análisis y Diseño de un Simulador basado en Autómatas Celulares para el Análisis de Tráfico Vehicular

Julio Monetti¹, Cristian Tissera² & Oscar León¹
{julio.monetti,ptissera,oleon111}@gmail.com

¹Ingeniería en Sistemas de Información-FRM-UTN, ²Departamento de Informática-UNSL
República Argentina

Resumen

La simulación de tráfico vehicular representa en la actualidad un instrumento indispensable para aquellos analistas e ingenieros de tránsito que requieren describir el comportamiento del flujo en una ciudad, debido principalmente a que cualquier tipo de investigación experimental encuentra rápidamente limitaciones operativas, financieras y lógicas. Existen numerosas metodologías para alcanzar este fin, muchas de ellas materializadas en software de simulación, que generalmente aborda el problema desde una perspectiva analítica. El presente trabajo propone la aplicación de un framework de simulación microscópica conformado por dos sub-modelos. El primero basado en el concepto de autómatas celulares (AC) permite describir la geometría y la dinámica del área espacial bajo estudio, mientras que el segundo utiliza el concepto de agentes inteligentes (AI) para representar las características particulares de los vehículos que pueblan el ambiente. A través de la interacción y de la evolución coordinada de estos dos sub-modelos es posible simular la dinámica del tránsito vehicular dentro de un área específica.

1. Introducción

Una simulación permite imitar la evolución de un sistema del mundo real a través del tiempo con el objetivo de realizar inferencias sobre el comportamiento del sistema verdadero. El estudio de un sistema de la realidad a lo largo del tiempo es realizado mediante el desarrollo y posterior ejecución de un modelo de simulación implementado computacionalmente.

El modelado y simulación de fenómenos observados en la realidad es sustentado generalmente por métodos numéricos, materializados estos a través de algoritmos computacionales. Estas técnicas emplean relaciones matemáticas que son evaluadas a través de procesos iterativos y a lo largo del tiempo, con lo cual se torna sumamente importante una correcta construcción

algorítmica de la solución y una adecuada selección de la tecnología que permitirá la ejecución de la simulación.

A partir de esto, y en el contexto del estudio de la dinámica vehicular, es posible utilizar la simulación para proponer estrategias y realizar mejoras en el mundo real a través de la ejecución de obras civiles o el establecimiento de nuevas políticas de circulación.

El presente trabajo surge como aplicación de una metodología (materializada en un *framework de simulación basado en agentes*) ya utilizada para el modelado y simulación de dinámicas pedestres en espacios confinados [1]. Se destaca que el paradigma de simulación basado en agentes no impone restricciones de diseño, lo que permite maximizar el nivel de detalle, ofreciendo la ventaja de permitir construir un gran número de objetos o seres y entornos virtuales en los cuales éstos conviven, haciendo más fácil el estudio de comportamientos complejos (propiedades emergentes) que surgen a partir de la interacción de los mismos. El objetivo del trabajo consiste en instanciar este *framework* para ser aplicado a la simulación de tránsito vehicular.

En la sección 2 se confronta el objetivo del presente estudio con las necesidades manifestadas por diferentes organismos públicos relevados, los cuales están encargados de instaurar políticas de circulación vehicular. En la sección 3 se realiza una breve reseña acerca de diferentes modelos de tránsito existentes. En las secciones 4 y 5 se completa esta reseña con trabajos focalizados en autómatas celulares y agentes, como bases formales para la construcción del modelo.

En la sección 6 se analiza la instanciación de los modelos teóricos presentados para dar solución al problema. Finalmente, en la sección 7 se mencionan las principales características tecnológicas tenidas en cuenta en la tarea de desarrollo.

2. Motivación

Existe una importante variedad de ejemplos para abordar la problemática del modelado de flujo vehicular, los cuales se enfocan en diferentes metodologías para la predicción de diferentes escenarios. Desde la perspectiva

del ingeniero de tránsito, resulta útil la visión de Cal y Mayor [2] en el estudio de la dinámica vehicular, a partir del estudio pormenorizado de la relación entre las variables útiles para describir el fenómeno.

Algunos precursores en el tema, como Helbing [4], utilizaron modelos basados en ecuaciones diferenciales para modelar el flujo de peatones en situaciones de evacuación. Es importante considerar que este tipo de estudios, plasmados en modelos analíticos, no permiten captar las características individuales de cada entidad (por ejemplo: vehículo, peatón, etc.) como tampoco los problemas locales de coordinación (por ejemplo en la formación de filas), lo que implica que frecuentemente resulten poco flexibles al momento de describir configuraciones altamente dinámicas y heterogéneas.

Los autómatas celulares, entre otros modelos formales, han resultado una herramienta conveniente para la simulación vehicular [5]. Este modelo matemático resulta adecuado para modelar un sistema dinámico como el que describe el fenómeno en cuestión. Se sugiere también el análisis de otras alternativas complementarias que permitan estudiar analíticamente cómo evolucionan situaciones particulares de tránsito.

Como menciona Nagel [6], ya desde 1950 existen estudios que se han enfocado en establecer una analogía entre la dinámica de fluidos y el tráfico vehicular. En particular, se destaca el modelo clásico de Nagel-Schreckenberg NaSch (1992) [7]. El modelo es uno de los primeros en tener en cuenta la reacción del conductor, particularmente en condiciones de aceleración o desaceleración, introduciendo una componente estocástica para simular estas acciones. El modelo NaSch radica en un conjunto de reglas que deben aplicarse en orden, para vehículos circulando de izquierda a derecha (dirección predefinida de viaje) y para cada iteración (paso de tiempo), teniendo en cuenta variables particulares, como la aceleración, el frenado, la reacción y características de manejo.

Como variante al modelo mencionado anteriormente, en 1998 Simon y Gutowitz [8] propusieron un modelo bidireccional de dos carriles, donde está permitido: 1) el paso de un carril a otro, 2) el paso en ambas direcciones, 3) el paso en una u otra solamente, 4) o en ninguna dirección. Se demuestra que las interacciones complejas dadas entre los vehículos que viajan en carreteras rurales de dos carriles pueden ser en gran medida descritas a través de algunas reglas simples. Proponen a continuación un aumento en el realismo esperado a partir de la utilización de modelos basados en autómatas celulares para tráfico vehicular. Para ello hacen extensivo un modelo de tráfico bidireccional de dos carriles que se aproxima al tráfico real en un nivel tanto microscópico como macroscópico.

En relación a la aplicación de AC en simulación se analiza también el trabajo de Hoyo (2006) [9], quien

propone un modelo de simulación basado en autómatas celulares unidimensionales binarios. Con el mismo logra observar también comportamientos interesantes y comparables con lo que ocurre en la realidad. Entre las limitaciones del modelo se tiene que su sencillez no permite simular situaciones de tráfico realistas en un nivel microscópico. Sin embargo, la utilización de este tipo de autómatas ofrece la ventaja de que su implementación computacional es sencilla, pudiéndose en futuras investigaciones incrementar la complejidad del modelo computacional al agregar nuevas reglas de transición que incluyan o permitan simular diferentes condiciones del tráfico.

Según lo expuesto por Lopez Laguna [10], quien también aborda la temática, un modelo basado en AC permite contar con una mayor eficiencia en tiempo de simulación, y por otro lado contar con la suficiente versatilidad como para modificar parámetros de entrada y estado del autómata. Esto permite que el control de la información perteneciente a la simulación esté toda disponible en el modelo.

En el año 2011, Lárraga [11] presenta un trabajo donde se describe un modelo para tráfico vehicular basado en autómatas celulares: el modelo LAI. Este último introduce un nuevo conjunto de reglas que incorpora la definición de un conjunto de umbrales importantes requeridos por un vehículo seguidor para acelerar/desacelerar o mantener su velocidad en forma segura. Además, el modelo introduce en la definición de su dinámica, capacidades de aceleración y desaceleración con un valor límite, cuya definición deriva de principios de conducción segura y de acuerdo con prácticas de ingeniería de transporte, las características de los vehículos individuales y las reacciones humanas. El modelo además incluye un parámetro para determinar la capacidad de frenado máximo que un vehículo puede aplicar en condiciones de emergencia. Este parámetro puede sintonizarse de acuerdo al tipo de vehículo bajo consideración. Resultados de simulación del modelo, obtenidos previamente de un sistema con condiciones de frontera periódicas, muestran que se puede suavizar el decaimiento de la velocidad cuando los vehículos se aproximan a un estancamiento vehicular. De esta forma, el modelo evita la condición de desaceleración abrupta encontrada en otros modelos que utilizan autómatas celulares.

Estudios como el de Salcido [5] representan una iniciativa académica que aporta una visión interesante respecto de la búsqueda de herramientas, soluciones y estrategias que contribuyan a mejorar las condiciones ambientales en grandes zonas urbanas. Se considera de suma importancia este trabajo, ya que más allá del aporte generado en el ámbito de la simulación vehicular, se encuentra inmerso en un entorno donde la congestión

vehicular representa un verdadero problema para la dinámica urbana.

De acuerdo a los trabajos citados anteriormente, los cuales referencian principalmente el uso de AC, se debe destacar que este tipo de modelos tiene el problema de asumir que todas las unidades elementales (células) siguen el mismo conjunto de reglas, no permitiendo modelar la heterogeneidad presente en este tipo de sistema, el cual puede ser considerado como un sistema complejo. De la misma forma no son capaces de rescatar las características de cada uno de los elementos que componen el sistema, debido a que, como se especificará en la sección 4, cada uno de los elementos del autómata (células) se describe de la misma manera que el resto, y no contempla cada uno de sus actores en forma individual (vehículos).

A partir de la información recabada por la observación directa del fenómeno, se confecciona un modelo que busca representar la realidad de la forma más precisa posible. Para completar la funcionalidad prevista por los AC, se consideran técnicas de modelado que permiten reparar en detalles como la evolución de las diferentes entidades simulables (vehículos o agentes) en forma atómica, permitiendo el seguimiento y calibración individual de las mismas. Los modelos basados en agentes promueven un nuevo enfoque para métodos computacionales que permiten modelar la estructura de un sistema complejo a partir de sus unidades constituyentes y simular su evolución dinámica a lo largo del tiempo. El uso de ellos establece una tendencia metodológica en expansión en estudios contemporáneos en ciencias y tecnologías.

Por otro lado, en la tarea de modelado se consideran diferentes tipos de variables, las cuales presentan características diferentes de acuerdo a la magnitud o cualidad representada, el grado de incidencia sobre el modelo, etc. Por ejemplo, se pueden presentar relaciones o variables endógenas que describan situaciones dentro del sistema y variables exógenas, cuyos valores provienen del medio ambiente y afectan al sistema. Ejemplo de las primeras se centran en la interacción entre los diferentes actores intervinientes, y el estado de los mismos en cada momento de simulación.

Actualmente el grupo de investigación cuenta con resultados de mediciones realizadas *in-situ* en zonas particulares de la ciudad de Mendoza, las cuales se consideran suficientemente representativas de una amplia gama de ciudades con las mismas características en lo que concierne al transporte público y privado. Al momento de realizar estos estudios, distintas entidades relevadas (por ejemplo, municipios y organismos de seguridad pública) destacaron la creciente necesidad tanto en establecer nuevas políticas de circulación, como así también analizar la implementación de obras civiles

que permitan paliar actuales y futuros inconvenientes en la circulación.

A partir de lo expuesto surge la necesidad de contar con un modelo de simulación que permita analizar el comportamiento del flujo vehicular con el objetivo de planificar el desarrollo vial atendiendo los problemas que puedan presentarse. Luego, se considera conveniente utilizar un modelo de simulación capaz de describir el fenómeno de tránsito vehicular de manera detallada, para lo cual se pretende utilizar un *framework* de simulación e instanciar el mismo para simular el tráfico.

3. Tipos de Modelos de Tránsito

3.1. Conceptos Generales

La ingeniería de tránsito, tal como lo señala Boxill *et al.* (2000) [3], presenta diferentes modelos formales, tomando como característica básica su nivel de detalle: modelos microscópicos, mesoscópicos y macroscópicos. Los modelos microscópicos son modelos que predicen de forma continua o discreta el estado de vehículos individuales, esto es, maximizando las posibilidades de simulación al tener en cuenta cada uno de sus actores y atributos. Las variables principales a considerar en el modelado microscópico son entre otras la *velocidad individual* y la *ubicación* de cada vehículo. En general, las medidas de efectividad tenidas en cuenta en simulación de tráfico son *velocidad, flujo y densidad*. Boxill agrega que los modelos macroscópicos se centran en la descripción del flujo de tráfico, lo cual resulta útil en ciertos análisis particulares. Los modelos macroscópicos tienden a obtener información con un nivel de abstracción alto, sin tener en cuenta directamente los componentes individuales del sistema, sino más bien su comportamiento conjunto. Por otro lado, en ciertos estudios pueden ser considerados también los modelos mesoscópicos, los cuales presentan aspectos de modelos macro y microscópicos. De lo expuesto anteriormente se concluye que los modelos macroscópicos no son adecuados para un máximo nivel de detalle en la simulación, ya que no permiten visualizar el proceso de simulado al trabajar a modo de caja negra.

Por tal razón, se plantea la aplicación de un modelo que permita abordar la simulación desde una perspectiva micro. Se propone luego un modelo híbrido compuesto por autómatas celulares y agentes inteligentes.

Se debe considerar que los modelos pueden ser caracterizados también en función de otros aspectos. Por ejemplo, los modelos de simulación vehicular se pueden clasificar según su funcionalidad: por ejemplo modelos basados en autopistas para estudiar el transporte en longitudes largas o modelos basados en carreteras urbanas para el estudio de situaciones de congestión y escape. Para diferentes tipos de

modelos, y en términos generales, la literatura menciona diferentes variables de medición como *viscosidad*, *divergencia*, *densidad máxima*, etc, necesarias para describir situaciones en la dinámica vehicular. Estas variables también pueden ser contrastadas con la observación de la realidad, como por ejemplo: condiciones de tráfico intermitente, situación de congestión, etc.

Para observar las posibilidades de simulación, en [3] se realiza un compendio en una tabla comparativa, donde se indican las características principales de los principales productos de simulación en el mercado, los cuales son analizados por los autores en busca de puntos de interés en común. (Una conclusión preliminar de este análisis destaca que en la actualidad se mantienen la mayoría de los productos mencionados por Boxill). Para proporcionar una visión más formal de los modelos antes citados se sigue el trabajo de Helbing [4], quien presenta los modelos de flujo antes mencionados, en particular para autopistas, confrontándolos exitosamente con datos empíricos. De acuerdo a lo manifestado anteriormente, y a la luz de los resultados esperados de la simulación propuesta en este estudio, se considera necesario que la herramienta propuesta provea la posibilidad de simular con el suficiente grado de detalle el comportamiento de los vehículos, más allá de la evaluación macro realizada a través del análisis de flujos.

Retomando la discusión sobre la recolección de datos, se distinguen trabajos más actuales en la literatura, como por ejemplo el de López Laguna (trabajo final de carrera) [10], que mantiene y ratifica conceptos básicos como los citados anteriormente. López Laguna considera razonablemente que la propuesta de obras civiles (carreteras y vías de circulación en general) es inconcebible sin un estudio previo de viabilidad. Para ello, indica opciones como la contratación de expertos, análisis de prueba y error *in-situ*, o como el autor señala como metodología válida en su ámbito de estudio: “*la policía municipal cortando un carril de circulación para comprobar si el flujo de tráfico se mantiene sostenible añadiendo o suprimiendo dicho carril*”. Como marca Lopez Laguna, todas estas alternativas en la adquisición de datos conllevan repercusiones negativas, tanto económicas como sociales. Luego concluye que la utilización de un simulador de flujo de tráfico ofrece una alternativa muy competitiva respecto al resto de las opciones. (De acuerdo con Lopez Laguna, en el presente trabajo se supone la adquisición previa de datos).

Luego, el problema radica en la dificultad de asegurar una fiabilidad máxima en la emulación de un entorno real, tan dinámico y variable. Continuando con la discusión en la implementación de un simulador, se menciona que otras variables que se deben considerar son aquellas que describen contextos poco frecuentes, como situaciones climáticas no recurrentes, acciones poco

probables llevadas a cabo por los conductores, etc. También se debe considerar la existencia de agentes externos al modelo, los cuales pueden influir en diferentes medidas en el comportamiento global del sistema. (Luego, la sola consideración de los mismos supone implícitamente su inclusión).

3.2. Variables de interés para el modelado

Como se comentó anteriormente, se han realizado observaciones de campo, las que han sido verificadas de acuerdo a técnicas utilizadas en ingeniería de tránsito. Entre otras observaciones se analiza particularmente la relación entre la densidad de tráfico y el índice de rozamiento entre vehículos. Se comprueba que frente a una densidad baja, donde no se observa rozamiento entre vehículos, la velocidad tiende a la velocidad de flujo libre, dependiendo esta del conductor, y no de factores externos a la voluntad del mismo.

Pueden contribuir también a esta velocidad otros factores no tenidos en cuenta aún en el presente trabajo (que serán modelados a futuro), pero si observadas en los estudios de campo, como son por ejemplo las condiciones físicas del tramo transitado. La densidad en un tramo puede ser calculada en función del flujo de vehículos y la velocidad de los mismos, por ejemplo, a través de la expresión (1):

$$D = \frac{vh}{V} \quad (1)$$

donde vh es la razón de flujo (vehículos por hora), V la velocidad promedio (kilómetros por hora), y D la densidad (vehículos por kilómetro). Esta última generalmente se expresa por carril cuando se realiza el estudio para autopistas. En el caso del estudio de la densidad en una carretera urbana resulta también de interés calcular la densidad en forma conjunta para los diferentes carriles de un tramo de esquina a esquina.

Los estudios de campo mencionados han permitido aproximar los valores expresados en (1), lo que ha permitido también observar *a priori* el comportamiento de diferentes tramos de interés. Por ejemplo, se observa que al aumentar la densidad (cantidad de vehículos creciente en un tramo), situación que se presenta en hora pico en el área de estudio propuesta, los conductores se encuentran con otros vehículos frente a ellos, con lo cual están obligados a circular a la velocidad promedio del conjunto de vehículos que le preceden. Siguiendo este razonamiento, y en base a las observaciones de campo, se concluye que cuando se presenta una densidad máxima (distancia mínima entre vehículos consecutivos), la velocidad de circulación tiende a cero. Como se señala en secciones siguientes, esta situación es sumamente difícil para modelar y simular.

La densidad D puede ser también calculada en función de la cantidad de vehículos N en un tiempo y tramo dados, en relación a la longitud de dicho tramo d . (relación 2).

$$D = \frac{N}{d} \quad (2)$$

El fin es cuantificar y observar a través de la ejecución del algoritmo la relación inversamente proporcional entre la velocidad promedio (V) en un tramo con la densidad del mismo (D), y a partir de ella establecer nuevas relaciones entre diferentes variables para establecer un estado general del sistema. Por ejemplo, realizar un análisis sobre el estado de transitabilidad del tramo y su influencia sobre la velocidad cuando la densidad es alta o baja.

En una primera instancia, se complementa esta información con la tasa de paso entre dos tramos $TP(i,j,t)$, donde t es la cantidad de tiempo transcurrida e i y j son dos tramos contiguos (ver figura 1). Por conveniencia para el futuro procesamiento del simulador, las relaciones de paso entre un tramo y otro están volcadas en una matriz de adyacencia.

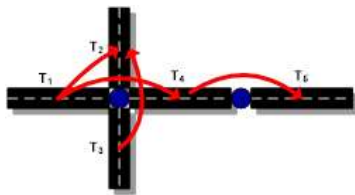


Figura 1. Ejemplo de posibilidades de circulación, dadas por el sentido de las calles, y posibilidad de viraje en esquinas.

Otra relación importante a observar es el espaciamiento promedio dado por tramo entre vehículos. La figura 2 muestra un ejemplo de un conjunto de N vehículos y los correspondientes espaciamientos S_i entre dos vehículos consecutivos.

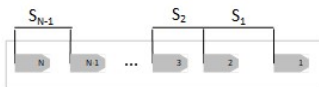


Figura 2. Espaciamientos S_i entre vehículos consecutivos.

El espaciamiento promedio se calcula como

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} S_i}{N-1} \quad (3)$$

Donde \bar{S} , valor medio, indica una primer aproximación al cálculo de la densidad en el tramo,

teniendo en cuenta el total de vehículos N , y el espaciamiento para cada uno de ellos S_i , con $i=1..N$. Esta medida es de valiosa importancia para la correcta calibración del modelo de datos propuesto en el trabajo.

Luego, para el análisis de datos vinculados con el tráfico, en torno a las relaciones (1), (2) y (3) y otras derivadas de ellas, surge la necesidad de expresar el modelo formalmente. En las siguientes secciones se comienza a delinear este aspecto.

3.3. Caracterización del sistema para simulación

De acuerdo a lo relevado en la literatura y expuesto en párrafos anteriores, se concluye que existen variados modelos para el sistema en discusión, donde la adopción de uno de ellos depende de la naturaleza de la información que se reúna, y el grado de complejidad y completitud del estudio que se desea llevar a cabo. En el presente estudio se pretende realizar una representación dinámica del flujo de vehículos a través del paso del tiempo, evaluando en tiempos discretos situaciones de congestión para tramos de interés dados por las relaciones (1) y (2).

El trabajo comienza caracterizando el sistema a modelar según lo propuesto en [1], identificando las principales variables que describen el fenómeno. El modelo de tránsito previsto proviene de un estudio previo a este trabajo, y se organiza de acuerdo a las siguientes características: 1) El avance temporal modelado lo describe como un modelo dinámico, debido a que su estado varía con el tiempo; 2) De acuerdo a su forma de representación, se considera como un modelo matemático, ya que representa la realidad en forma abstracta; 3) Sus variables son principalmente discretas, por lo que las variaciones en el estado se dan en pasos particulares; 4) Se considera el sistema como estocástico, debido a la utilización de variables aleatorias para representar el comportamiento del sistema; 5) Su origen se considera como artificial, ya que es consecuencia de la actividad del hombre; 6) y concreto, por corresponder a un sistema físico y tangible. Teniendo en cuenta su relación con variables endógenas y exógenas, el modelo se considera como abierto, por depender su funcionamiento de actividades externas que lo afectan. El estado general del modelo se ve afectado por el comportamiento de la totalidad de los vehículos, lo que provoca que exista una interacción entre ellos, alterando continuamente el comportamiento individual. Se destacan principalmente la variable de estado ES_i (cantidad de vehículos encontrados en el tramo i , con $i=1..n$, y n cantidad de tramos a simular. Por otro lado, se prevé el modelado y medición de las variables típicas encontradas en un modelo de tránsito:

Velocidad. Medida como la tasa de variación teniendo en cuenta tiempo y espacio recorrido.

Velocidad Promedio por Tramo. A través de la media estadísticas en base al conjunto de vehículos observados.

Velocidad de Flujo libre por Tramo. Máxima velocidad estimada suponiendo la ausencia de congestión.

Flujo. La frecuencia a la cual circulan vehículos en el período de tiempo y lugar de interés.

Volumen. Medida como la cantidad de vehículos que transitan por un tramo en un período de tiempo.

Densidad. Medida como cantidad de vehículos por tramo.

Intervalo de tiempo. Dado por el paso de tiempo entre el paso de dos vehículos consecutivos (promedio).

Siguiendo a [1] se modela el problema antes presentado en base a dos submodelos:

SMA (Sub-Modelo Ambiental) basado en autómatas celulares.

SMV (Sub-Modelo Vehicular) basado en agentes.

Se pretende obtener un modelo de simulación microscópico basado en agentes donde la dinámica vehicular es representada por un conjunto de agentes y la disposición urbana es representada por un autómata celular. Se considera luego un modelo híbrido que contempla dos submodelos interactuando entre sí.

4. Autómatas Celulares

4.1. Concepto General

Un autómata celular es un modelo matemático útil para modelar sistemas dinámicos que evolucionan a través del tiempo en pasos discretos. Se presenta como un arreglo d-dimensional con $n*m$ cantidad de celdas, donde cada celda contiene atributos que varían sus valores a lo largo de la evolución del sistema. Cada una de las celdas del autómata presenta el mismo conjunto de atributos y comportamiento.

Al introducir el concepto de autómata celular, resulta imperativo en primer lugar describir el tipo de vecindario

tenido en cuenta en el mismo. Se define como vecindario de una celda al conjunto de celdas contiguas a la misma. Luego, y teniendo en cuenta el espacio bidimensional propio del autómata celular, cabe la distinción entre dos tipos de vecindarios principales: 1) El vecindario de Moore, donde dada una celda rectangular, el vecindario está compuesto por el conjunto de las ocho celdas contiguas, y 2) El vecindario de Von Neumann, compuesto por el conjunto de las cuatro celdas ortogonalmente contiguas a la primera. En el trabajo, y por razones de versatilidad en la dinámica prevista para el modelo se considera el vecindario de Moore.

4.2. Definición formal de autómata celular

De acuerdo a la apreciación de la sección anterior, y con el objeto de formalizar el concepto de autómata celular para su utilización en términos computacionales, se define al mismo como un sistema compuesto por un arreglo de celdas (o vértices) A . Cada celda C_i de A representa un autómata finito con un conjunto de estados Q , un alfabeto de entrada Σ , y una función de transición $\delta = Q \times \Sigma \rightarrow Q$. Una particularidad de este autómata es que su alfabeto de entrada Σ está dado por todas las combinaciones posibles de los estados de los autómatas correspondientes a las celdas adyacentes [15]. Se denota N^{-C_i} a la especificación del conjunto de celdas que se consideran adyacentes de una celda arbitraria C_i , y $|N^{-C_i}| = n$ resulta el número de celdas adyacentes.

Un autómata celular puede ser representado por la 6-tupla:

$$C = \{C, Q, N, \theta, \delta, Pr\delta\} \quad (4)$$

donde C es el espacio celular d-dimensional, Q representa el conjunto finito de estados para una celda, N es el conjunto de celdas que constituyen el vecindario, θ es el conjunto $\theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\}$, con $k=N_1 \times N_2 \times \dots \times N_D$ (dimensiones del espacio celular C) de manera tal que $\theta_i \in \theta$, denota el conjunto de variables de información de estado asociado a cada celda c_i . δ es la función de transición de estados (reglas de evolución) del autómata celular que actualiza el valor de cada celda a través del tiempo. $Pr\delta$ es la función probabilística de transición de estados, que aporta la componente estocástica en la evolución de la simulación.

Como se indicó anteriormente, una celda puede presentar diferentes estados, entre los cuales se destacan a grandes rasgos dos principales: 1) Aquellas por las cuales no se puede transitar, y 2) aquellas celdas que corresponden a tramos de circulación vehicular (calles). Estas últimas pueden presentar luego estados particulares. El modelo debe prever la posibilidad de definir diferentes tamaños de celdas, brindando la posibilidad de que una celda pueda contener más de un

vehículo. Incluso se contempla el caso de que un tramo completo (de esquina a esquina) se comporte como una única celda. A esta situación se la denomina en el presente estudio como condición monocelda.

5. Agentes y programación basada en agentes

5.1. Concepto General

Si bien no es fácil encontrar una definición universalmente aceptada, se considera un agente como una entidad que actúa siguiendo uno o varios comportamientos. Básicamente, un agente es cualquier cosa capaz de percibir su entorno con la ayuda de sensores y actuar sobre dicho entorno mediante actuadores [12]. Wooldridge lo define como un sistema (o entidad) físico o virtual, situado en algún ambiente, que es capaz de actuar de manera autónoma y flexible en este ambiente a los fines de lograr los objetivos que le han sido delegados [14].

La utilización de esta entidad da lugar a la programación orientada a agentes (AOP por sus siglas en inglés), considerado por muchos autores como un nuevo paradigma de programación, utilizado principalmente en áreas como la inteligencia artificial y sistemas distribuidos. La AOP describe aplicaciones con un conjunto de agentes que se caracterizan principalmente por su autonomía y habilidad para comunicarse entre sí. Pueden llevar a cabo acciones complejas en forma independiente, y tomar la iniciativa sobre sus tareas sin un estímulo explícito por parte del entorno. En [13] se realiza una descripción de las características principales que un agente debe exponer, caracterizando a los mismos de acuerdo a su función dentro del sistema.

Como se mencionó anteriormente, si bien no existe un consentimiento general acerca del concepto de agente o agente inteligente, la literatura en general menciona tres tipos principales: los reactivos, los cognitivos e híbridos. Los primeros con capacidades limitadas de asimilación de información y decisión; y los segundos con una mayor capacidad de emular entidades que además de reaccionar ante estímulos externos pueden, con una capacidad de orden mayor, decidir sobre el estado futuro propio. Los agentes inteligentes híbridos intentan adoptar las características de los dos anteriores, mejorando las capacidades de simulación. Este concepto facilita al extremo las posibilidades de microsimulación.

Ya analizado el concepto y las bondades provistas por los agentes inteligentes, se considera este paradigma útil en la aplicación del *framework* de simulación producto del presente trabajo.

5.2. Formalización del concepto de agente

Formalmente: dados un conjunto de estados del ambiente $S = \{s_0; s_1; s_2; \dots; s_{|S|}\}$, un conjunto de acciones A (capacidades efectoras del agente), un agente Ag puede ser considerado en forma abstracta como una función

$$Ag: S^* \rightarrow A \quad (5)$$

donde S^* es el conjunto de secuencias de estados en S .

Como se mencionará en secciones siguientes, esta función se puede materializar fácilmente a través de la programación orientada a objetos, cuyo objetivo principal es la abstracción de entidades y fenómenos de la realidad.

6. Propuesta de implementación computacional

6.1. Framework de simulación

El *framework* se compone de dos partes principales. El submodelo ambiental (SMA), basado en AC, se utiliza para describir el ambiente físico que será transitado por un conjunto de agentes inteligentes. Este ambiente se discretiza para componer el conjunto de celdas que forma el AC.

El submodelo de agentes (SMV) pretende capturar las particularidades de cada uno de los componentes individuales (vehículos) que interactuarán entre sí y con el ambiente.

6.2. Descripción e instanciación del submodelo ambiental SMA

La figura 3 muestra un primer acercamiento al autómata celular previsto en el trabajo. El conjunto de celdas en color blanco (*ct1*) representan tramos de circulación y cruces (esquinas). Las celdas de color azul (*ct2*) aquellas por donde no es posible circular, pero que de acuerdo a su estado pueden modificar el estado y comportamiento de una celda *ct1*. El SMA contiene principalmente aquellas características ambientales estáticas, dadas por la configuración espacial del ambiente, como por ejemplo elementos que describen la geometría del espacio a simular (calles, cruces, etc.). La simulación de este modelo pretende observar el comportamiento dado por las relaciones (1) y (2), y analizar también fenómenos de difusión a través del espacio. Estas características son fácilmente modelables a través de un autómata celular, donde cada una de sus celdas altera su estado en tiempo de simulación para describir la evolución del fenómeno observado.

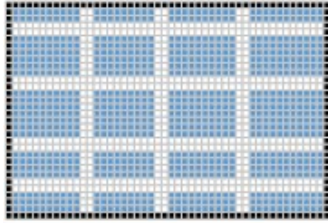


Figura 3. Autómata celular. Las celdas en color blanco representan aquellos espacios por donde puede circular un vehículo.

Desde un punto de vista computacional, el autómata se materializa a través de una grilla bidimensional compuesta por celdas rectangulares, cada una de ellas con un estado propio. Cada celda corresponde a un espacio (variable) de $m*n$ metros cuadrados donde puede ubicarse un agente. Cabe destacar que resulta adecuado establecer dimensiones variables para cada celda, lo que brinda mayor versatilidad en la simulación. Se predefine como dimensión por defecto una celda de $5*2$ metros cuadrados. Como se especificó anteriormente, las celdas marcadas en color azul (estado no transitable) son aquellas sobre las cuales no existe posibilidad de circulación, y en una primera instancia se crean al solo efecto de cumplir con las formalidades del modelo de autómata celular propuesto. Las celdas blancas adoptan el comportamiento mencionado en párrafos anteriores para el modelo NaSch. Los agentes (vehículos) se desplazan hacia celdas contiguas, y de acuerdo a un sentido de circulación predeterminedo.

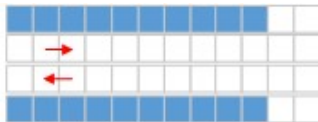


Figura 4. El sentido de circulación de cada agente está dado por la contigüidad de las celdas.

En principio, un agente puede trasladarse únicamente a una celda contigua del autómata (ver figura 4), y solo en el caso de que la segunda se encuentre en el conjunto de celdas vecindario de la primera. Este conjunto de celdas está dado por el sentido de circulación del tramo. Otra condición es que la celda a ocupar por un agente no se encuentre actualmente ocupada por otro. Se considera a continuación, la posibilidad de que un agente cambie de carril en el caso de que la próxima celda a ocupar en el carril actual esté ocupada. Esta *decisión* en el cambio de conducción por parte del agente es un comportamiento que se da de acuerdo a sus rasgos de conducción, materializados por el conjunto de datos que lo describe (atributos). Cada celda tiene un conjunto de características, y se implementa como un tipo de datos abstracto, lo que permite encapsular tantos atributos

como sean necesarios para describir las condiciones físicas de la misma, como por ejemplo para especificar si contiene un reductor de velocidad, o el nivel de saturación actual de la misma.

Retomando la expresión (4) que establece formalmente los componentes del autómata celular considerado en este trabajo, se instancian a continuación los valores de interés para la simulación de tránsito vehicular. Algunos valores destacables en la 6-tupla son:

C: Matriz bidimensional de $m*n$, con $m=1000$ y $n=1000$ valores (variables) utilizados para una simulación estándar. Si bien estos valores por defecto son tomados como referencia en una simulación clásica, los mismos pueden ser cambiados de acuerdo a una calibración previa del modelo. (Cabe destacar que si bien las dimensiones de celda pueden variar, tal variación se da para el conjunto de todas las celdas).

Q: Representa un conjunto finito de estados para una celda. Los diferentes estados pueden corresponder a parámetros fijos (por ejemplo ver a continuación el estado s o r) o situaciones particulares alcanzadas a través de la evolución de la simulación (por ejemplo ver a continuación el estado t). Los estados posibles para cada celda pueden ser

- **s:** celda salida. Sumidero, donde los vehículos que dejan la misma son considerados fuera del modelo. Corresponden a las celdas en la frontera del autómata celular.
- **v:** celda vacía. Al tomar este estado, se determina que no existe ningún agente circulando sobre la misma.
- **t:** celda saturada. Esta condición está dada en base a la observación de las celdas vecinas. La saturación se da ante la imposibilidad de movilidad del agente hacia ella (situación de congestión). Para ello, y en tiempo de simulación, se evalúa no solo las celdas contiguas donde el agente tiene posibilidad de situarse, sino también las celdas subsiguientes, y las diferentes probabilidades de ocupación de las mismas en los subsiguientes tiempos de simulación.
- **r:** celda con un reductor de velocidad. Corresponde a badenes, lomos de burro u otros dispositivos o técnicas tenidas en cuenta para imponer reducción de velocidad.
- **tI:** La celda debe contemplar que junto a ella se encuentra algún servicio público o comercial susceptible de ser modelado. Por ejemplo, un colegio, siendo necesario observar en diferentes horarios un comportamiento particular en la simulación.

N : Es el conjunto de celdas que constituyen el vecindario, donde $N = c_i \cup N^{-c_i}$ es el conjunto de celdas que pueden ser accedidas desde c_i . A diferencia de [1], donde la cantidad de posibles vecinos para cada c_i es constante, en el presente trabajo se establece que el vecindario posible para una celda c_i , está dado por el conjunto de celdas c_k , con $k=1..n$ cantidad de celdas posibles a los cuales se puede transitar desde la celda c_i . Generalmente $n=1$, para denotar la próxima celda dentro del carril actual. Valores mayores de n se dan por ejemplo ante la situación de cambio de carril o posibilidad de giro en una esquina.

θ : arreglo que contiene variables de información de estado asociado a cada celda c_i . Se utilizan, entre otras, las siguientes variables para cada θ_i :

- **kf**: Es una variable de tipo entera, indicadora del nivel de saturación de la celda. Toma valores en el rango $[0..ns_i]$, donde ns_i es el nivel de saturación para la celda c_i .
- **kt**: es una variable discreta que describe el tipo de cruce (cruce simple, múltiple, etc). kt toma valores en el caso corresponder a un cruce de carriles, o vacía en caso contrario. Ejemplos de valores para kt son, 0: cruce no semaforizado; 1: semaforización de 1 tiempo; 2: semaforización de 2 tiempos; etc.
- **kp**: es un par ordenado de variables reales (x,y) que representan la coordenada cartesiana de la celda. Estos valores se utilizan con el fin de aportar información visual a la simulación. Si bien las coordenadas pueden ser normalizada a valores propios del sistema, las mismas son presentadas el usuario de acuerdo al sistema de posicionamiento global. Por ejemplo $(-32.888701;-68.842743)$.

δ : presenta las reglas de evolución a través del tiempo para el conjunto de celdas. La función tiene en cuenta como parámetros de entrada la celda actual c_i , el conjunto de celdas adyacentes, y el estado de cada una de ellas. De acuerdo a este conjunto de valores el sistema modifica las capacidades de circulación entre la celda actual y sus vecinas.

Prδ: En esta función se incorpora un componente estocástico para evitar que la evolución de la simulación no caiga en un comportamiento determinístico. Esta función asegura una máxima dispersión de los comportamientos esperados para cada una de las entidades simuladas.

A partir de la descripción anterior, se resume que el autómata celular tiende a modelar también el

comportamiento de todo aquello que no provenga de la conducta propia de cada agente, el cual es capaz de evolucionar individualmente a través de la simulación.

Dentro de las celdas por las cuales puede circular el vehículo se encuentran aquellas con un comportamiento particular, y representan una intersección de dos carreteras (celdas en color gris en figura 5).

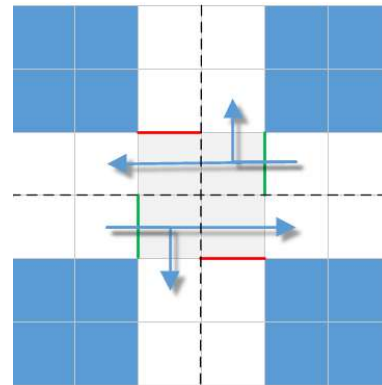


Figura 5. Autómata celular. Las celdas grises representan aquellas donde se encuentra una intersección de carreteras

Este último tipo de celda presenta un comportamiento complejo, puesto que en ellas se configuran las posibilidades de circulación y viraje de acuerdo a semáforos u otro tipo de sincronización (ver figura 6).

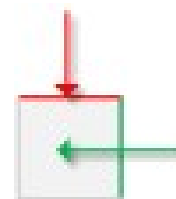


Figura 6. Celda del autómata celular. Un cruce de carriles debe ser particularmente modelado por la complejidad que este reviste.

Visualmente, el simulador presenta los cruces con líneas rojas y verdes que denotan la posibilidad de circulación dada por el conjunto de semáforos si estos estuvieran presentes en el cruce.

6.3. Descripción e instanciación del submodelo vehicular SMV

Para el trabajo se considera la 6-tupla E (relación 6) para encapsular los datos y comportamiento de un agente.

$$E = \{t, dpm, nu, pos, cam, car\} \quad (6)$$

donde t es el tipo de vehículo. Diferentes tipos denotan diferentes formas de circulación, ocupación espacial, etc. Como es de esperar, cada tipo de vehículo cuenta con diferentes tamaños, velocidades, y características de circulación. dpm es la duración promedio del viaje. Es una variable entera que denota la cantidad de minutos estimada en la cual el vehículo arribará a destino. nu es el nivel de urgencia, variable real, probabilística en el intervalo $[0..1]$ que denota la urgencia que el agente tiene por arribar a destino. El nivel de urgencia permite en tiempo de simulación que el agente presente niveles de aceleración mayores al promedio en caso de niveles de congestión baja, cambio de carril, etc. (Este valor puede ser configurado de acuerdo a las características del conductor del vehículo). pos es el tipo de dato abstracto compuesto por dos variables enteras (x,y) que denotan la coordenada actual de la celda donde se encuentra posicionado el agente. cam es el camino previsto *a priori* por el agente. Materializado a través de un arreglo unidimensional conteniendo un conjunto de datos sobre las celdas a transitar por el agente. El camino puede ser alterado en tiempo de simulación de acuerdo al estado global del ambiente. Finalmente, car representa el conjunto de características del agente. Está materializado a través de un arreglo unidimensional con valores que describen las características de comportamiento del agente.

El submodelo vehicular está compuesto por un conjunto de agentes posicionados en un ambiente definido por el SMA, cada uno de ellos representando un vehículo o entidad simulable. Cada agente está representado por un tipo de dato abstracto con un conjunto de atributos que permite describir su estado en todo momento. El mismo es ubicado en una única celda del autómata celular. Es aquí donde interactúan ambos modelos. El estado de cada agente varía en cada pulso de reloj, y de acuerdo al estado de agentes vecinos y el estado actual de la celda donde se ubica y sus vecinas.

Cada agente está conformado por diferentes tipos de componentes: atributos que determinan el estado del mismo, un conjunto de sensores que perciben el estado del ambiente en el que reside (atributos), y un conjunto de actuadores que permiten cambiar el estado del agente (métodos), o eventualmente del ambiente. Ambos componentes se implementan como respuesta ante eventos e invocación de métodos respectivamente, en un ambiente de programación orientado a objetos. Esto caracteriza al agente como una estructura de datos híbrida: reactiva y deliberativa (ver [1] para más detalles).

En párrafos anteriores se especificó que cada celda $c_i \in C$ del ambiente puede contener como máximo un agente. Por otro lado, en el caso de encontrarse frente a

una condición multicelda, cada celda puede contener una cantidad mayor de agentes, con un valor máximo dado por la condición de saturación de la misma. En general, un conjunto de celdas contiguas puede presentar una condición de congestión, dada esta por el factor de saturación. Siendo $q_i \in Q$ el estado de la celda c_i , se cumple que $q_i \in R$, donde $R \subset Q$ es el conjunto de estados de celdas en los que es posible posicionar un agente a partir de la posición actual. Este conjunto definido como $R=\{s,v\}$, indica que un agente puede ocupar una celda vacía, o sumidero. Como es razonable pensar, un agente nunca podrá ocupar celdas cuyo estado presente una saturación local.

Como se mencionó anteriormente, el conjunto de variables E , representa el estado interno del agente. Valores ejemplo para la instanciación de la 6-tupla E son:

t (tipo de vehículo): Para el estudio actual toma valores discretos a y b que especifican si el agente se trata de un automóvil o autobús respectivamente. (El modelo permite especificar otros tipos de vehículo y sus características).

dpm (duración promedio del viaje): En una primera instancia toma su valor teniendo en cuenta la distancia lineal entre origen y destino.

nu (nivel de urgencia). De acuerdo a parámetros de entrada del modelo se especifica un nivel de urgencia (valor entre 0 y 1) para cada agente.

pos (posición actual): Actualizada tras cada momento de simulación.

cam (camino previsto): Como parámetro de entrada al modelo se asigna un camino a cada agente. El camino está compuesto por el conjunto de nodos (esquinas) a transitar desde origen a destino.

car (características del agente). Representa un arreglo unidimensional con valores que describen las características de comportamiento del agente.

Cabe mencionar que se prevé una sustancial mejora en la calibración del modelo a través de los atributos antes mencionados, en tanto se avance con la recolección de datos *in situ*.

7. Programación del simulador

La aplicación se codifica en lenguaje Java V8, incorporando librerías de JavaFX, las cuales dotan al sistema de una adecuada versatilidad para la presentación gráfica. La figura 7 muestra una de las pantallas para la visualización gráfica del autómata celular.

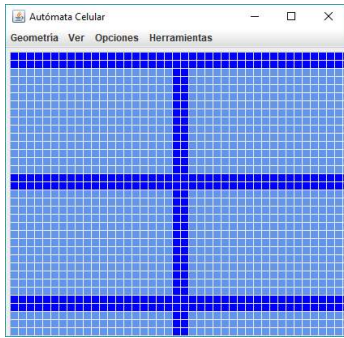


Figura 7. Imagen de la pantalla de la aplicación Java que simula el autómata celular.

Se crea una clase *Celda* que describe una celda del autómata, a través de sus atributos y comportamiento. Luego, una matriz de objetos del tipo *Celda* permite representar el autómata celular completo.

Cada agente también es descrito a través de una clase Java: clase *Agente*. En esta se encapsula, entre otros, los datos mencionados en las subsecciones 6.2 y 6.3 especificando así el estado E_i para cada agente i en $i=0..n$, para n cantidad de agentes bajo simulación. Se debe proveer a cada agente de un comportamiento estocástico, de acuerdo a una caracterización previa de los mismos. (Por ejemplo en la diferenciación entre aquellos conductores *prudentes* y *temerarios*). Esta condición determina la forma en la cual el mismo se mueve a través del autómata celular.

El programa Java presenta un hilo $h1$ sincronizado a través de un reloj global, que proporciona una señal tras la cual son actualizados los estados de cada objeto *Celda* de acuerdo a lo indicado anteriormente. Por otro lado se crea un hilo $h2$, ejecutado en paralelo con el primero. Este segundo hilo también es sincronizado a través del reloj global, y su función es actualizar el estado de cada agente.

En una primera versión del simulador, el reloj global se encuentra implícito en el proceso secuencial de actualización (simples iteraciones).

En el trabajo no se profundiza en el análisis del orden de actualización de los diferentes agentes. No obstante se considera de suma importancia, y será abordado en futuros trabajos.

El simulador permite en la actualidad modelar los datos recabados en el área de estudio. Para la obtención de resultados específicos es necesario aún avanzar con un proceso de calibración, incorporando nuevas variables de medición, en particular en lo referente al comportamiento de cada agente.

8. Conclusiones y Trabajo Futuro

Se realizó el diseño y posterior codificación de un modelo formal para simulación, compuesto por el modelo ambiental SMA y vehicular SMV de acuerdo a un modelo para evacuación pedestre ya ensayado y aprobado previamente. Esta codificación permitió la instanciación de las variables tenidas en cuenta en el modelo formal.

Simulaciones preliminares muestran una correcta evolución de los valores, contrastando los mismos con la observación de la realidad. A partir de esto, y con el objeto de obtener resultados más realistas, se presenta como trabajo futuro la incorporación de nuevas variables de medición.

Experimentos llevados a cabo en la simulación del modelo indican un gran consumo de cómputo, lo que deriva en grandes tiempos de ejecución. Se prevé continuar el trabajo con el estudio de arquitecturas paralelas alternativas que permitan una aceleración en la ejecución del simulador. En particular se considerará una paralelización de datos en el proceso de actualización del estado de cada agente.

9. Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN Mendoza por permitir y promover un espacio para la investigación y desarrollo.

10. Referencias

- [1] Tissera, C. Tesis Doctoral. "*Modelo Basado En Autómatas Celulares Extendidos Para Diseñar Estrategias De Evacuaciones en Casos de Emergencia*". Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales. Universidad Nacional de San Luis (2014), San Luis, Argentina.
- [2] Cal y Mayor, R., Cárdenas J. Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y Aplicaciones 7a Edición. Alfaomega, (1995). ISBN: 970-15-0109-8.
- [3] Boxill, S. & Yu, Lei. An Evaluation of Traffic Simulation Models for Supporting ITS Development. Center for Transportation Training and Research. Texas Southern University. Texas, (2000), USA.
- [4] Helbing, D. From Microscopic to Macroscopic Traffic Models. II. Institute of Theoretical Physics, University of Stuttgart, Pfaffenwaldring 57/III, 70550, (2007), Stuttgart, Alemania.
- [5] Salcido, A. Tres Iniciativas de Innovación Aplicando Modelos de Autómatas Celulares. Instituto de Investigaciones Eléctricas. División de Energías Alternas Reforma No. 113, Col. Palmira. 62490. (2015), Cuernavaca, Morelos, México.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[6] Nagel, K & Schreckenberg, M. A cellular Automaton model for freeway traffic. Mathematisches Institut, Universität zu Köln, Weyertal 86-90, W-500 Köln 41. Alemania. J. Phys. I France (1992) 2221-2229.

[7] Wright, P. Investigating Traffic Flow in The Nagel-Schreckenberg Model. School of Physics and Astronomy, University of Southampton. (2013) Highfield, Southampton, S017 1BJ.

[8] Simon, P.M. & Gutowitz, H.A. A cellular automata model for bidirectional traffic. Physical Review E, 57:2441, 1998.

[9] Hoyo, A. Simulación de Tráfico Vehicular con Autómatas Celulares Unidimensionales. Universidad Simón Bolívar. Memorias del Congreso ASME USB 2006: V CONGRESO ANUAL DE INGENIERÍA ASME USB. (2006), Caracas, Venezuela.

[10] López Laguna, J. Simulador de flujo de tráfico basado en autómatas celulares. Universidad Carlos III de Madrid. 2010. Disponible en Repositorio institucional e-Archivo <http://e-archivo.uc3m.es>. (proyecto fin de carrera).

[11] Lárraga Ramirez, M. & Alvarez-Icaza, L. Hacia una descripción realista del tráfico vehicular basada en autómatas celulares. Sistemas Complejos como Modelos de Computación. Editor Generalo Juárez Martínez, Héctor Zenil, Christopher Rhodes, Stephen Stevens. Luniver Press. United Kingdom, (2011). ISBN-13: 978-905986-35-4.

[12] Russell, A. & Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition, Prentice Hall, (2010). ISBN-10: 0136042597.

[13] Symeonidis, A. & Mitkas, P. Agent Intelligence Through Data Mining. Editor: Gerhard Weiss. Technische Universität München. Springer. (2005), Grecia. e-ISBN-13: 978-0-387-25757-0.

[14] Wooldridge, M. An Introduction to Multiagent Systems. Second Edition. Wiley. (2009), USA. ISBN-13: 978-0470519462.

[15] Tissera, C. Simulador de Evacuaciones Basado en Autómatas Celulares. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Computación. Universidad Nacional de San Luis. (2006), San Luis, Argentina.

Aplicación del Algoritmo Vortex para Optimizar la Selección de Componentes en Filtros Bicuadráticos

Mónica Lovay¹, Eduardo Romero^{1,2}, Gabriela Peretti^{1,2}

¹Grupo de Estudios en Calidad en Mecatrónica

Facultad Regional Villa María, Universidad Tecnológica Nacional

Villa María, Argentina

gecam@frvm.utn.edu.ar

²Grupo de Desarrollo Electrónico e Instrumental

Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba

Córdoba, Argentina

Abstract

Este trabajo presenta resultados preliminares de la aplicación de la metaheurística Vortex (la cual basa la búsqueda en una única solución) al problema de selección de componentes para filtros bicuadráticos, teniendo en cuenta las sensibilidades pasivas. Se adopta como caso de estudio un filtro bicuadrático pasabajo IGMFB y se propone tener en cuenta la compatibilidad de componentes con las series E12, E24 y E96, definiendo tres escenarios posibles. Los resultados muestran que Vortex encuentra configuraciones de filtros que minimizan las sensibilidades y que cumplen con las especificaciones establecidas. Se obtiene tasa de éxito cercana al 100% en una gran variedad de condiciones evaluadas. La comparación con otras heurísticas muestra que Vortex presenta tiempos de ejecución sensiblemente menores, a costa de presentar valores de sensibilidad ligeramente más altos.

1. Introducción

Los filtros activos se utilizan en un amplio rango de aplicaciones, desde las relacionadas al consumo masivo tales como audio o similares, a otras más demandantes como las vinculadas a la medicina y sistemas aeroespaciales entre otros. Los filtros activos RC están compuestos por amplificadores operacionales y componentes pasivos (resistencias y capacitores), siendo en la mayoría de los casos bastante simples de implementar. El desafío más importante en el diseño de filtros activos es la selección óptima de los componentes pasivos.

Las alternativas de diseño para filtros activos que han surgido en los últimos años intentan subsanar las falencias de los métodos convencionales de diseño [1, 2] utilizando diferentes metaheurísticas. Entre otras, merecen citarse las que emplean Algoritmos Genéticos (GA, Genetic

Algorithms), Optimización por Enjambre de Partículas (PSO, Particle Swarm Optimization), Evolución Diferencial (DE, Differential Evolution), Optimización por Colonia de Abejas (ABC, Artificial Bee Colony Optimization) y el algoritmo de búsqueda Vortex (VS, Vortex Search)[1-8]. En [1-8], los algoritmos se utilizan para encontrar los valores de los componentes pasivos pertenecientes a las series E que minimicen el error en las especificaciones de filtros elegidos como caso de estudio. Todas las metaheurísticas mencionadas, a excepción de VS, están basadas en una población de individuos que son posibles soluciones para el problema de optimización.

Los autores de este trabajo, en [9-11], incorporan la sensibilidad al proceso de diseño con el objeto de encontrar filtros más robustos contra variaciones en los valores de los componentes. Las metaheurísticas GA, PSO y DE se utilizan para diseñar secciones bicuadráticas que cumplen con las especificaciones de diseño pero que además minimizan la sensibilidad de los parámetros frecuencia de polo y factor de calidad, típicos de las topologías de segundo orden.

En este trabajo se explora la factibilidad de implementar el método de dimensionamiento propuesto en [9-11] empleando el algoritmo Vortex. Este se basa en un patrón que se presenta con frecuencia en los fluidos, caracterizado por el movimiento de forma rotacional de partículas alrededor de un punto, el cual se denomina vórtice. Para proporcionar un buen equilibrio entre el comportamiento exploratorio y de explotación de una búsqueda, VS modela su comportamiento de búsqueda mediante el uso de un esquema de ajuste adaptivo del tamaño del paso. VS resulta muy atractivo debido a que es simple, de implementación directa y necesita del ajuste de pocos parámetros. Si bien es aplicado exitosamente en [6], el problema de optimización que se direcciona en el presente trabajo es de complejidad superior, debido a que deben tenerse en cuenta las sensibilidades pasivas, con un número mayor de especificaciones que deben satisfacerse.

A partir de tomar un filtro como caso de estudio, se muestra que VS es capaz de encontrar conjuntos de valores para los componentes pasivos que minimizan las sensibilidades y cumplen con las especificaciones, en diversas condiciones de trabajo.

2. Filtro bajo estudio

En la Figura 1 se presenta el circuito del filtro tomado como caso de estudio. Se denomina IGMFB por sus siglas en inglés y es de tipo pasabajo de segundo orden. Una descripción más detallada del mismo puede encontrarse en [1,2].

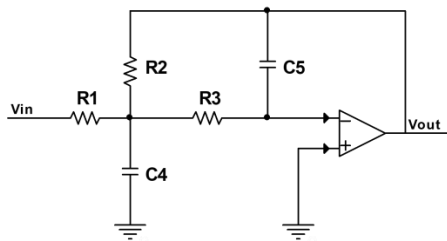


Figura 1. Filtro IGMFB pasabajo.

Las principales especificaciones del IGMFB son la ganancia en la banda de paso (G), la frecuencia de corte (ω_p) y el factor de calidad (Q_p). En la Tabla 1 se presentan las expresiones que relacionan las especificaciones con los valores de los componentes pasivos. En la tabla también se muestran las ecuaciones correspondientes a las sensibilidades de las especificaciones. Se considera que un filtro tiene baja sensibilidad cuando todas sus sensibilidades adoptan valores inferiores a la unidad [1,2].

Tabla 1. Ecuaciones para obtener los parámetros funcionales y las sensibilidades del filtro bajo estudio.

PARÁMETROS FUNCIONALES	SENSIBILIDADES
$G = R_2/R_1$	$S_{R_1}^{Q_p} = Q_p \left(\frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{R_2 R_3 C_5}{C_4}} \right)$
$\omega_p = \sqrt{\frac{1}{R_2 R_3 C_4 C_5}}$	$S_{R_2}^{Q_p} = -\frac{Q_p}{2} \left(\frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{R_2 R_3 C_5}{C_4}} - \sqrt{\frac{R_3 C_5}{R_2 C_4}} + \sqrt{\frac{R_2 C_5}{R_3 C_4}} \right)$
$Q_p = \left[\sqrt{\frac{C_5}{C_4}} \left(\frac{\sqrt{R_2 R_3}}{R_1} + \sqrt{\frac{R_3}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_2}{R_3}} \right)^{-1} \right]$	$S_{R_3}^{Q_p} = -\frac{Q_p}{2} \left(\frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{R_2 R_3 C_5}{C_4}} + \sqrt{\frac{R_3 C_5}{R_2 C_4}} - \sqrt{\frac{R_2 C_5}{R_3 C_4}} \right)$

Se adoptan las siguientes especificaciones para los parámetros funcionales: $G_F = 1$, $\omega_{pF} = 1000.2\pi = 6283,9478$ rad/s y $Q_{pF} = 0,707$.

3. Algoritmo VS

El algoritmo Vortex (VS, Vortex Search) es una metaheurística basada en una única solución, propuesta por B. Dogan y T. Olmez en [12]. En la Figura 2 se presenta un diagrama de flujo que muestra el proceso llevado a cabo por el algoritmo. A continuación, se describen sus operaciones más importantes.

- *Calcular centro inicial y radio inicial*: el algoritmo comienza con la generación del centro inicial μ_0 del vórtice considerando el espacio de búsqueda completo. Se define μ_0 como:

$$\mu_0 = \frac{LimSuperior - LimInferior}{2}, \quad (1)$$

donde $LimSuperior$ y $LimInferior$ son vectores de d elementos que definen el límite superior e inferior, respectivamente, para cada una de las d dimensiones del espacio de soluciones.

La desviación estándar σ_0 se calcula mediante (2), y puede ser considerada como el radio inicial r_0 del círculo inicial.

$$\sigma_0 = \frac{\max(LimSuperior) - \min(LimInferior)}{2} = r_0 \quad (2)$$

- *Generación y ajuste de soluciones candidatas*: VS genera un conjunto de soluciones vecinas alrededor del centro inicial μ_0 en el espacio d -dimensional. Para ello emplea una distribución Gaussiana, con desviación estándar r_0 . De esta manera se obtiene $C(s) = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$, donde s_i representa una de las n soluciones candidatas generadas.

Para garantizar que cada solución candidata s en $C(s)$ respeta los límites de búsqueda establecidos se emplea (3). De esta manera, aquellas soluciones que se encuentran fuera de los límites de búsqueda son reemplazadas por soluciones generadas de manera aleatoria que sí respetan estos márgenes.

$$s_k = \begin{cases} rand.(LimSuperior - LimInferior) + LimInferior & \text{si } s_k < LimInferior \\ s_k & \text{si } LimInferior \leq s_k \leq LimSuperior \\ rand.(LimSuperior - LimInferior) + LimInferior & \text{si } s_k > LimSuperior \end{cases} \quad (3)$$

En (3), $k=1, 2, \dots, n$.

- *Cálculo de fitness de soluciones candidatas*: se emplea una función de aptitud o fitness para evaluar

cada una de las soluciones candidatas generadas. Esta función es particular del problema de optimización a resolver y será explicada en más detalle en la sección 4.2.

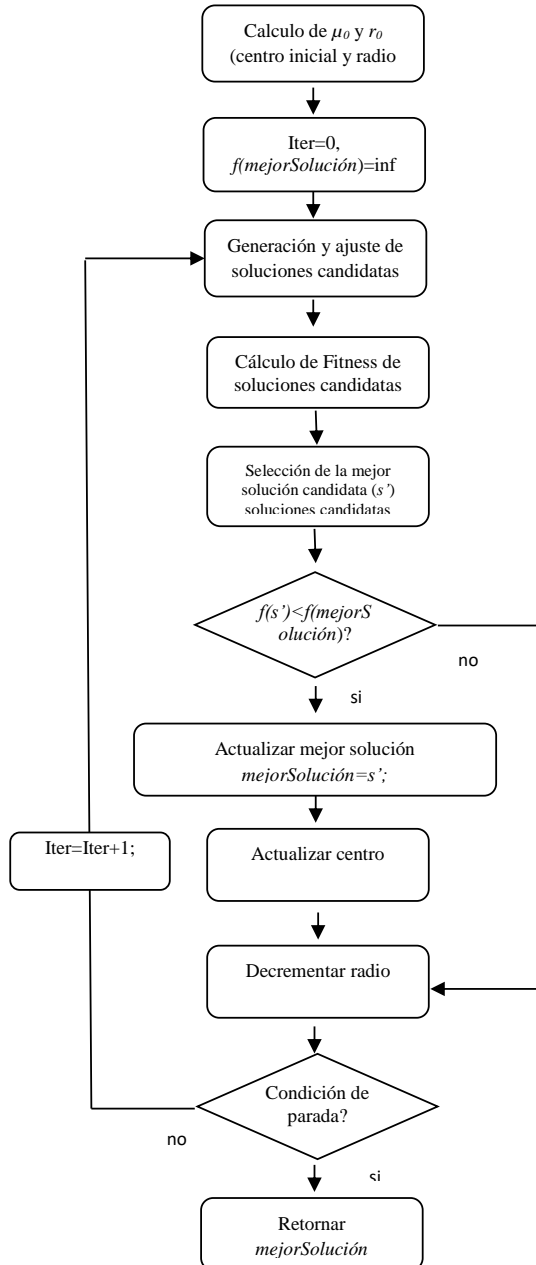


Figura 2. Diagrama de flujo de VS.

- **Selección de la mejor solución candidata y reemplazo de la mejor solución actual:** en la fase de selección, se elige la solución s' que presenta el mejor fitness. Si s' presenta un valor de fitness mejor que el de la mejor solución encontrada hasta el momento (*mejorSolución*), s' pasa a ser considerada como la mejor solución encontrada hasta la iteración actual. El proceso descrito es representado en la expresión (4).

$$mejorSolución \begin{cases} s' & \text{si } f(s') < f(mejorSolución) \\ mejorSolución & \text{de otra manera} \end{cases} \quad (4)$$

- **Actualizar centro:** la mejor solución encontrada hasta el momento se convierte en el centro del siguiente círculo.
- **Disminuir el radio:** esta característica proporciona un comportamiento exploratorio en las primeras iteraciones y un comportamiento de explotación en las iteraciones finales. Para esto, VS efectúa la disminución del radio empleando la función gamma incompleta inversa [6,12]. En este trabajo se utiliza la función de Matlab *gammaincinv(x,a)*. Para VS, el parámetro a de esta función define la resolución de la búsqueda:

$$a_t = a_0 - \frac{t}{MaxIter} \quad (5)$$

donde $a_0=1$ en la primera iteración para asegurar la cobertura completa del espacio de búsqueda, t es el índice de la iteración y $MaxIter$ es el número máximo de iteraciones. De esta manera, para diferentes valores de $MaxIter$ cambia la tasa de muestreo de a , cambiando también la resolución de la búsqueda.

El radio de cada iteración t disminuye de acuerdo a (6). El valor de x es una constante para el problema de optimización. Mayores detalles acerca de la disminución del radio mediante la función gamma incompleta inversa pueden encontrarse en [12].

$$r_t = \sigma_0 \cdot \left(\frac{1}{x}\right) \cdot gammaincinv(x, a_t) \quad (6)$$

- **Condición de parada:** generalmente consiste en alcanzar un cierto número de iteraciones. Cuando el algoritmo se detiene retorna la mejor solución encontrada (*mejorSolución*).

En la Figura 3 se ilustra el proceso de búsqueda llevado a cabo por VS, para un espacio de soluciones de dos dimensiones

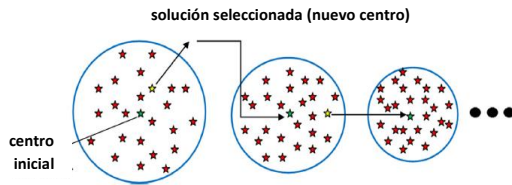


Figura 3. Representación gráfica del proceso de búsqueda de VS.

4. Aplicación de VS en la selección de componentes

4.1. Definición del problema de optimización

VS debe resolver un problema de optimización multiobjetivo (POM) que consiste en encontrar el conjunto de valores de los componentes pasivos para los cuales las tres sensibilidades que dependen de los mismos sean mínimas, y los errores en G , op y Qp sean inferiores a un error máximo especificado. Por otro lado, los valores de los componentes pasivos deben estar contenidos en las series E elegidas.

Cada solución se representa por un vector $Y=(y_1, \dots, y_n)$, donde y_1, \dots, y_n son los valores de los componentes pasivos que configuran un filtro. Para VS, n son las dimensiones del problema.

Dado que los componentes adoptan solo valores discretos pertenecientes a una serie E determinada, definimos una variable $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ x : entero que representa la posición que toma un valor específico dentro de la serie E.

El problema de optimización es:

$$\min S(Y(X)) = S_{R1}^{Qp}(Y(X)), S_{R3}^{Qp}(Y(X)), S_{R3}^{Qp}(Y(X)) \quad (7)$$

$$\text{donde } Y(X) = (y_1(x_1), \dots, y_n(x_n)) \quad x: \text{entero}$$

$$\text{suje } a: Error_G(Y(X)) \leq E_{max1}$$

$$Error_{op}(Y(X)) \leq E_{max2}$$

$$Error_{Qp}(Y(X)) \leq E_{max3}$$

En (7), $S(Y(X))$ es el conjunto de las sensibilidades que deben ser minimizadas. Por otro lado, $Error_G$, $Error_{op}$ y $Error_{Qp}$ representan los errores en G , op y Qp , respectivamente, y se calculan de acuerdo a las expresiones (8) a (10). E_{max1} , E_{max2} y E_{max3} definen el error máximo tolerable para cada una de las características del filtro. La obtención del valor Y requiere de una función simple (una tabla) que mapea la posición en el conjunto de valores posibles de la serie E (que corresponde a cada x_i) al valor real que presenta cada componente (y_i).

$$Error_G(Y(X)) = |(G(Y(X)) - G_F)/G_F| \quad (8)$$

$$Error_{op}(Y(X)) = |(op(Y(X)) - op_F)/op_F| \quad (9)$$

$$Error_{Qp}(Y(X)) = |(Qp(Y(X)) - Qp_F)/Qp_F| \quad (10)$$

4.2. Implementación de VS

La función fitness f que emplea VS para evaluar las soluciones candidatas en cada iteración se define como:

$$f(Y(X)) = w(|S_{R1}^{Qp}(Y(X))| + |S_{R2}^{Qp}(Y(X))| + |S_{R3}^{Qp}(Y(X))|) + \sum_{j=1}^3 n_j \frac{|E_{maxj} - Error_{j,Y(X)}|}{Error_{j,max}} \quad (11)$$

En (11), el POM es transformado en un problema de optimización mono-objetivo empleando una función de agregación que considera el promedio de las sensibilidades, $w=1/3$.

El segundo término de (11) es un término de penalidad para aquellas soluciones que no cumplen las restricciones. El factor de penalidad es mayor mientras mayor sea el grado de violación de cada restricción.

$Error_{1,Y(X)}$, $Error_{2,Y(X)}$ y $Error_{3,Y(X)}$ representan, respectivamente, los errores en G , op y Qp , para la solución Y . Por otro lado, $Error_{1,max}$, $Error_{2,max}$ y $Error_{3,max}$ representan el máximo error alcanzado en la iteración actual para G , op y Qp , respectivamente. n_1 , n_2 y n_3 son constantes que regulan individualmente el impacto de las restricciones en el valor de fitness.

Dado que VS ha sido definido para espacios de búsqueda continuos, para forzar la generación de soluciones enteras se utiliza la parte entera de los valores generados como candidatos en cada iteración. También se realiza el mismo procedimiento para realizar el ajuste de soluciones.

4.3. Parámetros de VS

El tamaño del vector $C_t(s)$ que contiene las soluciones candidatas que se generan en cada iteración, la cantidad máxima de generaciones (MaxIter) y el valor del parámetro x en la función que decreta el radio son parámetros de VS que influyen en su desempeño. Teniendo en cuenta [12, 6] se establece para x el valor 0,1. Se selecciona el valor 50 para el tamaño del vector $C_t(s)$ y para MaxIter se elige el valor 50000. VS es codificado en Matlab R2017b.

Con respecto a la evaluación de la performance del algoritmo, se proponen tres escenarios. El escenario E1 considera que las resistencias y capacitores pueden adoptar valores de acuerdo a las series E96 y E24, respectivamente, considerando que $E_{maxG}=E_{maxop}=E_{maxQp}=5,00E-03$ (0,5%). Por otro lado, el escenario E2 propone

emplear la serie E24 para los valores de las resistencias y la serie E12 para los valores de los capacitores, adoptando el valor $2,50E-02$ (2,5%) para E_{maxG} , E_{maxOp} y E_{maxQp} . El escenario E3 considera que tanto las resistencias como los capacitores pueden asumir valores pertenecientes a las series E24, utilizando el valor $1,00E-02$ (1%) para E_{maxG} , E_{maxOp} y E_{maxQp} . En los tres escenarios el rango de valores definidos para las resistencias y capacitores es $10^3-10^6 \Omega$ y $10^{-9}-10^{-6}$ F, respectivamente.

5. Resultados

5.1 Caracterización para una especificación fija

Se consideran en este apartado las especificaciones propuestas en la sección 2 y los escenarios descritos en la sección anterior.

Debido a que el algoritmo realiza un proceso estocástico, los resultados pueden variar de acuerdo a la distribución estadística de la solución inicial. Con el propósito de verificar la performance de VS, se realizan 50 corridas cambiando la semilla en la generación aleatoria de la solución inicial.

En las Figuras 4, 5 y 6 se presentan para E1, E2 y E3, los valores de sensibilidad pertenecientes a la mejor configuración de filtro alcanzada por VS en cada corrida. En cada gráfico se visualizan las sensibilidades minimizadas por el algoritmo, $|S_{R_1}^{Qp}|$, $|S_{R_2}^{Qp}|$ y $|S_{R_3}^{Qp}|$, las cuales adoptan en todos los casos valores inferiores a 0,5. Se observa que las tres sensibilidades varían en rangos similares en los tres escenarios.

En todas las ejecuciones y para cada escenario el algoritmo encuentra soluciones que cumplen con las restricciones enunciadas en (11). Se considera exitosa la corrida que cumple con las restricciones. VS presenta entonces en los tres escenarios abordados una tasa de éxito de 100% (*Tasa de éxito=cantidad de corridas exitosas/cantidad de corridas realizadas*).

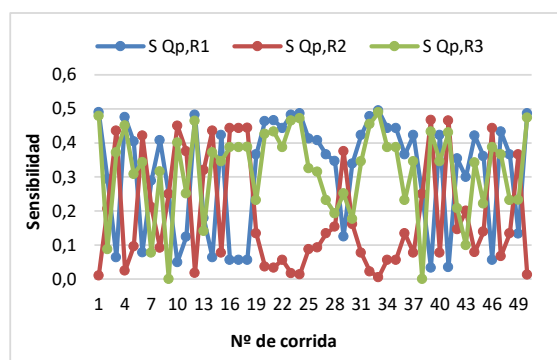


Figura 4. Sensibilidades correspondientes a las configuraciones de filtro encontradas por VS en 50 corridas, E1.

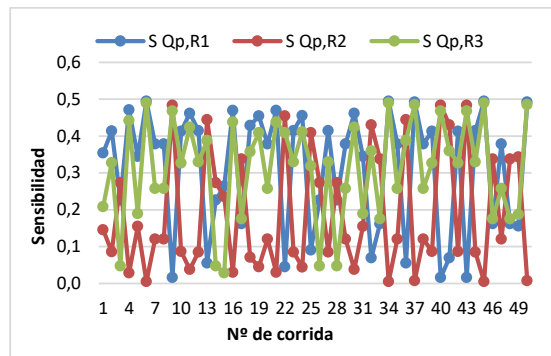


Figura 5. Sensibilidades correspondientes a las configuraciones de filtro encontradas por VS en 50 corridas, E2.

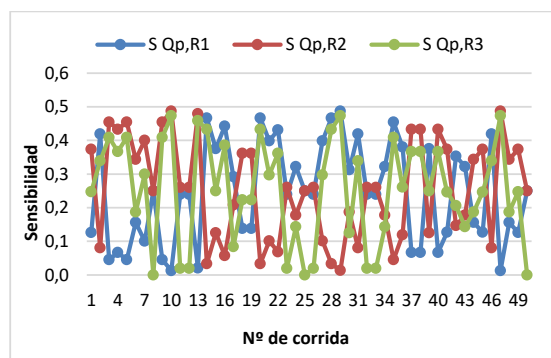


Figura 6. Sensibilidades correspondientes a las configuraciones de filtro encontradas por VS en 50 corridas, E3.

En la Tabla 2 se presenta una caracterización de las configuraciones de filtro encontradas por VS en las corridas realizadas en cuanto a errores de diseño y fitness alcanzados. En la tabla se visualiza el mínimo, el máximo y la mediana. Esta medida de tendencia central es adoptada debido a que los datos presentan una distribución no normal.

En la Tabla 3 se presentan los valores de los componentes correspondientes a la configuración encontrada por VS que presenta el fitness más bajo. En la misma se muestran también los valores obtenidos para las sensibilidades minimizadas por el algoritmo y los errores en los parámetros de diseño.

Tabla 2. Caracterización de las configuraciones encontradas por VS en los tres escenarios.

ESCENARIO		ErrorQp (%)	Error ω_p (%)	ErrorG (%)	FITNESS
E1	MÁXIMO	0,4735	0,4394	0	0,3300
	MÍNIMO	0,0140	0,0023	0	0,1667
	MEDIANA	0,0941	0,1470	0	0,2819
E2	MÁXIMO	1,7955	1,6273	0	0,3300
	MÍNIMO	0,0364	0,0351	0	0,1762
	MEDIANA	0,5951	0,1933	0	0,2762
E3	MÁXIMO	0,9157	0,8397	0	0,3246
	MÍNIMO	0,0151	0,0270	0	0,1667
	MEDIANA	0,1332	0,1153	0	0,2500

Tabla 3. Características de la mejor solución alcanzada por Vortex en cada escenario.

PARÁMETRO	E1	E2	E3
R ₁ (k Ω)	3,74	91	15
R ₂ (k Ω)	3,74	91	15
R ₃ (k Ω)	1,87	51	7,5
C ₁ (nF)	120	4,7	30
C ₂ (nF)	30	1,2	7,5
S _{R₁} ^{Qp}	0,2500	0,2642	0,2500
S _{R₂} ^{Qp}	0,2500	0,2358	0,2500
S _{R₃} ^{Qp}	0	0,0285	0
ErrorQp (%)	0,0151	1,1931	0,0151
Error ω_p (%)	0,3026	1,6273	0,0351
ErrorG (%)	0	0	0
FITNESS	0,1667	0,1762	0,1667

5.2 Valoración del desempeño del algoritmo para variaciones en las especificaciones de diseño

En esta sección se presentan resultados variando las especificaciones propuestas en la sección 2, sin realizar modificaciones en los parámetros de configuración para VS propuestos en la sección 4.3. Se consideran para cada caso 50 ejecuciones con diferentes seteos de la solución inicial.

Primero se consideran dos especificaciones adicionales para la ganancia y se mantienen para las otras dos (ω_p y Qp) los valores iniciales. En la Figura 7 se presenta la tasa de éxito alcanzada por VS. Es posible observar un buen desempeño del algoritmo para los tres valores de ganancia adoptados.

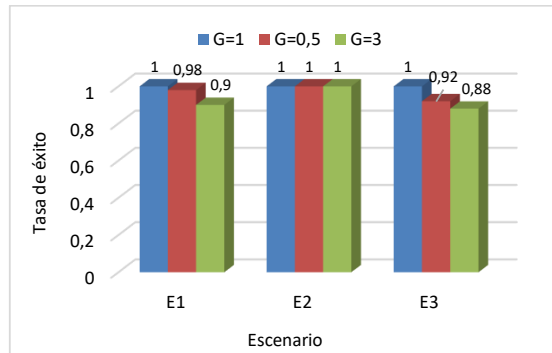


Figura 7. Tasa de éxito de VS para especificaciones con diferentes valores de ganancia, en los tres escenarios.

Posteriormente, se establecen dos nuevas especificaciones para ω_p , $2\pi \cdot 5000$ rad/s y $2\pi \cdot 10000$ rad/s. Las otras especificaciones se mantienen en los valores originales. En la Figura 8 se presenta la tasa de éxito alcanzada en cada caso y en cada escenario por el algoritmo (a fines comparativos también se muestra la tasa de éxito para la especificación inicial donde $\omega_p = 2\pi \cdot 1000$ rad/s). VS presenta en todos los casos una elevada tasa de éxito.

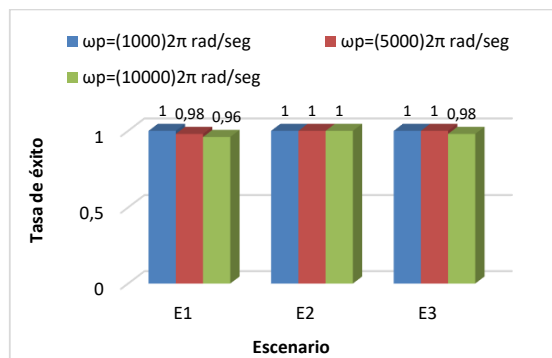


Figura 8. Tasa de éxito de VS para especificaciones con diferentes valores de ω_p , en los tres escenarios.

Finalmente, la última variación consiste en la adopción de otros dos valores para Qp. Específicamente se consideran dos alternativas: Qp=1 y Qp=5. La Figura 9 muestra para este caso la tasa de éxito, que resulta ser muy buena para esta variación.

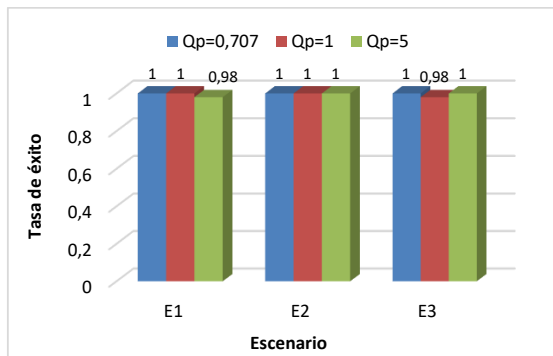


Figura 9. Tasa de éxito de VS para especificaciones con diferentes valores de Qp, en los tres escenarios.

Debe puntualizarse que la distribución de los valores de fitness resultó ser similar en cada uno de los escenarios considerados para todas las variaciones de especificaciones consideradas. Por esta razón, no se muestran aquí los resultados.

Por otra parte, la Figura 10 muestra un diagrama de caja y bigotes con la distribución del número de iteración en donde se alcanza la mejor solución, para cada alternativa propuesta en esta sección. La figura muestra que los valores más altos corresponden al escenario E1, el cual también presenta la menor dispersión. La mediana también adopta el valor más alto para este escenario. Los dos escenarios restantes presentan características similares entre sí, siendo levemente superiores los valores que corresponden al escenario E2.

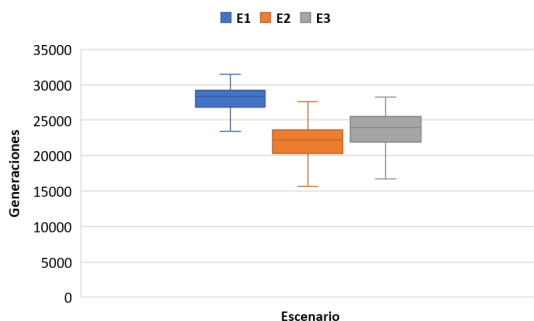


Figura 10. Diagrama de caja y bigotes para las generaciones empleadas por VS.

5.3 Comparación con otras heurísticas

Se comparan los resultados correspondientes a los escenarios E1 y E2, considerando $G=3$, $\omega_p=1000.2\pi$ rad/s y $Q_p=0.707$. Se considera PSO[13], GA[14] y DE[15]. La Tabla 4 muestra los tiempos de ejecución máximos

alcanzados por cada algoritmo en una corrida, en una PC Intel Core i7-4790K, 4,00GHz, 32,0 GB de RAM. La tabla muestra que los valores alcanzados por VS son notablemente inferiores a los arrojados por los otros algoritmos.

Tabla 4. Comparación de tiempos de ejecución con otras metaheurísticas.

ALGORITMO	TIEMPOS DE EJECUCIÓN (SEG.)	
	E1	E2
VS	2,37	2,28
DE	4,23	4,17
GA	59,93	71,88
PSO	8,38	5,63

Otro aspecto interesante para analizar está relacionado con el valor de fitness alcanzado por las soluciones encontradas en las diferentes corridas por cada algoritmo. En la Tabla 5 se muestra una caracterización de estos valores para los cuatro algoritmos. Con respecto a los valores mínimos, en E1 los mismos coinciden para todos los algoritmos, mientras que en E2 el mínimo de VS es levemente superior al alcanzado por los restantes algoritmos. Para el máximo y la mediana es posible apreciar que VS y GA presentan los valores más altos. DE y PSO presentan valores similares entre sí. Por otro lado, el rango de variación de los valores de fitness siempre es menor para DE.

Tabla 5. Comparación de resultados con otras metaheurísticas teniendo en cuenta los valores de fitness.

ESCENARIO		ALGORITMO			
		VS	DE	GA	PSO
E1	MÁXIMO	0,4747	0,3945	0,4517	0,4064
	MÍNIMO	0,2502	0,2502	0,2502	0,2502
	RANGO	0,2245	0,1443	0,2015	0,1562
	MEDIANA	0,2944	0,2601	0,2887	0,2631
E2	MÁXIMO	0,4934	0,2862	0,4739	0,3122
	MÍNIMO	0,2627	0,2503	0,2503	0,2503
	RANGO	0,2307	0,0359	0,2236	0,0619
	MEDIANA	0,2857	0,2503	0,2597	0,2513

6. Conclusiones

La aplicación del algoritmo Vortex para realizar el dimensionamiento de un filtro de segundo orden tomado como caso de estudio resulta ser exitosa. Se obtiene una tasa de éxito cercana al 100% en una gran variedad de condiciones evaluadas: especificaciones, escenarios para la tolerancia y espacio de búsqueda de las soluciones, así como de seteo de la solución inicial.

La comparación con otras heurísticas muestra que VS presenta tiempos de ejecución sensiblemente menores, a costa de presentar valores de sensibilidad ligeramente más altos.

7. Referencias

- [1] Dimopoulos, H., *Analog Electronics Filters: Theory, Design and Synthesis*, Springer, 2012.
- [2] Raut, R. and Swamy, M. N. S., *Modern Analog Filter Analysis and Design: A Practical Approach*, Wiley-VCH, 2010.
- [3] Vural A., Yildirim T., Kadioglu T., Basargan A., Performance evaluation of evolutionary algorithms for optimal filter design. *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on*, 16(1), 135-147, 2012.
- [4] Vural A., Bozkurt U., Yildirim T., Analog active filter component selection with nature inspired metaheuristics. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 67(3), pp. 197-205, 2013.
- [5] De B.P., Kar R., Mandal D., Ghoshal S.P., Optimal selection of components value for analog active filter design using simplex particle swarm optimization. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 6(4), pp. 621-636, 2015.
- [6] Doğan, B., Ölmez, T., Vortex search algorithm for the analog active filter component selection problem. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 69(9), 1243-1253, 2015.
- [7] Lovay, M., Peretti, G., Romero, E. "Comparación de performance de un método de dimensionamiento de filtros activos utilizando Particle Swarm Optimization en espacio de búsqueda discreto". *5º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CONAIISI 2017)*, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Noviembre de 2017, Santa Fe, Argentina, pp. 785-792, ISSN: 2347-0372.
- [8] Lovay, M., Peretti, G., Romero, "Diseño de un filtro de variable de estado usando algoritmos genéticos", *Libro de Memorias VI Congreso de Microelectrónica Aplicada 2015*, San Justo, mayo de 2015, ISBN 978-987-3806-24-7. Editado por Universidad Nacional de La Matanza.
- [9] Lovay, M., Peretti, G., Romero, "Algoritmo de Optimización por Enjambre de Partículas Aplicado en la Selección de Componentes de Filtros Bicuadráticos". *4º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CONAIISI 2016)*, Noviembre de 2016, Salta, Argentina, ISSN: 2347-0372.
- [10] Lovay, M., Romero, E., Peretti, G., "Método de dimensionamiento multiobjetivo para filtros bicuadráticos basado en Evolución Diferencial", *Libro de Memorias VIII Congreso de Microelectrónica Aplicada 2017*, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, octubre de 2017.
- [11] Lovay, M., Romero, E., Peretti, G., "Método de dimensionamiento multiobjetivo para filtros bicuadráticos basado en Evolución Diferencial", *Libro de Memorias VIII Congreso de Microelectrónica Aplicada 2017*, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, octubre de 2017.
- [12] Doğan, B., Ölmez, T. A new metaheuristic for numerical function optimization: Vortex Search algorithm. *Information Sciences*, 2015, vol. 293, p. 125-145.
- [13] Lovay, M., Romero, E., Peretti, G.: Diseño óptimo de filtros bicuadráticos mediante optimización por enjambre de partículas, *Libro de Memorias VII Congreso de Microelectrónica Aplicada 2016*, San Luis, Argentina, octubre de 2016, ISBN 978-987-733-068-7. Editado por Nueva Editorial Universitaria (2016).
- [14] Lovay, M., Romero, E., Peretti, G.: Diseño de Filtros Activos Robustos usando Algoritmos Genéticos, *Proceedings of SII 2015, 4th Argentine Symposium on Industrial Informatics, 44 JAIIO - 44th Argentine Conference on Informatics*, September 2015, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina, pp. 169-180, ISSN: 2451-7542 (2015).
- [15] Lovay, M., Romero, E., Peretti, G., "Aplicación del algoritmo Evolución Diferencial en un método de dimensionamiento para filtros bicuadráticos", *Proceedings of SII 2017, 6th Argentine Symposium on Industrial Informatics, 46 JAIIO - 46th Argentine Conference on Informatics*, September 2017, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina, pp. 223-233, ISSN: 2451-7542.
- [16] Andrews LC, *Special functions for engineers*, SPIE Press, 1992.

Modeling and Simulation of Generative Process of Biological Complex Adapting Systems using Model Driven Engineering

José Oscar Angelini

Facultad de Ingeniería de la Universidad
Nacional de Entre Ríos (FIUNER)
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad
Regional Santa Fe (UTN-FRSF)
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Adventista del Plata
Ruta 11 km 10, Oro Verde, Entre Ríos
jangelini@ingenieria.uner.edu.ar

Ernesto Carlos Martínez

Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR
(CONICET- UTN)
Avellaneda 6357, Santa Fe, Argentina
ecmarti@santafe-conicet.gob.ar

Javier Omar Romagnoli

Facultad de Ingeniería de la Universidad
Nacional de Entre Ríos (FIUNER), carrera de
Bioingeniería, Cátedra de Comportamiento
Físico de Biomateriales.
Ruta 11 km 10, Oro Verde, Entre Ríos

Tomás Molas Giménez

Facultad de Ingeniería de la Universidad
Nacional de Entre Ríos (FIUNER), carrera de
Bioingeniería
Ruta 11 km 10, Oro Verde, Entre Ríos

María de los Milagros Gutiérrez

CIDISI Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF)
Lavaise 610, Santa Fe
mmgutier@frsf.utn.edu.ar

Abstract

Biological systems are Complex Adaptive Systems (CAS) composed by thousands of components called agent that interact to build a complex structure. The mechanism that natural organisms applies on building a complex structure could be used as guide to design artificial systems that have properties like those.

Our idea is to apply Model Driven Engineering (MDE) methodology to do executable simulation models of study cases. In MDE is necessary to have a metamodel that represents concepts and relations' domain model (DM). The represented concepts make up a Platform Independent Model (PIM) that must be transformed to a Platform Specific Model (PSM) to run its simulation. In previous works we have done a Metamodel that was later represented it as an UML Profile. In this work we refine the Metamodel and present transformation rules to create an Agent Based Model that simulate the behavior and concept modeled. We as example case consider the epithelial cells seeded in vitro. As result we test a set of rules and the pattern obtained are like in vitro equivalent.

1. Introducción

1.1 Estudio de los Sistemas Adaptativos Complejos

Holland, define a los Sistemas Adaptativos Complejos CAS, por sus siglas en inglés (Complex Adaptive Systems), como “sistemas que tienen un gran número de componentes, frecuentemente llamados agentes, que interactúan y adaptan o aprenden” [1]. Mitchel, ha definido a los CAS como “Un sistema en el cual una gran red de componentes, sin control centralizado y reglas de operación simples, crean una conducta colectiva compleja, procesamiento sofisticado de la información y se adaptan vía aprendizaje o evolución” [2].

El control de un CAS tiende a ser altamente disperso y descentralizado, si hay un comportamiento coherente en el sistema, este se desarrolla por competición y cooperación entre los agentes que lo componen. De esta manera, el comportamiento resultante de los CAS proviene de un enorme número de decisiones hechas en algún momento por muchos agentes individualmente [1]. Son sistemas adaptativos, ya que los agentes mutan su comportamiento

individual y colectivo, autoorganizándose en respuesta a cambios provocados por la aparición de eventos.

El comportamiento de los CAS es elaborado e intrincado ya que, a un nivel superior es el resultado de la suma de la conducta simple de muchos componentes, creando de esta manera una estructura emergente que es más que la simple suma del comportamiento de sus partes [3].

Los CAS se ubican en la frontera entre los sistemas determinísticos y caóticos. Al igual que los sistemas caóticos su conducta es no lineal y ante pequeñas variaciones de sus parámetros iniciales producen conductas emergentes muy diferentes. A diferencia de los sistemas caóticos, en los que no se logra un orden emergente, tienen la capacidad de autoorganización y adaptación. Por ello los métodos matemáticos utilizados para estudiar los sistemas caóticos (como atractores y similares) son de poca ayuda para entender el desarrollo de los CAS [4] y los sistemas de ecuaciones diferenciales no pueden modelar el proceso de adaptación, en consecuencia, se recurre a modelos computacionales para su investigación [1].

1.2 Simulación computacional aplicada a Sistemas Adaptativos Complejos

La simulación computacional es utilizada como una herramienta en el estudio de sistemas complejos, ya que permite explorar conceptos teóricos, generar y evaluar diferentes hipótesis.

En algunos CAS como los biológicos, ecológicos y sociales, es muy difícil la evaluación de experimental de hipótesis ya que pueden existir inconvenientes éticos y están limitados por la escala, en algunos casos, global.

La experimentación puede resultar muy peligrosa, ese es el caso de la introducción de un organismo transgénico (GMO, Genetically modified organism) o la propagación de una epidemia.

La simulación basada en agentes a diferencia de los paradigmas tradicionales de simulación de eventos discretos, eventos continuos y orientada a objetos, tiene un número de propiedades interesantes que son útiles para el dominio de CAS, como ser por ejemplo la simulación de comportamiento proactivo, computación paralela y escenarios de simulación altamente dinámicos [5].

El modelado y simulación utilizando agentes permite recrear los patrones emergentes que los CAS generan. Los CAS son modelados mediante el uso de sistemas multiagentes (Multiagent System, MAS) y redes complejas (Complex Networks, CN). Los dos métodos ofrecen una visión diferente del sistema por lo que son complementarios ya que modelan distintos niveles de abstracción [6].

Las redes complejas permiten determinar cómo los agentes se organizan en una red de interacciones, quienes son los agentes más importantes, cuáles son los agrupamientos (módulos) de agentes que se asocian y cuál es la capacidad que tiene la red de soportar pérdidas de agentes sin alterar la organización del sistema, entre otras propiedades [7].

El modelado basado en agentes (ABM Agent-Based Modeling) se basa en diseñar modelos reproduciendo la conducta individual de entidades autónomas que conforman el sistema y sus interacciones [8]. El comportamiento de las entidades autónomas (acciones e interacciones) determina, de una manera no trivial, la evolución del sistema global. Los modelos basados en agentes son especialmente adecuados para el estudio de aspectos como, por ejemplo, la toma de decisiones descentralizada, las interacciones locales y globales, la autoorganización, los patrones emergentes, y los efectos de la heterogeneidad en el sistema simulado [9].

El estudio de CAS plantea desafíos únicos: No existe una metodología que permita el diseño de estos sistemas, ni se entiende cómo mediante interacciones entre sus elementos un CAS puede crear una estructura compleja [6]. Los sistemas biológicos pueden ser utilizados como casos de estudio que permitan elaborar principios y conceptos para diseñar esta metodología. Particularmente en la especie humana, el proceso es estudiado por una rama de la medicina denominada Biología del Desarrollo, desde la gestación hasta el nacimiento, la morfogénesis (histogénesis, organogénesis, etc.). También es utilizada como ciencia básica que sirve como recurso a otra ciencia aplicada: la Ingeniería de Tejidos y la Medicina Regenerativa.

La Ingeniería de Tejidos (TE, Tissue Engineering), es una ciencia multidisciplinaria que aplica los principios de ingeniería y ciencias de la vida para la construcción de sustitutos biológicos que regeneren, reparen o reemplacen los tejidos u órganos dañados [10] [11] [12]. Su principal meta es superar las limitaciones de los tratamientos convencionales basados en trasplantes de órganos o la implantación de biomateriales, regenerando los tejidos u órganos del paciente [13]. Para lograrlo, utiliza células a las que se les provee de un microambiente controlado [14].

Si bien ingenierizar tejidos biológicos no ha resultado una tarea simple, según Mironov, el principal inconveniente en la construcción de tejidos u órganos ha sido que la TE no ha sabido manejar la complejidad biológica de manera similar a como lo hacen otras ingenierías. Para ello, este investigador sugiere, aplicar principios de (i) estandarización, (ii) desacople y (iii) abstracción de manera similar a como lo hacen otras industrias [15]. El desacople se basa en la idea de dividir un problema complejo en problemas más simples que pueden ser resueltos, y construidos, independientemente [16]. La abstracción es otro principio de ingeniería

importante, en el que se especifica la información esencial de las distintas funciones biológicas para organizarlas en distintos niveles de complejidad. Esto permite trabajar en un nivel de complejidad sin prestar atención a los detalles de otros niveles. La abstracción es una herramienta importante para manejar grupos multidisciplinarios de especialistas cuyo empleo efectivo se logra utilizando técnicas de modelización y simulación computacional [15].

Más allá de lo anteriormente mencionado, la TE es un campo de la medicina ideal para estudiar los CAS biológicos porque al desarrollar tejidos biológicos producidos in vitro es posible mapear directamente los componentes biológicos a un agente que modele su conducta mediante reglas IF-THEM y plantear escenarios para analizar cómo los sistemas se comportan en su configuración real ("AS-IS") como también bajo un abanico de escenarios alternativos posibles (conocidos como escenarios ("TO-BE").

Una de las primeras herramientas computacionales (frameworks) diseñadas para el estudio de sistemas complejos basados en agentes fue Echo, que se aplicó en el modelado de sistemas ecológicos, utilizó algoritmos genéticos como mecanismo de adaptación a los que les agrega asignación de recursos, heterogeneidad, y mecanismos de evaluación del fitness. Mediante una serie de Learning Classifier Systems, (LCS) el sistema ajusta las reglas de los agentes de manera automática. Si bien tiene una implementación computacional [17], esta no se actualiza desde 1997 en el que se hizo su implementación en Java [18].

AgentSpace, introducido por Andrej Lucny es un framework utilizado para modelar y simular sistemas complejos, se basa en el uso de agentes reflexivos y no tiene mecanismos de adaptación, su última actualización fue en 2004 [19].

Santos y Cols. propusieron un framework basado en agentes que divide el desarrollo de los modelos en 2 partes, por un lado, se modela la conducta individual y por otro las interacciones. La adaptabilidad se considera dentro de la conducta individual y está conformada por dos subbloques interconectados. Uno, hace uso de realimentaciones negativas, es de corto plazo y es controlado por otro de memoria a largo plazo donde se almacenan los eventos pasados [20]. En 2007, Guo adaptó el framework de Santos y lo implementó utilizando AgentSpace para modelar sistemas biológicos [21].

Andrews y Cols. propusieron uno de los frameworks más completos para el modelado y simulación de sistemas complejos denominado CoSMoS [22]. CoSMoS es un proceso de modelado y simulación integral, abarca todas las etapas que conlleva la construcción de modelos computacionales. Sin embargo, para el estudio de CAS le falta una metodología para simular la adaptación de dichos sistemas, y para poder utilizar el framework se requieren

conocimientos técnicos en el área de programación y simulación.

En 2013, Grignard y Cols. presentaron Gama, un entorno de simulación basado en Agentes que se desarrolla como un proyecto de código abierto desde 2007. Se ha aplicado en campos tales como simulación de transporte y planeamiento urbano, además de epidemiología, entre otros. Define un lenguaje GAML (GAMA Modeling Language) que facilita el proceso de modelado utilizando conceptos generales. Estos conceptos facilitan el desarrollo de modelos, pero no pertenecen al dominio de los CAS biológicos.

En 1987, Harel presentó Statecharts como un formalismo visual para modelar sistemas complejos [23]. En 2001 Kam y Cols. lo aplicaron para el modelado del sistema inmunológico [24] y en 2009, Kugler y Cols. presentaron Biocharts, una adaptación de StateCharts aplicado al estudio de CAS biológicos [25], en 2012 Setty y Cols realizaron un modelo para el estudio del proceso de morfogénesis del páncreas que utiliza los Statecharts para luego generar el código ejecutable que implementa un sistema basado en agentes [26]. Este trabajo introduce la idea de hacer modelos ejecutables, sin embargo, el proceso de modelización no es tarea sencilla para expertos del dominio que no tienen conocimiento de diagramas de estado.

La herramienta de modelado debe basarse en el lenguaje del dominio no solo para permitir el uso de los expertos del área sino poder realizar comparaciones, y debe producir un modelo ejecutable para verificar las conductas y patrones emergentes de los conceptos modelados.

Recientemente, ha surgido un nuevo enfoque en el desarrollo de software, que considera los modelos no solo como una forma de especificar un sistema, sino como artefactos centrales en el proceso de ingeniería de software. Utilizando una serie de técnicas como el metamodelado, la transformación de modelos, la generación de código o la interpretación de modelos, busca la creación y ejecución automática de sistemas de software. Estas propuestas, como MDA, Software Factories o DSL Engineering, se clasificaron genéricamente como ingeniería dirigida por modelos MDE (Model Driven Engineering) [27].

MDE es un paradigma que se enfoca en la construcción de software ejecutable partiendo de la realización de un modelo, generalmente gráfico, al que se le aplica una serie de transformaciones, primero a un modelo independiente de la plataforma (PIM), luego a otro modelo, también gráfico, pero que es dependiente de la plataforma (PSM) y finalmente a código que puede ser ejecutado.

Consideramos que aplicando MDE es posible hacer uso de un lenguaje específico del dominio y construir modelos ejecutables que visualicen las emergencias de los CAS. Como punto de partida nos hemos enfocado en CAS

biológicos porque son tomados como caso de estudio para analizar la conducta de los CAS .

En 2015, y ya con el objetivo de aplicar la metodología MDE, presentamos un lenguaje de modelado gráfico que contiene los principales conceptos para modelar CAS biológicos utilizables en TE, como caso de estudio presentamos el proceso de morfogénesis de una valva cardíaca creada in vitro [28]. Posteriormente, utilizando este lenguaje creamos un Perfil UML que permite modelar los conceptos de este dominio aplicando cualquier herramienta de modelado en UML disponible [29].

En 2016, Birdsey y Cols, presentaron CASL un lenguaje para modelar CAS. Es un lenguaje declarativo, general, como para ser utilizado en múltiples dominios. CASL facilita la construcción de modelos complejos y posee un método para la generación de código que permite que los modelos se ejecuten en una variedad de plataformas, en particular hacen uso Repast [30]. A nuestro entender, el solo hecho de ser declarativo es una desventaja sobre todo porque no permite realizar el modelado gráfico al que consideramos más simple e intuitivo de aplicar para expertos del dominio. Además, al ser general se dificulta su aplicación en CAS biológicos.

En este trabajo, presentamos modificaciones realizadas en metamodelo que elaboramos previamente, al que hemos agregado conceptos, parámetros, depuramos su

organización. También definimos las reglas de transformación y Aplicamos los conceptos modelados un nuevo caso de estudio, la morfogénesis de tejido epitelial in vitro.

La estructura del trabajo es la siguiente: en la sección 2, se presenta el lenguaje y el metamodelo. En la sección 3, se detallan las principales reglas de transformación. En la sección 4, se presenta como ejemplo de aplicación la morfogénesis del tejido epitelial in vitro. Por último, en la sección 5 se detallarán nuestras conclusiones.

2. Lenguaje y Metamodelo

El metamodelo está representado en la figura 1. En este modelo se introducen nuevos conceptos y relaciones con respecto al presentado anteriormente, además en la sección 4, se introduce un nuevo caso de estudio con el objeto de validar el mismo. En la figura 1 se pueden observar los principales conceptos definido, de aquí en más, para indicar las palabras consideradas en lenguaje las escribiremos en letra itálica.

El concepto *Cell* es uno de los principales conceptos definidos, se refiere a la célula que es considerada la principal entidad bajo estudio. Una célula censa el entorno y responde a él.

Existen muchas clases de células, en general una célula nace como célula madre (*StemCell*) y ante señales

químicas o mecánicas puede especializarse y adquirir distintas funciones. La célula madre tiene como principal propiedad de formar nuevas células madres idénticas. Las copias pueden adoptar otras propiedades y cuando su morfología cambia se dice que pertenece a un tipo específico.

También puede suceder que un tipo específico cambie a otro o vuelva a convertirse en una célula madre. Por ello hemos considerado el concepto *CellType* para indicar un estado en el cual la célula tiene propiedades y funciones que se corresponden con cada tipo celular. Existen miles de tipos celulares, los que por razones de espacio y organización no se representan en la Figura 1. En el metamodelo se detallan entre ellas: Células valvulares intersticiales aVIC, células valvulares inactivas (qVIC) – encargadas de sintetizar los componentes del tejido que forma una valva cardíaca – que estaban en el metamodelo anterior y otros tipos nuevos que no habían sido considerados anteriormente como: queratinocitos (Keratinocyte) – encargados de crear las células que forman la piel -, Células Endoteliales (Endothelial Cell) – encargadas de recubrir el interior de las venas y arterias-, Epiteliales (Epitelial) y fibroblastos (*Fibroblast*) - encargados de sintetizar fibras colágenas entre otras moléculas que forman la matriz extracelular -.

Una célula puede estar aislada o en contacto con otras), por ello hemos definido la asociación *Cell::Cell* como una forma de modelar el contacto físico con sus vecinos. Una vez que se ha producido en contacto físico las células pueden intercambiar información entre ellas de una manera más directa.

Una *Cell* se ubica sobre la matriz extracelular (*Extracelular Matrix*, ECM). En ella desarrolla su vida social, cuando no hay contacto directo se comunica mediante señales químicas (*Chemical Signals*) con otras células. La célula censa la ECM en busca de señales químicas y físicas (*Fisical Signals*) estas últimas le son transmitidas por la ECM.

Tabla 1 Relación entre los conceptos del metamodelo y un sistema basado en agentes

Elemento del Metamodelo	Modelo basado en Agentes	Regla de Transformación
Cell	Agente	CellToAgent
TypeCell	TypeCell:Clase	TypeCellToClass
ECM	Clase	ECMtoClass
Collagen	Agente	CollagenMfiberToAgent
Microfiber		t
CollagenFiber	Agente	CollagenFiberToAgent
Signal	Clase	SignalToClass
Fisics	Clase	FisicsToClass
Cell-Association	Atributo	CellTypeAssocCellToAttribute

El principal concepto es *Cell* que se debe transformar en un agente, ya que tiene conducta proactiva y censa su entorno.

El entorno de simulación está vinculado a la matriz extracelular. Primero, definimos la Matriz Extracelular (ECM), que se modela como un área cuadrada cuyas dimensiones se fijan al principio de la simulación, esta se divide en patches o sectores cuadrados cuyo número también se define al inicio. Debe simular el comportamiento de un sólido anisotrópico (cuando se aplica un esfuerzo, se deforma con diferentes valores para diferentes direcciones).

Las señales químicas son elementos que actúan de manera pasiva cuya difusión puede ser molada con ecuaciones de difusión. Al inicio se distribuyen tratando de crear un gradiente como en el caso de los morfógenos y sustancias quimiotácticas. En cultivos in vitro, los factores de crecimiento son distribuidos al azar. Por ello lo modelamos como una clase que puede ser especializada

En el caso de las Asociaciones, son transformadas como un atributo cuyo nombre es el mismo que el final de la asociación en la clase del modelo de destino, tanto en agentes como en clases. También, los atributos y métodos se conservan con el mismo nombre en el modelo de destino.

4. Caso de estudio: Morfogénesis de células epiteliales cultivadas in vitro

4.1. Descripción de la situación a modelar

Para tratar de entender, cómo células disociadas se organizan y forman una estructura auto-ensamblada, O'Brien y cols, investigaron cómo las células epiteliales se organizan en estructuras multicelulares formando quistes (bolsas esféricas cerradas) o tubos. Para ello cultivaron células epiteliales MDCK (Madin-Darby Canine Kidney) in vitro y determinaron cómo estas coordinan las acciones en la formación de tubos o quistes según sea el medio de cultivo [31]. Según estos autores la morfogénesis epitelial se desarrolla en dos etapas. En primer lugar, consideran que el principal objetivo de la célula epitelial es la generación de superficies libres, laterales (en contacto con otras células) y basales (en contacto con la ECM), siguiendo ese objetivo propulsa la formación de monocapas epiteliales polarizadas que encierran el lumen, lo logran utilizando una serie de divisiones mitosis y apoptosis. Cuando son afectadas por morfógenos, tales como HGF (Hepatocyte Grow Factor) inducen el crecimiento tubular al hacer que las células en estas monocapas se dediferencien transitoriamente a células mesenquimales mediante una transformación EpitelialMesenquimal, para luego volver a diferenciarse a células epiteliales.

Aunque tienen una forma diferente, los quistes y túbulos son topológicamente equivalentes, ya que ambos son monocapas (1 capa) autoencapsuladas. Cada célula en un quiste o un túbulo completamente desarrollado tiene tres tipos de superficies: una superficie apical libre que bordea el lumen; una superficie lateral que se adhiere a las células vecinas; y una superficie basal que se adhiere al ECM. Debido a que muchas proteínas se localizan en las superficies basal y lateral, estas superficies a menudo se denominan colectivamente "basolaterales".

Las células en las estructuras en desarrollo a menudo carecen de uno o más tipos de superficie; por ejemplo, la superficie basal puede estar ausente de algunas células que tienen múltiples capas, mientras que otras células pueden no tener superficie libre porque no bordean una luz. Las células migran, proliferan o forman lúmenes para alcanzar los tres tipos de superficie; si esto es inviable, desencadenan el proceso de apoptosis (mueren).

4.2. Representación del modelo utilizando el metamodelo

Para poner a prueba la hipótesis de la búsqueda de las tres superficies, creamos un modelo que instancia los conceptos del metamodelo del siguiente modo (véase figura 2):

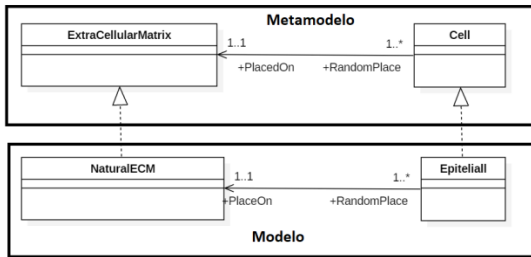


Figura 2. modelo aplicado al caso de estudio

El modelo creado es muy simple, se siembra una célula epitelial en una matriz extracelular constituida por colágeno. No se agregan señales químicas ni mecánicas y supondremos que la célula tiene todos los elementos que aseguran su nutrición y la eliminación de desechos.

4.3. Implementación del modelo

Siguiendo las transformaciones previamente definidas, creamos manualmente una implementación en Netlogo [32] del sistema modelado.

La matriz extracelular ECM, fue definida en la clase SimulationSurface, que define las condiciones iniciales y parámetros de los patches del “mundo” que sirve como representación de la simulación en Netlogo. La misma representa un cuadrado de 500 micrómetros de lado y está dividido en 50x50 parcelas que representan un cuadrado de 10 micrómetros por lado, tamaño en el cual puede existir solo una célula epitelial. La parcela puede tener 3 estados: EL (Espacio Libre sin ECM), ECM (con ECM) y CELL (ocupada por una célula).

La célula epitelial (*Epitelial Cell*) es transformada en el *AgenteCell*.

En cada ciclo de simulación el *AgenteCell* recibe las percepciones del entorno de simulación, para el estado *Epitelial* solo necesita conocer los 4 vecinos cercanos. En base a la información recibida determina cuantos vecinos tiene, cuantas superficies tiene y si ha alcanzado el objetivo de tener una superficie basal con ECM, 2 superficies laterales en contacto con células y una superficie apical en contacto con espacio libre o vacía.

Para lograr su objetivo tiene las siguientes acciones:

Mitosis en la que crea una copia de sí misma

Apoptosis en la que se destruye a sí misma dejando el sector de ECM que ocupó limpia.

Polarización en la que el agente define su superficie apical con carga eléctrica.

Orientación en la que el agente gira a su alrededor para determinar dónde puede definir su superficie apical.

La conducta del tipo epitelial queda definida según las siguientes reglas que agrupamos de acuerdo con los tipos de vecinos que puede tener:

Si está rodeada de 1 solo tipo de patch: EL (por Espacio Libre), solo por CELL (Células), solo por ECM); si tiene 2 tipos de patch: EL y CELL, EL y ECM, ECM y CELL o si tiene los 3 tipos.

Reglas para vecinos de un solo tipo:

- 1- Si está rodeada por CELL muere por Apoptosis
- 2- Si está rodeada por EL muere por Apoptosis
- 3- Si está rodeada por ECM se reproduce por Mitosis.

Reglas para vecinos de 2 tipos:

- 4- Si tiene 1 o más superficies laterales y más de 1 superficie basal se reproduce por mitosis
- 5- Si el nro. de superficies apicales > 0 and no de superficies basales > 1 se reproduce por Mitosis
- 6- Si el nro. de superficies basales = 0 muere por Apoptosis.

Reglas de polarización:

- 7- si no superficies basales = 1 y el nro. de superficies laterales = 2 and no de superficies apicales = 1 cambia de color a rojo
Si la condición no se cumple no se polariza.

Reglas de orientación:

- 8- si el nro. de superficies basales = 1 se orienta hacia la superficie opuesta de la basal.
- 9- Si el no de superficies apicales = 1 se orienta hacia la superficie apical
- 10- Si el nro. de superficies basales = 3 y el nro. de superficies laterales = 1 se orienta hacia la célula que ocupa la superficie lateral.

4.4. Simulación y resultados obtenidos

Se muestra en la figura 6 una imagen del modelo de simulación creado, en el cual ya se ha depositado una célula epitelial. La superficie simulada está representada en color blanco que indica que está ocupada por ECM.

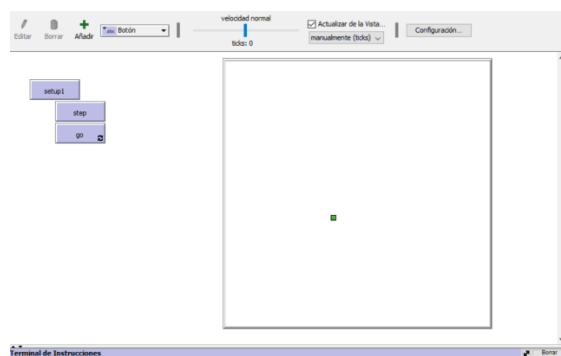


Figura 3. Interfase del modelo creado

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

Después de 4 ciclos de simulación (figura 7) los AgentesCell se han reproducido y formado una colonia sin espacios vacíos en su interior

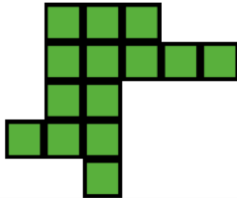


Figura 4. cuatro ciclos de simulación transcurridos. Las células se han reproducido.

Al 5to ciclo de simulación sufre apoptosis el agente Cell inicialmente sembrado y se forma el primer espacio libre.

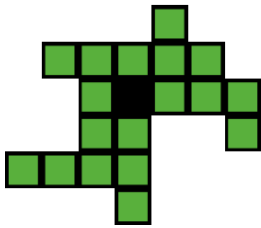


Figura 5. Han transcurrido 5 ciclos de simulación se ha formado una pequeña colonia y el espacio inicial del lumen.

Luego se polarizan algunas células mientras otras se reproducen y otras mueren ampliando el lumen

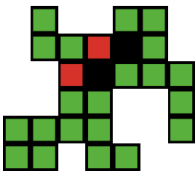


Figura 6. Ampliación del Lumen y polarización de las primeras células

A medida que la simulación progresa el lumen se amplía

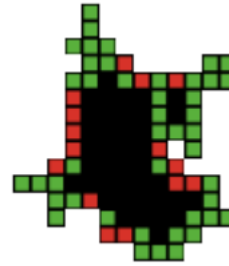


Figura 7 Se comienza a formar el quiste, el lumen sigue aumentando y no detiene su crecimiento ya que la mayor parte de las células no están polarizadas

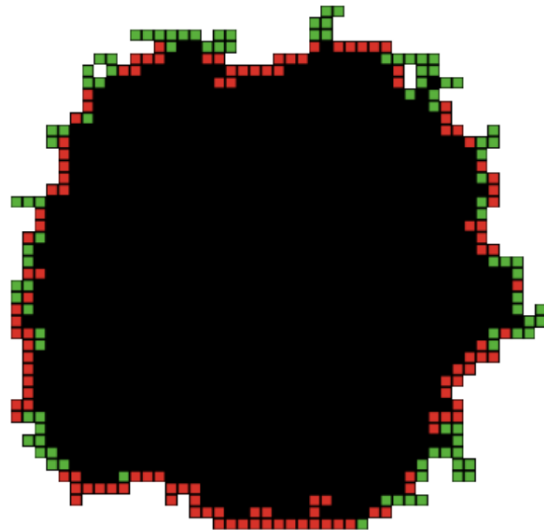


Figura 8. En el lumen se han polarizado la mayor parte de las células y si bien la expansión continúa decrece la velocidad de esta.

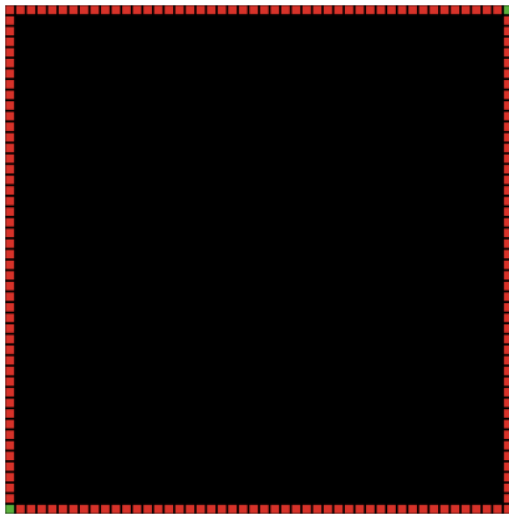


Figura 9. Resultado final de la simulación

La simulación llega a un estado de equilibrio cuando casi todas las células epiteliales quedan polarizadas.

5. Conclusiones

El lenguaje definido representa los conceptos del dominio de una manera simple. Con las reglas de transformación definidas fue posible crear un modelo que utiliza agentes que pueden recrear los patrones emergentes, en este caso de ejemplo del tejido epitelial. De manera simple ya que a través de su implementación en Netlogo fue posible recrear el proceso regenerativo de un quiste epitelial. El modelado basado en agentes es una herramienta que simplifica este proceso y permite el mapeo desde conceptos de dominio a entidades de software de una manera intuitiva. En la implementación se definieron un conjunto de reglas que fueron adecuadas para recrear la dinámica del proceso, considerando que las entidades biológicas no son lineales. El modelo creado y su simulación ilustran que es posible recrear fenómenos emergentes que enfatizan el comportamiento de los componentes del sistema y su interacción. El modelo permite predecir situaciones que ocurren en experimentos in vitro

Referencias

- [1] J. H. Holland, "Studying Complex Adaptive Systems," *Journal of Systems Science and Complexity*, vol. 19, no. 1, pp. 1–8, Mar. 2006.
- [2] M. Mitchell, *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press, 2009.
- [3] J. Odell, "Agents and Complex Systems.," *The Journal of Object Technology*, vol. 1, no. 2, p. 35, 2002.
- [4] M. Couture and D. Valcartier, "Complexity and chaos-state-of-the-art; overview of theoretical concepts," *Minister of National Defence, Canada*, 2007.
- [5] P. Davidsson, "Multi Agent Based Simulation: Beyond Social Simulation," in *Multi-Agent-Based Simulation*, 2000, pp. 97–107.
- [6] M. A. Niazi, "Towards A Novel Unified Framework for Developing Formal, Network and Validated Agent-Based Simulation Models of Complex Adaptive Systems," Aug. 2011.
- [7] M. Mitchell, "Complex systems: Network thinking," *Artificial Intelligence*, vol. 170, no. 18, pp. 1194–1212, Dec. 2006.
- [8] S. F. Railsback and V. Grimm, *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*. Princeton university press, 2011.
- [9] S. Bandini, S. Manzoni, and G. Vizzari, "Agent based modeling and simulation: an informatics perspective," *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 12, no. 4, p. 4, 2009.
- [10] A. Shafee and A. Atala, "Tissue engineering: toward a new era of medicine," *Annual review of medicine*, vol. 68, pp. 29–40, 2017.
- [11] A. Atala, "Engineering tissues, organs and cells," *Journal of tissue engineering and regenerative medicine*, vol. 1, no. 2, pp. 83–96, 2007.
- [12] R. Lanza, R. Langer, and J. P. Vacanti, *Principles of tissue engineering*. Academic press, 2011.
- [13] Y. Ikada, "Challenges in tissue engineering," *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 3, no. 10, pp. 589–601, 2006.
- [14] S. H. Ngalim, A. Magenau, G. Le Saux, J. J. Gooding, and K. Gaus, "How do cells make decisions: engineering micro-and nanoenvironments for cell migration," *Journal of oncology*, vol. 2010, 2010.
- [15] V. Mironov, T. Trusk, V. Kasyanov, S. Little, R. Swaja, and R. Markwald, "Biofabrication: a 21st century manufacturing paradigm," *Biofabrication*, vol. 1, no. 2, p. 022001, 2009.
- [16] D. Endy, "Foundations for engineering biology," *Nature*, vol. 438, no. 7067, p. 449, 2005.
- [17] D. L. Harris, "Echo Implemented: A Model for Complex Adaptive Systems Computer Experimentation," *Sandia National Laboratories Albuquerque, New Mexico*, 2001.
- [18] P. T. Hraber, T. Jones, and S. Forrest, "The ecology of Echo," *Artificial life*, vol. 3, no. 3, pp. 165–190, 1997.
- [19] A. Lúcný, "BUILDING COMPLEX SYSTEMS WITH AGENT-SPACE ARCHITECTURE," *Computing and Informatics*, vol. 23, pp. 1001–1036, 2004.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [20] E. E. Santos, D. Guo, E. Santos Jr, Q. Zhao, and A. Singhal, "A Framework for Complex Adaptive Systems.," in *PDPTA*, 2006, pp. 437–443.
- [21] D. Guo, E. E. Santos, A. Singhal, E. Santos, and Q. Zhao, "Adaptivity modeling for complex adaptive systems with application to biology," in *Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on*, 2007, pp. 272–277.
- [22] P. S. Andrews, F. A. Polack, A. T. Sampson, S. Stepney, and J. Timmis, "The CoSMoS process, version 0.1: A process for the modelling and simulation of complex systems," *Dept. Comput. Sci., Univ. York, UK, Tech. Rep. YCS-2010-453*, pp. 1–40, 2010.
- [23] D. Harel, "Statecharts: A visual formalism for complex systems," *Science of computer programming*, vol. 8, no. 3, pp. 231–274, 1987.
- [24] N. Kam, I. R. Cohen, and D. Harel, "The immune system as a reactive system: Modeling t cell activation with statecharts," in *Human-Centric Computing Languages and Environments, 2001. Proceedings IEEE Symposia on*, 2001, pp. 15–22.
- [25] H. Kugler, A. Larjo, and D. Harel, "Biocharts: a visual formalism for complex biological systems," *Journal of The Royal Society Interface*, p. rsif20090457, 2009.
- [26] Y. Setty, I. R. Cohen, and D. Harel, "Executable Modeling of Morphogenesis: A Turing-Inspired Approach," *Fundamenta Informaticae*, vol. 118, no. 4, pp. 403–417, 2012.
- [27] A. R. Da Silva, "Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model," *Computer Languages, Systems & Structures*, vol. 43, pp. 139–155, 2015.
- [28] J. O. Angelini, E. Martinez, C. H. Ramirez, and M. Gutierrez, "A language for modeling the morphogenesis process of biological system using MAS," in *Argentine Symposium on Artificial Intelligence (ASAI 2015)-JAIIO 44 (Rosario, 2015)*, 2015.
- [29] J. O. Angelini, Ramirez, Carlos Horacio, E. C. Martínez, and M. de los Milagros Gutierrez, "An UML profile to model the morphogenesis process of biological CAS using Agent-Based Modeling."
- [30] L. Birdsey, C. Szabo, and K. Falkner, "CASL: a declarative domain specific language for modeling complex adaptive systems," in *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference*, 2016, pp. 1241–1252.
- [31] L. E. O'Brien, M. M. P. Zegers, and K. E. Mostov, "Opinion: Building epithelial architecture: insights from three-dimensional culture models," *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, vol. 3, no. 7, pp. 531–537, Jul. 2002.
- [32] S. Tissue and U. Wilensky, "Netlogo: A simple environment for modeling complexity," in *International conference on complex systems*, 2004, vol. 21, pp. 16–21.

Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de datos de grafos dirigidos

María Alejandra Paz Menvielle (pazmalejandra@gmail.com), Cynthia Lorena Corso (corso.cynthia@gmail.com), Analía Guzmán (aguzman@frc.utn.edu.ar), Martín Gustavo Casatti (mcasatti@frc.utn.edu.ar), Karina Ligorria (karinaligorria@gmail.com)

*CIDS-Centro de Investigación, Transferencia y Desarrollo de Sistemas de Información
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional
Maestro Marcelo López esq. Cruz Roja Argentina – Córdoba 0351 – 4686385*

Resumen—El presente trabajo expone las actividades desarrolladas a fin de realizar la búsqueda de patrones en una base de datos de grafos dirigidos.

Se trabajará sobre un sistema de evaluación automática que permite calificar exámenes compuestos por preguntas que serán respondidas por alumnos de nivel universitario, con escritura de texto libre, en un dominio acotado. En este contexto se presenta la situación actual de la base de datos de grafos, que contiene las respuestas mencionadas, y su adaptación a fin de aplicar la búsqueda de patrones en la misma.

Para explicar claramente el proceso de aplicación de los patrones se presentan definiciones de conceptos y componentes relacionados a los grafos y a los patrones trabajados en grafos, específicamente su aplicación al análisis de textos.

Avanzando al detalle del trabajo se exponen las métricas existentes y las que han sido seleccionadas para ser aplicadas en el análisis de los patrones, destacando la importancia de las mismas en relación a las hipótesis planteadas en el proyecto de investigación. Posteriormente se presentan las fases que serán abordadas en el trabajo de investigación y los avances alcanzados en ellas, finalizando con las conclusiones a las que se ha arribado y las actividades de investigación con las que se continuará.

Palabras clave—análisis de texto; grafos; detección de patrones; diseño de datos; graph mining

1. CONTEXTO

EL presente trabajo forma parte del proyecto de investigación y desarrollo que ha sido homologado por la Secretaría de Investigación, Desarrollo y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, desarrollado en el ámbito del CIDS – Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia en Sistemas de Información. Para su desarrollo se utiliza como caso testigo a la cátedra de Paradigmas de Programación, perteneciente a la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, dictada en la Facultad Regional Córdoba, de la Universidad Tecnológica Nacional.

El trabajo que aquí se presenta es la continuación de los trabajos realizados durante el desarrollo del Proyecto

“Metodología para determinar la exactitud de una respuesta, escrita en forma textual, a un interrogatorio sobre un tema específico”, (PID EIUTNCO0003592). Durante el transcurso de dicho proyecto se generó una base de conocimiento modelada como grafo dirigido, que posee preguntas y respuestas de exámenes escritos en forma textual, así como cualquier otro concepto contenido en el programa de estudios de la materia Paradigmas de Programación. Dicho grafo es una base de conocimientos amplia y extensible, generada inicialmente por los docentes de la cátedra, utilizada para evaluar a los alumnos y que pueda ser alimentada con las respuestas que no hayan sido consideradas aún y que aporten mayor variedad a la base de conocimiento.

En el presente trabajo se propone complementar la funcionalidad del proyecto anteriormente mencionado, creando un segundo grafo, obtenido a partir de las respuestas de todos los alumnos que realizan los exámenes y que almacene el historial de las respuestas de los alumnos, para poder cotejarlo después con el grafo inicial y así poder realizar la búsqueda, el análisis y la propuesta de patrones frecuentes en el grafo conceptual.

Con el análisis de patrones se pretende descubrir algunas características importantes que se relacionen con las respuestas de los alumnos y que puedan reflejar la evaluación y el aprendizaje de los mismos. También que se pueda determinar el nivel de profundidad con el que se evalúa cada tema, si los distintos exámenes son consistentes en alcance y profundidad de evaluación de conceptos, entre otros. En relación a los contenidos de la materia, se pretende identificar si hay áreas de conocimiento evaluadas con mayor frecuencia, si hay temas que no se están evaluando, qué conceptos de la materia son mejor conocidos por los alumnos y cuáles lo son en menor medida. Esto permitirá, en última instancia, mejorar los materiales didácticos empleados como así también ajustar los instrumentos de evaluación.

2. INTRODUCCIÓN

Un patrón es una entidad a la que se le puede dar un nombre y que está representada por un conjunto de propiedades medidas y las relaciones entre ellas (vector de características)[6].

En el dominio utilizado como caso testigo, por ejemplo, un patrón puede ser la ruta resultante de una respuesta de un alumno, de las cuales se extrae el vector de características formado por un conjunto de valores numéricos que pueden representar nivel de exactitud de la respuesta, la puntuación de la misma, la cantidad utilizada de conceptos y de relaciones, etc.

El reconocimiento automático, descripción, clasificación y agrupamiento de patrones son actividades importantes en una gran variedad de disciplinas científicas, como biología, sicología, medicina, visión por computador, inteligencia artificial, teledetección, etc. Lo importante de detectar patrones en los datos es que se pueden inferir causas para la agrupación de los mismos (en el caso de que estemos detectando patrones ya conocidos y ya estudiados).

Este trabajo, tiene paralelos con el llamado SNA (Social Network Analysis, Análisis de Redes Sociales) que es una disciplina cuyo objetivo es "Analizar la estructura de una red social para inferir conocimiento de un individuo, un grupo, o las relaciones entre ellos"[7].

Un grafo conceptual[1] es un sistema de notación simbólica y de representación del conocimiento. Presentado por John F. Sowa, se basa en los gráficos existenciales[8][2] de Charles Sanders Peirce, en las estructuras de redes semánticas y en datos de la lingüística, la filosofía y la psicología.

Se describen a continuación conceptos fundamentales relacionados a la construcción de grafos: **Nodo:** Un nodo es un *ítem de conocimiento* (término, entidad) diferente de cualquier otro conocimiento en el modelo. Todos los conceptos que tienen su propio significado están representados como nodos. Un nodo representa la mínima cantidad de conocimiento que puede ser representada, la cual no puede ser dividida. Unidades de conocimiento mayores pueden representarse mediante grupos de nodos relacionados. Es importante mencionar que los nodos no representan grupos de entidades. Para los fines que se persiguen es necesario que cada nodo pueda ser identificado de manera unívoca y diferente de todos los demás nodos de la red.

Enlace: Un enlace se utiliza para establecer una relación entre dos nodos del modelo. Un enlace solo puede conectar dos nodos. Uno denominado *origen* desde el que sale el enlace y uno denominado *destino* al cual llega. Una relación entre un nodo de origen y dos nodos de destino requiere de dos enlaces, ambos con el mismo origen, pero con diferentes destinos. Un nodo puede ser origen de varios enlaces, así como puede ser destino de varios enlaces[9].

2.1. Patrones en Grafos

El reconocimiento o detección de patrones dentro de grafos busca detectar un subgrafo (patrón) en un grafo (objetivo). Debemos considerar que esta búsqueda de coincidencias se puede descomponer en dos partes:

1. Una concordancia estructural, en donde los nodos y relaciones del patrón conforman una estructura existente en el grafo objetivo.

2. Una concordancia a nivel de elementos, en donde los nodos y relaciones, a nivel de sus atributos particulares, tiene los mismos valores que en la estructura encontrada en el grafo objetivo.

Muchas veces la búsqueda de estas dos concordancias se ejecuta de forma separada para optimizar los algoritmos o reducir el espacio de búsqueda[10].

En el dominio bajo estudio, la detección de un subgrafo (patrón), se realizará en los grafos (objetivos) que representan los contenidos de la materia y las respuestas de los alumnos en las instancias de exámenes.

2.2. Métricas en grafos

Una herramienta ampliamente utilizada para describir grafos y que muchas veces se utiliza para iniciar el análisis de patrones existentes en los mismos, es el cálculo de métricas[11], locales o globales, que permiten caracterizar el grafo objetivo o el grafo patrón. Las métricas se pueden dividir en dos grandes grupos:

- **Métricas estáticas:** Cuando se calculan sobre un grafo estático en un punto en el tiempo determinado. Se enfocan principalmente en las características estructurales del mismo.
- **Métricas dinámicas:** Tienen en cuenta la dimensión temporal de los cambios que se producen sobre el grafo. Están más enfocadas en las variaciones entre dos instantes de tiempo, antes que en las características propias del grafo en cada uno de esos instantes.

Otro enfoque para el análisis de las métricas radica en analizar sobre qué componentes del grafo se realizan las mediciones. Desde este punto de vista se tienen diversas perspectivas, siendo las más comunes:

- **Métricas de redes (o globales):** Son las métricas que toman como referencia el grafo completo, con todos los nodos y arcos que lo conforman.
- **Métricas nodos (o locales):** Son aquellas que toman como referencia un nodo o subconjunto de nodos para realizar los cálculos.

A continuación, se detallan algunas métricas más comunes:

2.2.1. Métricas globales:

Centralidad: Esta métrica trata de determinar que nodo o nodos ocupan una ubicación central en la red, estando equidistante de los demás nodos.

Conexionado: Busca establecer el grado en el que los nodos de un grafo están conectados con todos los demás nodos del mismo. Se puede encontrar, aplicando esta métrica, componentes fuertemente conectados o débilmente conectados.

Cantidad de Componentes: En un grafo que no es completamente conexo, indica la cantidad de subgrafos conexos que forman parte del grafo. Un componente es un conjunto de nodos conectados que forman parte del grafo principal.

Tamaño del componente gigante: Mide la cantidad de nodos que tiene el componente conectado que es mayor que todos los demás componentes del grafo. En un grafo conexo

El tamaño del componente gigante es igual a la cantidad total de nodos.

Ruta más corta/larga: Expresa la longitud (en arcos) mínima/máxima entre dos nodos dados.

2.2.2. Métricas locales:

Conectividad: Expresa la cantidad de conexiones que posee un nodo determinado. Se puede expresar como 'grado', si no tiene en cuenta la dirección de los arcos que inciden o salen del nodo, o como 'grado de entrada' o 'grado de salida' cuando solamente tiene en cuenta los arcos entrantes o salientes, respectivamente.

Centralidad: Es una métrica, asociada a un nodo en un grafo, que determina su importancia relativa dentro de éste, pudiendo dividirse en:

- Centralidad de grado: Cantidad de conexiones con otros nodos
- Centralidad de cercanía: Indica qué tan cerca se encuentra una unidad de la red de otras.
- Centralidad de intermediación: Indica si una unidad se encuentra dentro de algunas de las rutas más cortas que existen entre dos nodos de la red.

2.3. Análisis de Patrones

El análisis de patrones en el dominio bajo estudio, puede determinar si existen ciertos patrones que, aún, no siendo comunes en otras áreas de la teoría de grafos, si lo son recurrentes en este dominio. Se pueden determinar si son patrones temporales, es decir que tiendan a desaparecer en el tiempo a medida que la base de conocimientos va cambiando, o si son patrones permanentes y/o que se van reforzando con el tiempo.

Dicho análisis puede servir para descubrir algunas características importantes que se relacionan con el aprendizaje, entre ellas:

- los temas que revisten más dificultad de aprendizaje,
- la cantidad y tipos de errores más comunes y su relación con el tema o concepto evaluado,
- las tendencias de los alumnos al momento de responder las mismas preguntas, es decir, si lo hacen con los mismos conceptos o, por el contrario, tienen una riqueza expresiva alta.
- Se propone incluir una respuesta textual, utilizada como patrón, para poder determinar si las respuestas dadas por los alumnos tienen una correspondencia directa (literal) con respecto al material brindado para su estudio.

2.4. Diseño de reconocimiento de patrones

El objetivo principal de un sistema de reconocimiento automático de patrones es descubrir la naturaleza subyacente de un fenómeno u objeto, describiendo y seleccionado las características fundamentales que permitan clasificarlos en una categoría determinada[12][13].

Sistemas automáticos de reconocimiento de patrones permiten abordar problemas en informática, en ingeniería y en otras disciplinas científicas[14][15], por lo tanto el diseño de cada etapa requiere de criterios de análisis conjuntos para validar los resultados[16][17].

Luego de analizar diferentes formas de diseñar un sistema de reconocimiento de patrones, se consideran tres fases[18]:

1. Adquisición y preproceso de datos.
2. Extracción de características.
3. Toma de decisiones o agrupamiento.

En la fase de Adquisición y preproceso de datos, se preparará la infraestructura de la base de datos para poder continuar con las siguientes fases.

Para las dos siguientes fases, extracción de características y toma de decisiones o agrupamiento, se considerarán los objetivos y contenidos de la materia, las necesidades de los docentes de la cátedra, respecto a la información que les podría brindar el prototipo de calificación y en general, las características que son de interés para evaluar o estudiar los mecanismos de evaluación de la materia y el grado de aprendizaje de los alumnos. También se considerarán algunas métricas relacionadas a los patrones que se identifiquen.

3. DESARROLLO

3.1. Adquisición y preproceso de datos

En la introducción del presente trabajo, se mencionó que se cuenta con la base de conocimiento de la materia, donde están almacenados en un grafo, los datos adquiridos y procesados relacionados a los contenidos, las preguntas y las respuestas, tanto las provistas por los docentes como las respondidas por los alumnos.

Esta infraestructura surge del proyecto anterior, según se ven reflejados en los trabajos publicados [4, 5], donde se expone la arquitectura, las tecnologías utilizadas y los resultados obtenidos a través de una evaluación realizada por medio de un prototipo desarrollado para registrar los datos en una base de datos de grafos y realizar las consultas necesarias para la calificación.

La tecnología que se utilizó para crear el prototipo incluye herramientas de código abierto, ya que el uso principal se realiza en un ambiente universitario y por eso es de fundamental importancia no depender de ningún tipo de licenciamiento propietario.

La implementación se realizó en el lenguaje Java, ya que éste posibilita implementar la arquitectura en multicapa e intercambiar fácilmente los componentes que ofrece. La característica multiplataforma de Java, es muy importante en un proyecto de investigación relacionado con la educación universitaria, en donde es muy factible que distintas unidades académicas, posean distintas infraestructuras de hardware y software para implementar una solución de este tipo. A esto se debe agregar la buena integración que tiene con las librerías de corrección ortográfica, la base de datos de grafo y la librería de visualización, todas desarrolladas en este mismo lenguaje.

Para el manejo de la base de datos de grafos se utilizó el producto OrientDB Community Edition, es una aplicación de código abierto, con licencia Apache 2 y gratuita para todo tipo de uso. Esta base de datos de grafos implementa de forma nativa dos características que son centrales en el planteo del método de corrección: *nodos y arcos etiquetados* como así también *tipos de datos complejos* como atributos de los nodos.

Esas dos características hicieron posible que la implementación de los modelos teóricos planteados fuera directa, con el consiguiente ahorro en tiempos de desarrollo y simplicidad a la hora de utilizar dichos conceptos como parte del método de corrección.

Se utilizó, además, la librería gráfica GraphStream, para realizar la visualización de la base de grafos, que es una librería Open Source implementada en Java que provee toda la funcionalidad de visualización y trazado de rutas con una gran flexibilidad y facilidad de uso. El prototipo hace un uso intensivo de las propiedades de ruteo disponibles en la librería GraphView de forma tal que la visualización es clara y con la menor cantidad de cruces de líneas entre los nodos.

Sin embargo, para tener información relevante del dominio elegido y poder detectar patrones, se necesita agregar una base de grafos que contenga las respuestas de los alumnos y que se registre automáticamente cuando el sistema califique las respuestas de los alumnos en las distintas instancias de los exámenes.

Para poder implementar dichas actualizaciones, se ha realizado el siguiente estudio y análisis:

3.1.1. Factores para la representación del conocimiento

Actualmente se deben tener en cuenta al menos cuatro factores fundamentales a la hora de diseñar un sistema de representación del conocimiento en cualquier dominio dado[3]:

- **Adecuación Representacional:** Habilidad para representar todas las clases de conocimiento que son necesarias en el dominio.
- **Adecuación Inferencial:** Habilidad de manipular estructuras de representación de tal manera que deven gan o generen nuevas estructuras que correspondan a nuevos conocimientos inferidos de los anteriores.
- **Eficiencia Inferencial:** Capacidad del sistema para incorporar información adicional a la estructura de representación, llamada metaconocimiento, que puede emplearse para focalizar la atención de los mecanismos de inferencia con el fin de optimizar los cómputos.
- **Eficiencia en la Adquisición:** Capacidad de incorporar fácilmente nueva información. Idealmente el sistema por sí mismo deberá ser capaz de controlar la adquisición de nueva información y su posterior representación.

Estos factores se tuvieron en cuenta durante el proceso de diseño de las estructuras de datos de la base de conocimientos, de manera tal que se puedan maximizar los resultados a la vez que se mantienen eficientes las operaciones de cómputo.

3.1.2. Atributos necesarios para el cálculo de métricas

Los enfoques para calcular las métricas sobre un grafo dirigido son amplios y muy variados en cuanto a rapidez, eficiencia, uso de recursos de procesamiento y exactitud de los resultados.

Sin embargo el requisito fundamental que tiene que tener cualquier grafo para poder calcular dichas métricas es que los nodos y arcos deben poseer los atributos necesarios para

que, como parte del análisis, se determinen si deben ser incluidos o no en una cierta métrica.

En el marco del presente trabajo de investigación se cuenta con una ventaja importante ya que el grafo ha sido diseñado específicamente para poder calcular las métricas necesarias. Esto no disminuye de ninguna manera la aplicabilidad de los métodos de búsqueda sino que más bien existe la posibilidad de implementar optimizaciones debido al mayor conocimiento de la información a procesar y los resultados buscados.

Las métricas estándar de grafos se pueden obtener de la estructura misma del almacenamiento, sin necesidad de adjuntar etiquetas o atributos adicionales. La simple existencia de nodos y aristas permite calcular métricas generales tales como la centralidad, el conexionado, las longitudes de ruta, y los componentes conexiónados.

3.2. Extracción de características y agrupamiento

Para las dos siguientes fases, extracción de características y toma de decisiones o agrupamiento, se consideraron los objetivos y contenidos de la materia, las necesidades de los docentes de la cátedra, respecto a la información que les podría brindar el prototipo de calificación y en general, las características que son de interés para evaluar o estudiar los mecanismos de evaluación de la materia y el grado de aprendizaje de los alumnos.

También se consideraron algunas métricas mencionadas en el apartado anterior, relacionadas a los patrones inicialmente identificados. Se identificaron dos grandes clases de patrones, aquellos relacionados a la evaluación y aquellos relacionados al aprendizaje de los alumnos.

A continuación, se detalla cada clase de patrones, junto con sus patrones asociados.

3.2.1. Patrones asociados con la evaluación

Estos patrones buscan caracterizar los mecanismos de evaluación utilizados por los docentes y establecer criterios para su mejora tanto en cuanto a profundidad de los temas evaluados como a variedad y relevancia de los conceptos utilizados en dicha evaluación. Los patrones identificados son:

Conceptos centrales: Se consideran conceptos centrales a aquellos que tengan más relaciones que la media con conceptos relacionados. De esta manera se busca identificar a aquellos conceptos que son muy utilizados en el campo de conocimiento y cuya evaluación debe ser precisa y valiosa.

Conectores: Se trata de conceptos que, si bien pueden tener pocas relaciones, generalmente aparecen como nexos entre grupos de conceptos importantes. Son de particular importancia para analizar las relaciones que existen entre conjuntos de temas o unidades temáticas.

Estructuras conceptuales: Se considera que una estructura conceptual es la mínima unidad de conocimiento evaluable. Está formada por dos conceptos y una relación que los une. El análisis de la cantidad de estructuras conceptuales existente en el grafo puede dar una idea de la cantidad de conocimiento "evaluable" que hay en el mismo.

Conceptos autoreferenciados: Se considera que un concepto es autoreferenciado si siguiendo una determinada

cantidad de relaciones se puede volver sobre el mismo. Dichos conceptos deben ser evitados, sobre todo si la longitud del ciclo que vuelve sobre el mismo es muy corta ya que limita la posibilidad de que los alumnos se expresen en una respuesta. Se plantea en el presente proyecto establecer un tamaño de ciclo mínimo y detectar todos aquellos conceptos que se autoreferencian por medio de una cantidad de relaciones menor a la indicada.

Agujeros negros: Se definen de esa manera a las zonas del grafo que contienen conceptos o estructuras que no forman parte de las respuestas provistas por los docentes o que aparecen en una pequeña cantidad de las mismas, indicando contenidos que no son evaluados o lo son con poca frecuencia. La detección de este patrón es de suma importancia para lograr una evaluación equilibrada de todos los contenidos de la materia.

3.2.2. Patrones asociados con el aprendizaje

Los patrones asociados al aprendizaje tienen como finalidad analizar los contenidos asimilados por los alumnos, traducidos en las respuestas provistas a las preguntas de evaluación, detectar los conceptos recurrentes, los errores más comunes, los temas con dificultades de aprendizaje, las estructuras comunes existentes en las respuestas, entre otros. Se pretende con esto detectar problemas de aprendizaje que posibiliten mejorar tanto el dictado de la materia como la construcción de los instrumentos de evaluación.

Entre los patrones que se buscan se encuentran aquellos caracterizados de la siguiente forma:

Los temas que revisten mayor dificultad de aprendizaje: Aquellas estructuras de respuesta que tienen menor puntaje en la evaluación. Se puede analizar en este caso la respuesta total o ciertos conceptos particulares que pueden ser confusos para los alumnos.

Cantidad y tipo de los errores más comunes: Relacionada muy cercanamente con el patrón anterior, busca determinar de qué manera los alumnos suelen equivocarse y sobre qué conceptos, por ejemplo, utilizando sinónimos que no son válidos, ejemplificando de manera errónea, o estableciendo relaciones inválidas entre dos conceptos válidos.

Tendencias de los alumnos con respecto a las mismas preguntas: A través del análisis de diversas respuestas a una misma pregunta base, se busca determinar si los alumnos utilizan de forma uniforme siempre los mismos conceptos o si son capaces de utilizar conceptos relacionados, sinónimos y otras estructuras, para lograr una riqueza conceptual y una variedad expresiva alta.

Comparativa con definiciones del material de estudio: Se propone establecer una respuesta base exacta, que replique exactamente las definiciones existentes en el material de estudio, para verificar si ante la pregunta docente, el alumno elabora una respuesta o simplemente transcribe la definición aprendida de memoria.

3.3. El diseño físico de la base de datos

El diseño físico de la base de datos de grafos subyacente para el análisis y detección de patrones tiene un impacto directo y decisivo en el tipo y variedad de los algoritmos que se pueden utilizar y en el rendimiento general del sistema.

Este diseño debía balancear dos elementos importantes pero que muchas veces se contraponen. Por una parte el

diseño debía ser lo suficientemente genérico y flexible como para permitir representar tanto el conocimiento actualmente disponible como permitir la incorporación futura de nuevos conceptos, relaciones, conectores y construcciones conceptuales complejas.

Por otra parte las estructuras debían permitir la utilización de diversos algoritmos, establecidos y probados, de una forma eficiente, así como debía dar la posibilidad de desarrollar, probar e implementar algoritmos desarrollados para los usos específicos mencionados en el presente trabajo.

Estas dos necesidades contrapuestas obligaron a plantear algunas soluciones de compromiso y a utilizar todos los mecanismos específicos presentes en el motor de base de datos elegido (OrientDB) para mantener un rendimiento aceptable sin sacrificar flexibilidad.

Analizaremos a continuación algunas de las decisiones de diseño más relevantes:

3.3.1. Minimización de las redundancias

Desde el momento en que se dispone a analizar las respuestas provistas por alumnos a exámenes, redactadas en forma de texto libre, es esperable encontrar un gran número de repeticiones en los conceptos expresados ya que no existe una cantidad infinita de respuestas válidas a una pregunta dada.

Desde el punto de vista del análisis de los patrones subyacentes en las respuestas una gran cantidad de conceptos repetidos no ayuda en si a la detección de patrones sino que, al contrario, simplemente aumenta el espacio de búsqueda de los algoritmos, reduciendo su eficiencia, pero sin obtener una mejor calidad en los patrones detectados.

Es por eso que uno de los principales desafíos fué la minimización de los conceptos utilizados para representar las respuestas de los alumnos pero manteniendo además el valor asociado a saber cuáles conceptos se utilizan con mayor frecuencia y en última instancia cuál es esa frecuencia.

En la figura 1 vemos un ejemplo con tres respuestas posibles a la pregunta identificada como R_1 :

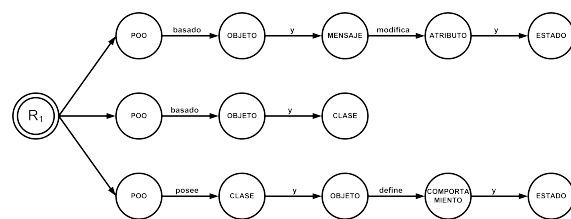


Figura 1: Respuestas con redundancia

La solución implementada hace uso del mecanismo de etiquetado existente en el motor de base de datos, para minimizar la cantidad de nodos y relaciones a la vez que es posible reconstruir todas las posibles respuestas proporcionadas por los alumnos. Esto se logra etiquetando los arcos con una etiqueta relacionada a la respuesta, en este caso A_1 , A_2 y A_3 . Siguiendo todos los arcos etiquetados A_1 se reconstruye la respuesta 1, siguiendo A_2 la respuesta 2 y así sucesivamente, sin tener que repetir ni los nodos ni los arcos.

La base de datos minimizada, de acuerdo al ejemplo precedente, se puede ver en la figura 2

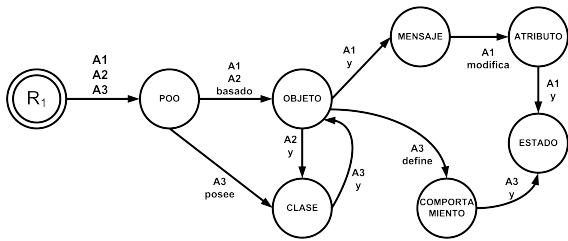


Figura 2: Respuestas minimizadas

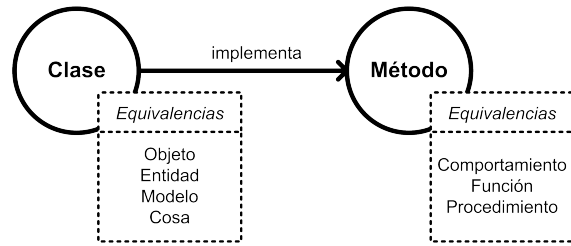


Figura 3: Diseño de nodos. Equivalencias

Este método es ampliable a n respuestas, sin ningún tipo de limitaciones.

3.3.2. Diseño físico de los nodos conceptuales

Tal como se mencionara anteriormente uno de los criterios guía para el diseño de una base de conocimiento efectiva es el de *Adecuación Representacional*. Este criterio busca que la representación del conocimiento sea útil para la inferencia, que es lo que en última instancia es el objetivo fundamental de cualquier base de conocimiento.

El desafío, en este sentido, radicaba en cómo almacenar conocimiento compacto pero que a la vez sea representativo y amplio en su expresividad. Para ello se modeló el almacenamiento de forma tal que incluya dos tipos de información en el mismo nodo físico. Por un lado se registra el *Concepto Puro*, como el concepto más general y abarcativo de todos los posibles que transmiten un significado coherente dentro del dominio.

La expresividad y amplitud a la hora de representar el conocimiento se logra por medio de la implementación de listas de *Conceptos equivalentes*, los cuales se almacenan de forma indivisible del Concepto Puro asociado.

OrientDB incluye la posibilidad de utilizar tipos de datos complejos como parte de los atributos de los nodos, y en este caso se utiliza un tipo Dictionary (una tabla clave/valor) para almacenar las equivalencias. En la clave se almacena el texto correspondiente a la equivalencia, mientras que en el campo valor se almacena el peso relativo de la equivalencia con respecto al Concepto Puro.

Esto permite mantener una gran expresividad en las respuestas permitidas a los alumnos sin aumentar exponencialmente la cantidad de nodos que se requieren en la base de conocimientos. De esta manera, suponiendo que se deba almacenar el concepto asociado a *Clase*, el mismo permite utilizar *Clase*, *Objeto*, *Entidad*, *Modelo* o *Cosa*, de forma indistinta, todos ellos relacionados al mismo Concepto Puro, sin necesidad de crear un nodo distinto para cada uno de ellos. Tal como se ve en el ejemplo de la figura 3, este esquema permite una expresividad importante ya que con solamente 2 nodos y sus correspondientes equivalencias se pueden llegar a 20 expresiones relacionadas (5 en el primer nodo y 4 en el segundo, con todas sus posibles combinaciones).

Los nodos conceptuales además cuentan con una lista de etiquetas que indican en qué respuestas de los alumnos se ha mencionado el concepto, tal como se vió en el ejemplo de la figura 2. Esta implementación tiene dos ventajas fundamentales:

1. Consultando todos los nodos para una etiqueta dada se puede reconstruir cualquiera de las respuestas provistas por los alumnos.
2. Para el cálculo de métricas, simplemente contando la cantidad de etiquetas por cada nodo conceptual se tiene una medida rápida y eficiente de la utilización de ese concepto en las respuestas (tal como se vé en el ejemplo de la figura 4)

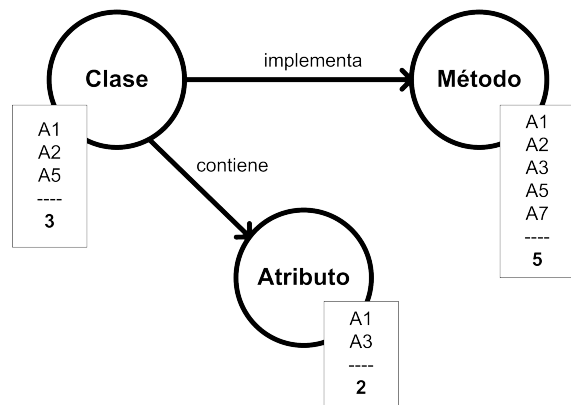


Figura 4: Etiquetas. Uso de conceptos

3.3.3. Diseño físico de las relaciones entre nodos

El modelo de almacenamiento de la base de datos utilizada para el presente proyecto cuenta con la posibilidad de etiquetar relaciones entre nodos, una característica que no es omnipresente entre los sistemas de bases de datos de grafos, pero que en el marco del presente proyecto de investigación ha demostrado ser de gran utilidad.

Esta característica permite utilizar el mismo enfoque utilizado para los nodos y hacerlo extensivo a las relaciones. De esta manera tanto nodos como relaciones se pueden etiquetar de acuerdo al uso de un concepto o relación en una respuesta dada, lo que permite reutilizar las relaciones y no tener que crear gran cantidad de relaciones idénticas, cada una de ellas para una respuesta distintas.

OrientDB también cuenta con una característica útil a la hora de modelar relaciones entre conceptos producto de respuestas textuales, y esta es la unidireccionalidad de las relaciones. OrientDB fuerza el esquema de Grafo Dirigido,

en el cual todas las relaciones entre dos nodos tienen una dirección, dada por un cierto nodo de origen y uno de destino.

Este esquema es consistente con las reglas de la lengua castellana donde las construcciones tienen un cierto orden y la inversión de ese orden no necesariamente es válido y respeta el sentido de la construcción original. El esquema además es flexible ya que ante los casos en que esa inversión del orden de los conceptos es válida y mantiene el sentido, es posible establecer dos relaciones con órdenes opuestos, para reflejar esa condición.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El reconocimiento de patrones es un ámbito de gran auge en la actualidad, si bien la mayoría de las aplicaciones se orientan al reconocimiento de patrones sobre imágenes u otro tipo de información bidimensional, el reconocimiento sobre grafos está cobrando cada vez mayor importancia debido en gran medida al auge de las redes sociales, naturalmente modeladas como grafos, principalmente en la búsqueda de información valiosa que ya existe en la estructura de datos y que se pueda aprovechar.

En el caso particular de este proyecto de investigación se busca detectar patrones subyacentes tanto en la información del programa de la materia como de los exámenes elaborados por los docentes o en los conocimientos aprehendidos por los estudiantes, de forma tal que se pueda mejorar el dictado de la materia y mejorar el aprendizaje, objetivo este central en cualquier proceso educativo.

Se estima que la infraestructura sugerida para almacenar la base de datos y los patrones previamente mencionados brindarán a la cátedra de Paradigmas de Programación un sustento fáctico sobre el cual basar las posibles modificaciones a los materiales de estudio a los métodos de dictado y a los instrumentos de evaluación, así como una herramienta tecnológica eficaz para evaluar, en un tiempo relativamente breve, el impacto de esas modificaciones sobre el cursado y la evaluación.

Se proseguirá la investigación de forma tal que los docentes cuenten con herramientas informáticas para realizar consultas sobre la base de datos de grafos, que ayuden a detectar patrones diferentes a los actualmente planteados. El objetivo final es que los propios docentes puedan indicarle al sistema, a modo de aprendizaje supervisado, qué se debe buscar de acuerdo a los objetivos de la cátedra y tener una realimentación inmediata que posibilite el análisis de diversos escenarios a la hora de plantear herramientas de evaluación y planificar el dictado.

REFERENCIAS

- [1] John F. Sowa. "Conceptual Structures". En: editado por Timothy E. Nagle y col. Upper Saddle River, NJ, USA: Ellis Horwood, 1992. Capítulo Conceptual Graphs Summary, páginas 3-66. ISBN: 0-13-175878-0. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=168857.168864>.
- [2] W Hartshorne. *Burks, editors. Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Cambridge, Massachusetts, 1931-1935.*
- [3] Frank Van Harmelen, Vladimir Lifschitz y Bruce Porter. *Handbook of knowledge representation*. Volumen 1. Elsevier, 2008.
- [4] María Alejandra Paz Menvielle y col. "Arquitectura y operatoria de un sistema de corrección de exámenes automatizado, utilizando grafos dirigidos". En: *IV Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información, CONAIISI, Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería, Argentina (2016)*. 2016.
- [5] María Alejandra Paz Menvielle y col. "Teoría y práctica de un sistema de corrección automatizada, utilizando grafos dirigidos como base de conocimiento". En: *V Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información, CONAIISI, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe, Argentina*. 2017.
- [6] Satoshi Watanabe. *Pattern recognition: human and mechanical*. John Wiley & Sons, Inc., 1985.
- [7] John Scott y Peter J Carrington. *The SAGE handbook of social network analysis*. SAGE publications, 2011.
- [8] Charles Sanders Peirce. *The essential Peirce: selected philosophical writings*. Volumen 2. Indiana University Press, 1992.
- [9] Mile Pavlič, Ana Meštrović y Alen Jakupović. "Graph-based formalisms for knowledge representation". En: *Proceedings of the 17th world multi-conference on systems cybernetics and informatics (WMSCI 2013)*. Volumen 2. 2013, páginas 200-204.
- [10] Wenfei Fan. "Graph pattern matching revised for social network analysis". En: *Proceedings of the 15th International Conference on Database Theory*. ACM. 2012, páginas 8-21.
- [11] Maarten Van Steen. "Graph theory and complex networks". En: *An introduction* 144 (2010).
- [12] Batagelj V., Bock H y Ferligoj A. *Data Science and Classification*. Springer, 2006.
- [13] Keinosuke Fukunaga. *Introduction to statistical pattern recognition*. Elsevier, 2013.
- [14] Pierre A Devijver y Josef Kittler. *Pattern recognition theory and applications*. Volumen 30. Springer Science & Business Media, 2012.
- [15] Anke Meyer-Baese y Anke Meyer-Baese. *Pattern recognition for medical imaging*. Academic Press, 2004.
- [16] Hae Yong Kim, Javier Giacomantone y Zang Hee Cho. "Robust anisotropic diffusion to produce enhanced statistical parametric map from noisy fMRI". En: *Computer Vision and Image Understanding* 99.3 (2005), páginas 435-452.
- [17] Hae Yong Kim y Javier Oscar Giacomantone. "A new technique to obtain clear statistical parametric map by applying anisotropic diffusion to fMRI". En: *Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference on*. Volumen 3. IEEE. 2005, páginas III-724.
- [18] Luis Alonso Romero y Teodoro Calonge Cano. "Redes neuronales y reconocimiento de patrones". En: (2001).

Comparación de algoritmos de clasificación para predecir la condición de una persona como Fumador/No Fumador, a partir de una encuesta

José Federico Medrano

Facultad de Ingeniería - Visualización y Recuperación Avanzada de Información (VRAIn)

Universidad Nacional de Jujuy

San Salvador de Jujuy, 4600

jfedericomedrano@gmail.com

Abstract

Las tareas de clasificación demandan una considerable cantidad de tiempo las cuales se ven penalizadas debido a las grandes cantidades de datos a analizar (miles/millones de registros), sumado a esto, clasificar y además encontrar patrones entre los datos no es una tarea sencilla. Debido a la experiencia que posea una persona en una tarea común y repetitiva, a veces resulta intuitivo y hasta natural hacer predicciones o clasificar un conjunto de datos, pero cuando los datos son nuevos y cambiantes, cuando los escenarios son desconocidos, y cuando el tiempo de proceso es una variable importante, es inevitable automatizar todo o parte del proceso. El empleo de técnicas de Machine Learning (ML) ayuda en gran medida a este tipo de problemas, por esta razón, en este trabajo se presenta una comparación de algoritmos de clasificación de perfiles de personas que a partir de un conjunto de datos recolectados en la Encuesta Mundial de Tabaquismo en Adultos (EMTA) llevada a cabo en el año 2012, permite clasificar a una persona como fumador o no fumador. Se evaluaron un conjunto de clasificadores, lo más comúnmente utilizados en este tipo de tareas, y de acuerdo al desempeño que obtuvieron cada uno de ellos, se eligió el clasificador AdaBoost, el cual logró un resultado del 95% empleando la métrica ROC AUC. La solución aquí presentada permitiría, a través de la recolección de nuevos datos (preguntas a una encuesta) establecer si una persona, con ciertas características, puede llegar a considerarse un fumador o podría desarrollar dicha adicción.

1. Introducción

La aplicación de técnicas y algoritmos de *Machine Learning* (Aprendizaje Automático) se están volviendo cada vez más comunes, el uso en problemas poco habituales, diversos y hasta creativos se están popularizando. Problemas que van desde la clasificación de textos [10,41,19,16,35] al reconocimiento de objetos o formas en imágenes [4,14,40,8,15], pasando por la predicción/detección de enfermedades [2,23,33,28,13] y análisis de conductas [36,29,20,25,6], entre muchísimos otros usos. Las librerías *scikit-learn* [31,9] y *tensor flow* [1] para el lenguaje *Python*¹ son algunas de las más utilizadas para crear modelos de clasificación y predicción, estas poseen implementaciones de los algoritmos más utilizados para las tareas mencionadas, por esta razón, utilizar estas herramientas reduce en gran medida el armado de los modelos.

Como ya se adelantó, se realizó una comparación entre diferentes clasificadores, de los cuales el clasificador *Ada Boost* [11] obtuvo el mejor desempeño.

Adaptive Boosting, o *AdaBoost*, parte de un vector de características y emplea un árbol de decisión como clasificador de base. Un comité de subclasificadores se forma a partir de un árbol de decisión. Con cada iteración del subclasificador, las instancias de entrenamiento que fueron etiquetadas erróneamente son más pesadas para asegurar que esas instancias reciban mayor atención a medida que se generen subsecuentes subclasificadores [37], de esta manera el algoritmo se adapta y logra obtener mejores resultados.

Si bien este tipo de clasificador ha sido muy utilizado para la detección de automóviles [40,8], también fue implementado con éxito para identificar el sexo de una

¹ <https://www.python.org/>

persona a partir de una imagen de su cara en escala de grises con baja resolución [4], o en la detección de puertas para robots móviles [15], o en la identificación de cabezas de ganado [14].

El tabaquismo es un tema muy serio y delicado [30, 27, 21, 22], y es una cuestión social que no solo afecta al fumador sino a quienes lo rodean [24], por esta razón, el trabajo aquí presentado puede ser realmente útil para identificar los causantes y quizás las razones por las cuales una persona sana puede caer en esta adicción [26].

2. Materiales y Métodos

2.1. Datos utilizados

Los datos que se utilizaron para este trabajo fueron descargados del portal del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC)². Dentro de la solapa "Salud" figura la base de datos de la Encuesta Mundial de Tabaquismo en Adultos (EMTA) realizada en el año 2012 en nuestro país. En esta sección se encuentra un instructivo para abrir la base de datos, el diseño de registro de la base de datos y la base de datos en formato SPSS y TXT.

La EMTA, un componente del Sistema Global de Vigilancia de Tabaco, es un estándar mundial para el monitoreo sistemático del uso del tabaco en adultos y para el seguimiento de los indicadores clave de control de tabaco. EMTA está diseñada para producir estimaciones nacionales y subnacionales. La población objetivo incluye todas las mujeres y los hombres de 15 años y más residentes en viviendas particulares. Como iniciativa del Ministerio de Salud de la Nación, EMTA Argentina fue realizada por el INDEC entre mayo y agosto 2012 utilizando un diseño muestral estratificado y multietápico. El tamaño muestral fue de 9.790 viviendas seleccionadas con 6.645 entrevistas individuales completas. El cuestionario de EMTA es un cuestionario estandarizado que incluyó preguntas básicas acerca de características generales, tabaco fumado y sin humo, cesación, consumo de tabaco ajeno, economía, medios de comunicación y conocimiento, actitudes y percepciones [17].

Cada entrevista corresponde a un registro en la base de datos, con lo cual, la base de datos original cuenta con 6.645 registros. Cada registro posee 256 campos o columnas, que representa cada uno la respuesta a cada una de las preguntas realizadas en la encuesta. El cuerpo de preguntas está dividido en 9 secciones: Variables del hogar (HH), Características personales (A), Tabaquismo (B), Tabaco sin humo (C), Cesación (D), Exposición al humo de tabaco ajeno (E), Economía - Cigarrillos manufacturados (F), Medios de comunicación (G) y Conocimientos, actitudes y percepciones (H). Se descartaron ciertos campos/características para este

análisis por considerarlos poco representativos debido principalmente a la no respuesta a una pregunta o la pérdida de esta. Por ejemplo, la pregunta AAR07C: *¿Está asociado a un plan o seguro público?*, posee 6.225 respuestas *No*, 388 respuestas *Si* y 32 respuestas *No sabe/Se niega*; otro ejemplo, la pregunta F01BCART: *La última vez que compró cigarrillos para usted, ¿cuántos cartones compró?*, posee 6.614 respuestas vacías y sólo 31 casos válidos; otro caso son las preguntas que poseen 10 respuestas para cada uno de los integrantes de la familia, donde si la familia solo posee 2 integrantes, las 8 respuestas son vacías, además no se debe de perder de vista que el objeto de análisis es el entrevistado.

Además se omitieron a propósito las preguntas de las secciones B, C y D, ya que corresponden específicamente a los fumadores, pues en este tipo de preguntas los no fumadores omiten dicha respuesta con lo cual tampoco representan un dato significativo para este análisis. Para otro tipo de análisis como la reincidencia de fumadores si serían de utilidad, pero no es el caso del estudio que aquí se presenta. Además el objetivo de este trabajo era poder clasificar un perfil entre fumador y no fumador sin saber a priori si se trata efectivamente de un fumador o de un no fumador. La base de datos original se compone por 1.650 personas fumadoras actualmente (fumadores a diario u ocasionales) y 4.995 no fumadores actualmente, nuevamente vale la aclaración de que los no fumadores están compuestos por un porcentaje de personas que alguna vez fumaron en su vida pero que actualmente ya no lo hacen, pero los que aquí importan son los fumadores actuales.

El cuerpo de análisis definitivo luego de la depuración cuenta con 5.535 registros, compuesto de 541 fumadores y 4.995 no fumadores, la reducción del número de registros de fumadores se debe principalmente a las respuestas vacías o perdidas de los campos seleccionados para el análisis, ya que para las preguntas E03, E05 y E07 más del 60% de los fumadores encuestados no las respondieron. Las preguntas seleccionadas se muestran en la Tabla 2.

2.2. Algoritmos empleados

Como se mencionó previamente, la librería *scikit-learn* provee implementación de los algoritmos de clasificación más comúnmente utilizados. Cada clasificador posee ciertos parámetros de configuración que fueron probados y ajustados para mejorar los resultados obtenidos.

Los clasificadores utilizados en este trabajo fueron los siguientes (la abreviación que figura con cada nombre se utilizó para poder visualizar los resultados de una manera más cómoda):

- Logistic Regression (LR) [5]

² <https://www.indec.gov.ar/bases-de-datos.asp>

- Linear Discriminant Analysis (LDA) [3]
- k -Nearest Neighbors (KNN) [12]
- Decision Tree (TREE) [32]
- Gaussian Naive Bayes (NB) [18]
- Support Vector Machine (SVM) [39,38]
- Random Forest (RNF) [7]
- Ada Boost (ADB) [11]

La métrica de evaluación de cada algoritmo fue la ROC AUC (*Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve* o Área Bajo la Curva de Característica Operativa del Receptor), se decidió emplear esta medida por el desbalance que existe entre las clases.

(*under-sampling*) seleccionando muestras al azar para lidiar con dicha problemática.

Para iniciar el entrenamiento de los clasificadores se dividió el conjunto de datos en dos conjuntos, uno de entrenamiento (80% de los registros) y uno de validación o testeo (20% de los registros). Así mismo se aplicó un esquema de validación cruzada (*cross-validation*) de 10 pliegues sobre el conjunto de entrenamiento, en este esquema el conjunto de entrenamiento se divide en k conjuntos más pequeños. Un modelo se entrena utilizando $k-1$ de los pliegues como datos de entrenamiento, el modelo resultante se valida con la parte restante de los datos (es decir, se utiliza como un conjunto de prueba para calcular una medida de rendimiento, como la precisión). La medida de rendimiento informada por *k-fold cross-*

Comparación de Algoritmos

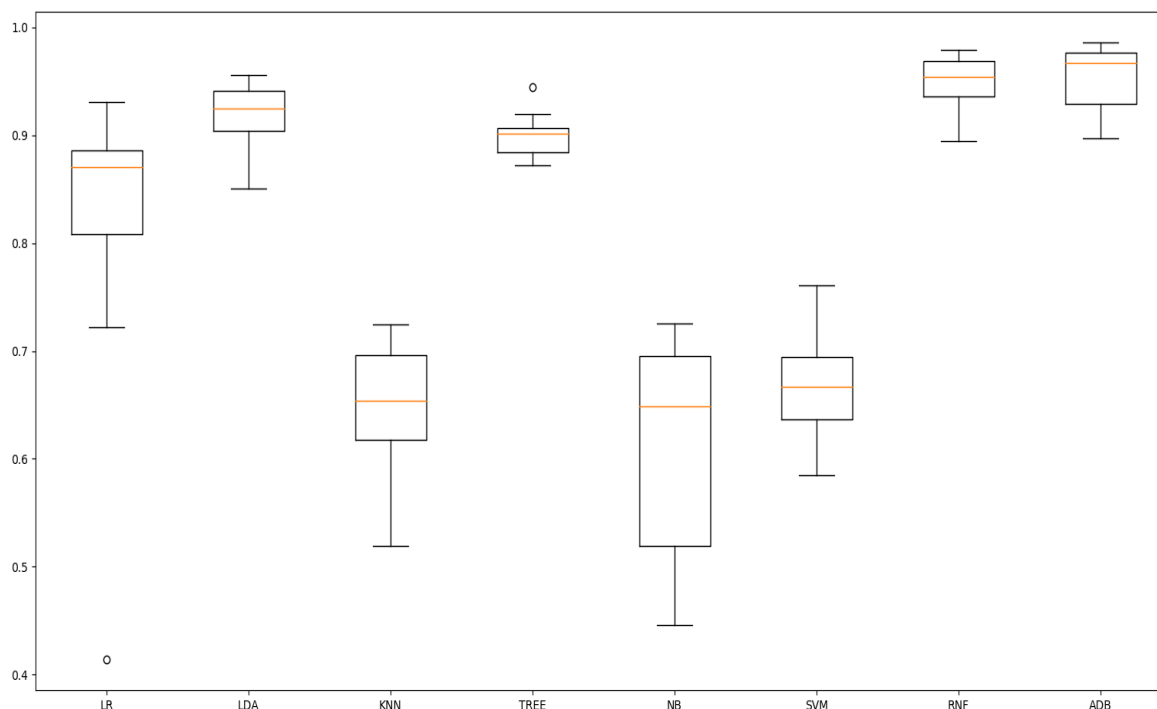


Figura 1 : Diagramas box-plot para representar el desempeño de cada uno de los clasificadores evaluados

3. Procesamiento y estudio comparativo

El problema aquí presentado posee dos clases muy desbalanceadas 541/4995 (Fumadores/No Fumadores), por esta razón se decidió aplicar un submuestreo aleatorio

validation es entonces el promedio de los valores calculados en el ciclo. Este enfoque puede ser computacionalmente costoso, pero no desperdicia demasiados datos (como es el caso cuando se fija un conjunto de prueba arbitrario), que es una gran ventaja en el problema, como la inferencia inversa cuando el número de muestras es muy pequeño [34].

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

Esta doble validación se realizó para comprobar que tan precisos resultaban los cálculos, en ambos casos (*cross-validation* y validación con una partición del conjunto de datos) se obtuvieron resultados similares. Los resultados del desempeño de cada uno de los clasificadores fue el siguiente (el cual se puede observar en la Figura 1):

- LR: 0.812603 (0.144947)
- LDA: 0.917279 (0.032271)
- KNN: 0.650504 (0.058149)
- TREE: 0.900024 (0.020294)
- NB: 0.610664 (0.095879)
- SVM: 0.664166 (0.049465)
- RNF: 0.948608 (0.026231)
- ADB: 0.954403 (0.029196)

Para cada clasificador se incluye el promedio de las evaluaciones y la desviación estándar, valor indicado entre paréntesis.

Como se observa, los que obtuvieron la mejor calificación fueron: *Decision Tree*, *Linear Discriminant*

Analysis, *Random Forest* y *Ada Boost*, donde el algoritmo *Ada Boost* ofrece una precisión superior al 95%, con lo cual este algoritmo fue seleccionado para realizar las validaciones/predicciones con el conjunto de datos de validación. El reporte de clasificación con los valores de *precision*, *recall*, *f1-score* y *support* se resumen en la

Tabla 1: Reporte de clasificación, por otro lado, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar la matriz de confusión correspondiente. Ambos reportes (reporte de clasificación y matriz de confusión) se realizaron sobre el conjunto de datos de testeo.

Tabla 1: Reporte de clasificación

Categoría	Precision	Recall	F1-score	Support
Fumador	0.92	0.95	0.94	105
No Fumador	0.95	0.91	0.93	105
avg/total	0.94	0.94	0.94	216

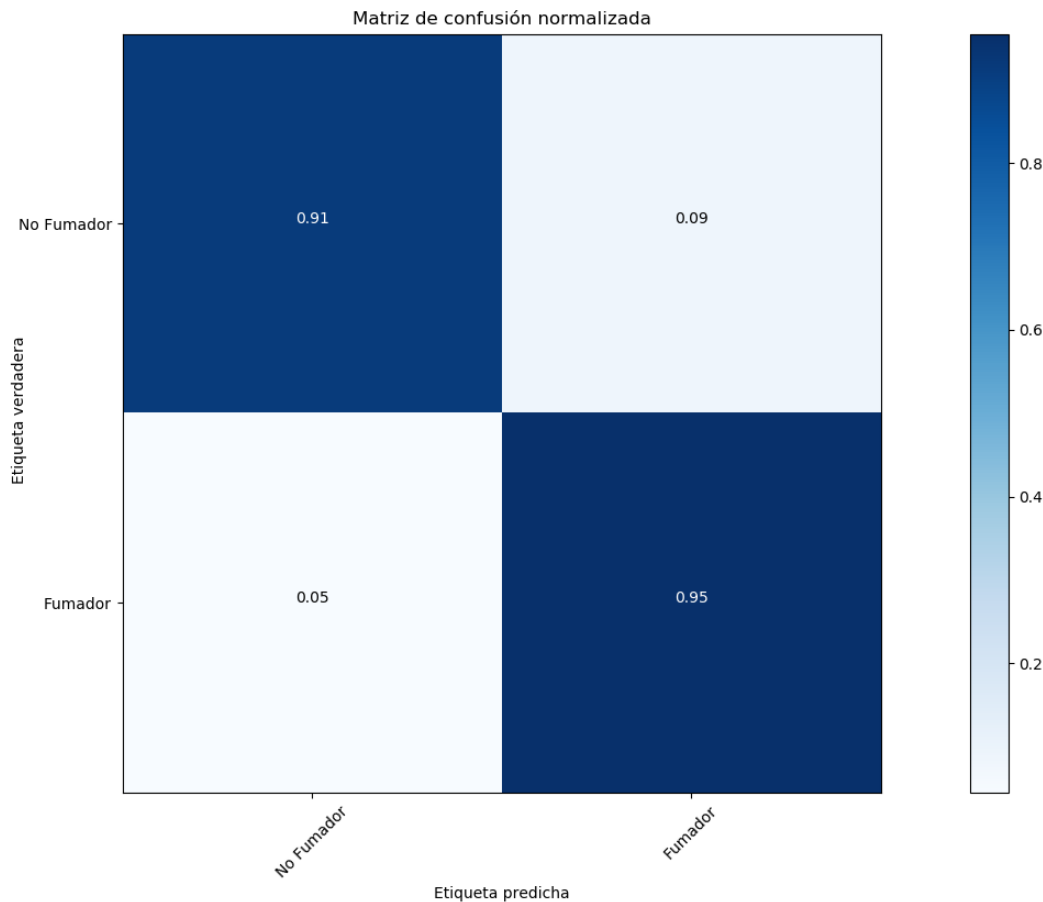


Figura 2: Matriz de confusión normalizada de las predicciones realizadas

La revisión tanto de la Tabla 1 como de la Figura 2, pone a la vista la calidad de los resultados que ofrece la aplicación del algoritmo *Ada Boost* al contexto presentado. La matriz de confusión indica que para el caso de las personas encuestadas y etiquetadas como “No Fumador” (del conjunto de validación), solo el 9% de estas fueron clasificadas erróneamente como “Fumador”. En el mismo sentido, del total de registros del conjunto de validación etiquetado como “Fumador” solo el 5% fue clasificado incorrectamente como “No Fumador”. Atendiendo al reporte general de clasificación, el modelo construido y planteado, acierta en promedio el 94% de las veces. Cabría analizar la precisión y exhaustividad de dicho modelo ampliando o reduciendo el conjunto de datos de entrenamiento/validación, o empleando otras técnicas diferentes a las aquí utilizadas para lidiar con el desbalance de las clases.

La elección de los campos/características utilizadas en este estudio fue acertada, cabe aclarar que esta elección se fue modificando y evaluando constantemente hasta lograr los resultados obtenidos, de antemano es muy difícil saber cuáles datos serán los mejores o los más adecuados, este problema se potencia cuando el conjunto de datos posee muchísimos campos (256 campos en la base de datos original). La elección del conjunto de características no es trivial y en muchos casos depende del conocimiento previo que se posea sobre el problema en cuestión, en otros casos depende del método o técnica de extracción de características que se emplee.

4. Conclusiones

A partir de los datos analizados se pueden sacar muchas conclusiones y se pueden obtener gráficos y resultados mediante cálculos y resúmenes estadísticos, pero estos elementos poseen limitaciones cuando existe un número elevado de dimensiones a evaluar. Así mismo, si el problema precisa realizar predicciones o clasificaciones de un conjunto de datos nuevos a partir de un conjunto de datos conocidos, es necesario emplear otro tipo de herramientas. Es aquí donde las técnicas y algoritmos de *Machine Learning* cobran verdadera relevancia automatizando gran parte de las tareas de clasificación y detección de patrones en grandes cantidades de datos.

La comparación aquí presentada ofrece una herramienta útil al momento de identificar si una persona es o será un potencial fumador, contar con esta información permitirá implementar políticas específicas para reducir el número de personas que pueden llegar a tener este tipo de adicción tan controversial y tan discutida. Los experimentos realizados permitieron evaluar el comportamiento y la precisión de un conjunto

de algoritmos de clasificación, de los cuales el algoritmo *Ada Boost* demostró el mejor desempeño.

Los resultados obtenidos, a partir de las evaluaciones realizadas, son bastante alentadores y con lo cual totalmente mejorables. Este estudio deja abierta la puerta para otro tipo de análisis relacionado con la problemática planteada, como ser la detección temprana de fumadores reincidentes. El tabaquismo, al ser una adicción que no solo afecta a la persona sino también a quienes lo rodean, es un tema delicado, que requiere muchísimo análisis y contar con instrumentos como el que aquí se expone, puede llegar a ser beneficioso desde distintos puntos de vista, claro está que el más importante es prevenir y/o evitar que una persona sana se convierta en fumador.

5. Referencias

- [1] Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., Chen, Z., Citro, C., Corrado, G.S., Davis, A., Dean, J., Devin, M., Ghemawat, S., Goodfellow, I., Harp, A., Irving, G., Isard, M., Jia, Y., Jozefowicz, R., Kaiser, L., Kudlur, M., Levenberg, J., Mané, D., Monga, R., Moore, S., Murray, D., Olah, C., Schuster, M., Shlens, J., Steiner, B., Sutskever, I., Talwar, K., Tucker, P., Vanhoucke, V., Vasudevan, V., Viégas, F., Vinyals, O., Warden, P., Wattenberg, M., Wicke, M., Yu, Y., Zheng, X.: TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems (2015), <https://www.tensorflow.org/>, software available from tensorflow.org
- [2] Bahl, M., Barzilay, R., Yedidia, A.B., Locascio, N.J., Yu, L., Lehman, C.D.: Highrisk breast lesions: A machine learning model to predict pathologic upgrade and reduce unnecessary surgical excision. *Radiology* p. 170549 (2017)
- [3] Balakrishnama, S., Ganapathiraju, A.: Linear discriminant analysis-a brief tutorial. *Institute for Signal and Information Processing* 18, 1–8 (1998)
- [4] Baluja, S., Rowley, H.A.: Boosting sex identification performance. *International Journal of computer vision* 71(1), 111–119 (2007)
- [5] Bishop, C.M.: *Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics)*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA (2006)
- [6] Boiy, E., Moens, M.F.: A machine learning approach to sentiment analysis in multilingual web texts. *Information retrieval* 12(5), 526–558 (2009)
- [7] Breiman, L.: Bagging predictors. *Machine learning* 24(2), 123–140 (1996)
- [8] Broggi, A., Cardarelli, E., Cattani, S., Medici, P., Sabbatelli, M.: Vehicle detection for autonomous parking using a soft-cascade adaboost classifier. In: *Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, 2014 IEEE*. pp. 912–917. IEEE (2014)
- [9] Buitinck, L., Louppe, G., Blondel, M., Pedregosa, F., Mueller, A., Grisel, O., Niculae, V., Prettenhofer, P., Gramfort, A., Grobler, J., Layton, R., VanderPlas, J., Joly, A., Holt, B., Varoquaux, G.: API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project. In: *ECML PKDD Workshop: Languages for Data Mining and Machine Learning*. pp. 108–122 (2013)

- [10] Christensen, K., Nørskov, S., Frederiksen, L., Scholderer, J.: In search of new product ideas: Identifying ideas in online communities by machine learning and text mining. *Creativity and Innovation Management* 26(1), 17–30 (2017)
- [11] Freund, Y., Schapire, R.E.: A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of computer and system sciences* 55(1), 119–139 (1997)
- [12] Fukunaga, K., Narendra, P.M.: A branch and bound algorithm for computing k- nearest neighbors. *IEEE transactions on computers* 100(7), 750–753 (1975)
- [13] Furey, T.S., Cristianini, N., Duffy, N., Bednarski, D.W., Schummer, M., Haussler, D.: Support vector machine classification and validation of cancer tissue samples using microarray expression data. *Bioinformatics* 16(10), 906–914 (2000)
- [14] Gaber, T., Tharwat, A., Hassanien, A.E., Snasel, V.: Biometric cattle identification approach based on weber's local descriptor and adaboost classifier. *Computers and Electronics in Agriculture* 122, 55–66 (2016)
- [15] Hensler, J., Blaich, M., Bittel, O.: Real-time door detection based on adaboost learning algorithm. In: *International Conference on Research and Education in Robotics*. pp. 61–73. Springer (2009)
- [16] Ikonomakis, M., Kotsiantis, S., Tampakas, V.: Text classification using machine learning techniques. *WSEAS transactions on computers* 4(8), 966–974 (2005)
- [17] INDEC: Encuesta mundial de tabaquismo en adultos. diseño de registro (2012), <https://tinyurl.com/y8orkory>, consultado el: 2018-04-01
- [18] John, G.H., Langley, P.: Estimating continuous distributions in bayesian classifiers. In: *Proceedings of the Eleventh conference on Uncertainty in artificial intelligence*. pp. 338–345. Morgan Kaufmann Publishers Inc. (1995)
- [19] Kanan, T., Fox, E.A.: Automated arabic text classification with p-stemmer, machine learning, and a tailored news article taxonomy. *JASIST* 67, 2667–2683 (2016)
- [20] Khan, A.Z., Atique, M., Thakare, V.: Combining lexicon-based and learning-based methods for twitter sentiment analysis. *International Journal of Electronics, Communication and Soft Computing Science & Engineering (IJECSCE)* p. 89 (2015)
- [21] King, B.A., Mirza, S.A., Babb, S.D., et al.: A cross-country comparison of secondhand smoke exposure among adults: findings from the global adult tobacco survey (gats). *Tobacco control* 22(4), e5–e5 (2013)
- [22] Kostova, D., Chaloupka, F.J., Yurekli, A., Ross, H., Cherukupalli, R., Andes, L., Asma, S., Group, G.C., et al.: A cross-country study of cigarette prices and affordability: evidence from the global adult tobacco survey. *Tobacco Control* pp. tobacco control–2011 (2012)
- [23] Kourou, K., Exarchos, T.P., Exarchos, K.P., Karamouzis, M.V., Fotiadis, D.I.: Machine learning applications in cancer prognosis and prediction. *Computational and structural biotechnology journal* 13, 8–17 (2015)
- [24] Liu, J., Shang, S., Li, P., Deng, M., Chen, C., Jiang, Y., Dang, L., Qu, Q.: Asociación entre el tabaquismo actual y el deterioro cognitivo y su relación con la edad: estudio transversal realizado en Xi'an (china). *Medicina Clínica* 149(5), 203–208 (2017)
- [25] Maas, A.L., Daly, R.E., Pham, P.T., Huang, D., Ng, A.Y., Potts, C.: Learning word vectors for sentiment analysis. In: *Proceedings of the 49th annual meeting of the association for computational linguistics: Human language technologies-volume 1*. pp. 142–150. Association for Computational Linguistics (2011)
- [26] Marín Romero, B., Gil Roales-Nieto, J., Moreno San Pedro, E.: Variables relacionadas con el éxito en el autoabandono del tabaquismo. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy* 17(1) (2017)
- [27] Mbulo, L., Palipudi, K.M., Andes, L., Morton, J., Bashir, R., Fouad, H., Rama- nandraibe, N., Caixeta, R., Dias, R.C., Wijnhoven, T.M., et al.: Secondhand smoke exposure at home among one billion children in 21 countries: findings from the global adult tobacco survey (gats). *Tobacco control* pp. tobaccocontrol–2015 (2016)
- [28] Mccarthy, J.F., Marx, K.A., Hoffman, P.E., Gee, A.G., Oneil, P., Ujwal, M.L., Hotchkiss, J.: Applications of machine learning and high-dimensional visualization in cancer detection, diagnosis, and management. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1020(1), 239–262 (2004)
- [29] Oscar, N., Fox, P.A., Croucher, R., Wernick, R., Keune, J., Hooker, K.: Machine learning, sentiment analysis, and tweets: An examination of alzheimer's disease stigma on twitter. *The Journals of Gerontology: Series B* 72(5), 742–751 (2017)
- [30] Owusu, D., Quinn, M., Wang, K.S., Aibangbee, J., Mamudu, H.M.: Intentions to quit tobacco smoking in 14 low- and middle-income countries based on the transtheoretical model. *Drug & Alcohol Dependence* 178, 425–429 (2017)
- [31] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., Duchesnay, E.: Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research* 12, 2825–2830 (2011)
- [32] Safavian, S.R., Landgrebe, D.: A survey of decision tree classifier methodology. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics* 21(3), 660–674 (1991)
- [33] Say, L., Chou, D., Gemmill, A., Tunçalp, Ö., Moller, A.B., Daniels, J., Gülmezoglu, A.M., Temmerman, M., Alkema, L.: Global causes of maternal death: a who systematic analysis. *The Lancet Global Health* 2(6), e323–e333 (2014)
- [34] Scikit-Learn: Cross-validation: evaluating estimator performance (2018), consultado el día: 2018-08-02, http://scikit-learn.org/stable/modules/cross_validation.html
- [35] Sebastiani, F.: Machine learning in automated text categorization. *ACM computing surveys (CSUR)* 34(1), 1–47 (2002)
- [36] Sharma, H.K., Singh, T., Kshitiz, K., Singh, H., Kukreja, P.: Detecting hate speech and insults on social commentary using nlp and machine learning. *International Journal of Engineering Technology Science and Research* 4(12), 279–285 (2017)
- [37] Thomas, R.W., Vidal, J.M.: Toward detecting accidents with already available passive traffic information. In: *Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 2017 IEEE 7th Annual*. pp. 1–4. IEEE (2017)
- [38] Vapnik, V.: An overview of statistical learning theory. *IEEE Transactions on Neural Networks* 10(5), 988–999 (Sep 1999)
- [39] Vapnik, V.: *The nature of statistical learning theory*. Springer science & business media (2013)
- [40] Wen, X., Shao, L., Xue, Y., Fang, W.: A rapid learning algorithm for vehicle classification. *Information Sciences* 295, 395–406 (2015)

[41] Xuan, J., Jiang, H., Ren, Z., Yan, J., Luo, Z.: Automatic bug triage using semisupervised text classification. arXiv preprint arXiv:1704.04769 (2017)

Tabla 2: Listado de preguntas que se incorporaron al análisis y procesamiento de información

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
AGE	Edad del respondente
A01	Sexo del respondente
A02A	Mes nacimiento del respondente
A02B	Año nacimiento del respondente
AAR04A	¿Asiste o asistió a algún establecimiento educativo?
AAR04B	¿Cuál es el nivel más alto que cursa o cursó?
A05	¿Cuál de las siguientes actividades describe mejor su actividad principal en los últimos 12 meses?
A06C	Por favor indique si este hogar o algún integrante de este hogar tiene acceso a alguno de los siguientes elementos: Teléfono fijo
A06D	Por favor indique si este hogar o algún integrante de este hogar tiene acceso a alguno de los siguientes elementos: Teléfono celular
A06H	Por favor indique si este hogar o algún integrante de este hogar tiene acceso a alguno de los siguientes elementos: Automóvil
A06I	Por favor indique si este hogar o algún integrante de este hogar tiene acceso a alguno de los siguientes elementos: Motocicleta/Ciclomotor
AAR07A	¿Está asociado a una obra social (incluye PAMI)?
AAR07D	¿Está asociado a un servicio de emergencia médica?
AAR08A	¿Cuál es el ingreso total mensual del hogar? Incluya ingresos provenientes del trabajo, jubilaciones, rentas, seguros de desempleo, becas, cuotas de alimentos, etc.
E01	¿Cuál de las siguientes frases describe mejor las normas relativas a fumar dentro de su casa?
E03	¿Con qué frecuencia *alguien* (cualquier persona) fuma dentro de su casa?
E04	¿Actualmente trabaja fuera de su casa?
E05	¿Generalmente trabaja en un espacio cerrado o abierto?
E07	¿Cuál de las siguientes frases describe mejor la política respecto de fumar en espacios cerrados en su trabajo?
E15	En los últimos 30 días, ¿usó algún medio de transporte público?
G01A	En los últimos 30 días, ¿vio o escuchó *información en *diarios o revistas* acerca de los peligros de fumar o que lo aliente a dejar de fumar?
G01B	En los últimos 30 días, ¿vio o escuchó información en *televisión* acerca de los peligros de fumar o que lo aliente a dejar de fumar?
G01C	En los últimos 30 días, ¿vio o escuchó información en la *radio* acerca de los peligros de fumar o que lo aliente a dejar de fumar?
G01D	En los últimos 30 días, ¿vio o escuchó información en *carteles en la calle* acerca de los peligros de fumar o que lo aliente a dejar de fumar?
G01E	En los últimos 30 días, ¿vio o escuchó información en *Internet* acerca de los peligros de fumar o que lo aliente a dejar de fumar?
H02E	Basándose en lo que piensa o en lo que sabe, ¿fumar Tabaco causa cáncer de estómago?

Análisis y desarrollo de un proceso de implementación de un Sistema de Gestión en Cooperativas de Salud a partir de tecnología GNU Health

Gonzalo Aranda¹, Manuela Rago¹, Cesar Tynik^{1,2}, José Fantasía², Mario Ferreyra², Martín Santiago^{1,3}, José María Massa¹, Mariana del Fresno^{1,4}

¹Fac. Cs. Exactas, UNCPBA, Campus Universitario, Tandil, Buenos Aires, 7000

GENEOS Cooperativa de Software Libre Ltda, Gral. Paz 440, Tandil, Buenos Aires, 7000

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA)

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un Sistema Integral de Gestión Hospitalaria y atención a los pacientes, que contempla diferentes aspectos de la salud familiar y la utilización de historia clínica digital. Previo relevamiento de la situación y necesidades de las entidades del sector, se aborda el proceso de implementación y se describen los procesos y pautas generales para la instalación, configuración y adaptación de la implementación basada en tecnología GNU Health. Se describe el estudio e implantación en un caso testigo, el Policlínico Cooperativo Policoop de la ciudad bonaerense de Tres Arroyos, que cuenta con 10 asociados y 220 planes de salud, siendo su actividad principal el servicio de traslados y alquiler de consultorios externos, y próximamente también servicio de internaciones. Luego de completada la implantación en la institución, Los resultados preliminares indican que el proceso ha sido exitoso y se dispone de un sistema integral de gestión de salud que permitirá mejorar los procesos y servicios. Además, el modelo propuesto podrá ser replicado por para otras entidades, especialmente en cooperativas y mutuales de salud.

1. Introducción

Los avances en tecnologías digitales de información y conectividad han provocado una creciente transformación en diferentes áreas, incluyendo también el ámbito de la salud. El cuidado de la salud implica un proceso continuo de intercambio de información, que necesita de la interacción entre los diferentes actores intervinientes, entre ellos: los pacientes, los prestadores, los aseguradores de salud e incluso el Estado. La comunicación de información cumple un rol fundamental para asistir en la transferencia de documentos clínicos, la toma de decisiones, la disminución de costos y contribuir a la

mejora de la calidad asistencial, la seguridad y la equidad en la atención de pacientes [1].

Actualmente, numerosas instituciones sanitarias se enfrentan al desafío de incorporar sistemas informáticos que faciliten su operatoria, y contribuyan a una gestión sencilla y eficiente de la información. La digitalización en salud implica una oportunidad de crecimiento para los agentes que intervienen en el sistema sanitario, a fin de mejorar la accesibilidad y eficiencia en los procesos y prestaciones. Entre las ventajas también se incluyen la posibilidad de ampliar los canales de comunicación y el desarrollo e incorporación de diferentes herramientas diagnósticas y de asistencia en tratamientos médicos [2, 3]. Por lo general, el proceso de digitalización requiere una serie de cambios por parte de las instituciones, ya sean graduales o profundos, tendientes a mejorar sus resultados asistenciales y sus servicios a los pacientes.

Entre las instituciones médicas en el país, las cooperativas y mutuales de salud complementan los servicios nacionales públicos y privados. Este tipo de instituciones brindan una prestación de atención primaria de bajo costo y participan en la promoción de la salud, prevención, tratamiento curativo y rehabilitación. Asimismo, proporcionan una amplia gama de servicios médicos, incluyendo atención ambulatoria, odontología, oftalmología y emergencias. Además, en muchos casos operan bancos de sangre y servicios de ambulancia, y llevan adelante farmacias, laboratorios y servicios de enfermería. También proporcionan cobertura de seguro de prepago, y una minoría de ellas administran sus propios centros de salud.

Según el Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social (INAES) [4], que trabaja en un Relevamiento Nacional de Mutuales y Cooperativas de Servicios de Salud (#RelevarSalud2017), en todo el país existen más de 1000 cooperativas y mutuales de salud. Desde 2011, una ley de empresas de medicina prepaga que regula a las aseguradoras privadas, también incorporó a las

cooperativas y mutuales, estableciendo igualdad de trato entre las instituciones con fines de lucro y las cooperativas y mutuales. Ambas están regulados por la Superintendencia de Servicios de Salud (SSS), que establece normas sobre el precio, afiliaciones y los niveles de cobertura del programa médico obligatorio (PMO), así como cuestiones de reserva financiera. Esto último genera un doble costo administrativo para estas organizaciones, que deben cumplir reglamentaciones de ambos organismos –INAES y SSS–, y a la vez mejorar y modernizar sus sistemas de gestión de servicios de salud y trato con los pacientes afiliados, para continuar siendo una opción para la provisión de salud a los usuarios.

En general, las mutuales y cooperativas de salud necesitan modernizar los procesos de gestión que utilizan. La incorporación de tecnología para mejorar los servicios de salud es una tendencia en crecimiento, que viene teniendo desigual desarrollo en los diferentes sectores, siendo posiblemente el sector cooperativo el que presenta una evolución más tardía.

Habiéndose detectado la necesidad de modernizar los procesos de gestión de las instituciones mencionadas, este trabajo aborda el desarrollo de un Sistema Integral de Gestión hospitalaria y atención a los pacientes que contempla diferentes aspectos de la salud familiar, entre ellos la utilización generalizada de la Historia Clínica Digital. El proyecto en el que se basa este trabajo se ha desarrollado en el marco del Programa de Cooperativismo y Economía Social en la Universidad, aprobado mediante Resolución SPU N° 2641/2016 y también cuenta con aval institucional de la Facultad de Ciencias Exactas, a través de la RCA 264/17.

A partir de un análisis de la situación actual y de las necesidades identificadas en entidades del sector de cooperativas de salud en cuanto a la informatización de los diferentes procesos de atención de la salud, el trabajo contempla la definición del proceso de implementación, estableciendo pautas generales para la instalación, configuración y adaptación de un sistema informático de gestión integral de la salud para entidades de la Economía Social y Solidaria (ESS).

Para la implementación se ha tomado como base el sistema de Gestión Hospitalaria y de Información de Salud GNU Health [5], que posee un modelo de software libre ya probado en otras instituciones de salud. Actualmente, GNU Health está implantado tanto en hospitales públicos como privados de diferentes países, con comunidades en los 5 continentes y traducido al momento a 42 idiomas. En el país, se pueden encontrar experiencias en diferentes instituciones, siendo una de las más recientemente la del Hospital Joseph Lister, de la provincia de Entre Ríos [6].

En este trabajo se considera el estudio e implantación en un caso testigo –el *Policlínico Cooperativo Policoop de Tres Arroyos*– aunque el trabajo abordado pretende brindar un modelo a partir del cual otras entidades puedan

replicar la experiencia de implantación de herramientas tecnológicas de gestión en salud, especialmente en cooperativas y mutuales de salud.

2. Elementos del trabajo y metodología

En esta sección se presenta el análisis efectuado sobre las características de funcionamiento y demás información necesaria de las entidades, los aspectos relativos a la implementación del sistema y la metodología llevada adelante en la implantación sobre el caso testigo en particular.

2.1. Análisis de situación de las entidades

La caracterización del estado de situación de las entidades prestadoras de servicios de salud, específicamente en lo referido al nivel de informatización, resulta central para establecer un punto de partida para el desarrollo. En función de esto, se establecieron los aspectos a considerar en el relevamiento de entidades de ESS, a fin de identificar las funcionalidades claves que debe contemplar el sistema, así como necesidades concretas a mediano y largo plazo.

2.1.1. Relevamiento inicial

Como parte del relevamiento inicial a llevar a cabo en la entidad se consideran los siguientes ítems:

- Aspectos contables
- Aspectos administrativos
- Aspectos médicos
- Módulos requeridos

En cuanto a los aspectos contables, se debe determinar la información clave de la entidad como: dirección, sitio web, email, categoría de IVA, CUIT, número de IIBB, si proporciona plan de cuentas, cómo son los ejercicios fiscales, las cuentas utilizadas, si usan cheques o no, los datos de sus puntos de facturación y venta, de los términos de pago, diarios contables e impuestos.

Los datos administrativos consideran el relevamiento de distintos aspectos para evaluar la posibilidad de su importación al sistema, como los productos y las entidades existentes (proveedores, clientes, asociados, empleados, pacientes, profesionales de la salud, otros). Además, se deben recabar los datos de los distintos inventarios o almacenes, y sus ubicaciones.

En cuanto a los aspectos médicos, se considera necesario solicitar la lista de medicamentos existentes. También se debe recuperar la lista de los profesionales de salud y corroborar si figuran como empleados (dentro de entidades comerciales o no), así como las especialidades de la institución. Será importante luego corroborar si las listas coinciden con la información que ya se encuentra disponible en el sistema que se utilice como base de la implementación (en el caso de este trabajo, GNU Health).

Por otra parte, se requiere relevar la información sobre las facilidades que la entidad proporciona, en particular si dispone de Rayos-X, Laboratorio y tests realizados.

Por último, en lo referente a los módulos requeridos es recomendable relevar si en la institución los siguientes módulos deben ser habilitados: archivo de historias clínicas en papel, socio-economía, estilos de vida, ginecología y obstetricia, genética, cirugía, pediatría, enfermería, gestión de hospitalización, unidad de cuidados intensivos, enfermedades tropicales desatendidas, enfermedad de chagas.

2.1.2. Relevamiento detallado

A continuación se indican algunos de los ítems a considerar y las preguntas a realizar a los usuarios de la entidad, a fin de relevar en detalle el funcionamiento del ciclo comercial de la misma, pasando por todas las secciones y áreas disponibles.

• Relevamiento de stock:

¿Tiene definido un depósito de insumos? ¿Tiene definido un esquema de identificación de productos? ¿Tiene definido un esquema de categorización de productos? ¿Tiene definido un esquema de lotificación de productos? ¿Tiene definido un esquema de depósitos? ¿Maneja vencimientos de productos? ¿Maneja controles de stock (mínimo o de seguridad)? ¿Realiza controles de inventario de forma periódica? (en todos los casos, en caso de que la respuesta sea SI, especificar ¿cuál/es o cómo?). Además se debe solicitar la descripción del proceso de gestión de stock paso a paso.

• Relevamiento Compra:

¿Maneja pedidos de compra de insumos? ¿Maneja órdenes de compra? ¿Maneja criterios para la gestión de órdenes de compra (aprobación por montos, aprobación por roles de usuario)? (en caso de ser SI, ¿cuáles?) ¿Vincula los pedidos de compra con las órdenes de compra? ¿Maneja facturas de compra?, ¿Vincula las órdenes de compra con las facturas de compra? ¿Maneja remitos de compra? ¿Vincula los remitos a la gestión automática de stock? ¿Vincula las órdenes de compra con los remitos de compra? ¿Vincula las facturas de compra con los remitos de compra? (en cada caso indicar las consideraciones necesarias). Además, solicitar la descripción del proceso de gestión de compras paso a paso.

• Relevamiento Ventas:

¿Maneja órdenes/presupuestos de venta? ¿Maneja una lista de precios de venta de referencia? ¿Con qué frecuencia actualiza sus listas de precios de venta de referencia? (Diaria/ Semanal/ Mensual /Otro) ¿Qué método de actualización de precios utiliza? ¿Maneja facturas de venta? ¿Vincula las órdenes de venta con las facturas de venta? ¿Maneja remitos de venta? ¿Vincula gestión automática de stock con las ventas? ¿Vincula las órdenes de venta con los remitos de venta? ¿Vincula las facturas de venta con los remitos de venta? ¿Maneja

emisión de facturas electrónicas? ¿Maneja emisión de ticket fiscales para sus facturas? ¿Qué cantidad de ventas realiza durante la jornada diaria? (< 30 / >= 30 y < 100 / >=100) ¿Cuántos puntos de venta utilizan en el sistema? ¿Los puntos de venta se encuentra en el mismo punto geográfico? (en cada caso indicar las consideraciones necesarias). También pedir a la entidad la descripción del proceso de gestión de ventas paso a paso.

• Relevamiento Pagos:

¿Qué medios de pago maneja? ¿Tiene cuenta corriente con sus proveedores? ¿Es agente de retención? ¿De qué regímenes? ¿Maneja el concepto de pagos sin imputación? ¿Maneja el concepto de imputación parcial de pagos? ¿Maneja el concepto de pago parcial de facturas? (en cada caso indicar las consideraciones necesarias). Además, requerir la descripción del proceso de Gestión de Pagos paso a paso.

• Relevamiento Cobranzas:

¿Qué medios de cobro maneja? ¿Tiene cuenta corriente con sus clientes? ¿Maneja el concepto de cobranzas sin imputación o cobranzas a cuenta? ¿Maneja el concepto de imputación parcial de cobranzas? ¿Maneja el concepto de cobranzas parcial de facturas? (en cada caso indicar las consideraciones). Solicitar que se indique el proceso de Gestión de Cobranzas paso a paso.

• Relevamiento Finanzas:

¿Maneja cuentas bancarias? ¿Qué tipo? ¿En qué bancos? ¿Utiliza chequeras? ¿Qué tipo de cheques? ¿Realiza conciliaciones bancarias? ¿Maneja cajas diarias? ¿Otros aspectos financieros? (en cada caso, relevar las consideraciones).

• Relevamiento Contabilidad:

¿Maneja la Contabilidad? ¿Tiene un Plan Contable definido? ¿Maneja cuentas especiales? ¿Cuáles? ¿Utiliza Libros Contables? ¿Cuáles? ¿Otros aspectos contables? (en cada caso indicar posibles consideraciones).

• Relevamiento Cooperativa:

¿Mantiene padrón de asociados? ¿Registra las actas de reuniones de consejo de administración en el sistema? ¿Maneja vacaciones, licencias y sanciones de los asociados? ¿Lleva un registro del balance social cooperativo?

• Relevamiento Instalaciones:

¿Cuenta con distintos edificios el centro de salud? ¿Cuáles? (detallar nombre, institución y código) ¿Con qué unidades cuenta el centro de salud? (detallar nombre, institución a la que pertenece y código), nombrar las salas que tiene el centro de salud (detallar el nombre, el edificio y la unidad a la que pertenece además de la institución y el género), las camas (detallar por sala la cama, la institución y el tipo de cama), los distintos quirófanos (detallar el nombre, el edificio, la unidad y la institución a las que pertenece).

• Relevamiento Ambulancias:

¿Cuenta con ambulancias el centro de salud? ¿Cuántas? Además pedir el detalle sobre la identificación, el tipo y la función (transporte de pacientes, emergencias, cuidados intensivos) de cada ambulancia.

2.1.3. Técnicas de Relevamiento

El relevamiento se realizó principalmente mediante entrevistas, con los diferentes perfiles de usuarios que luego van a dar uso al sistema. Esto permitió identificar las necesidades concretas de cada sector, de manera de poder evaluar y priorizar los ajustes al sistema, en base al impacto de las diferentes soluciones planteadas.

Si bien muchas de las cuestiones a relevar pueden ser trabajadas por medio de formularios de encuestas, para agilizar el intercambio de información cruda, se considera que es clave sostener reuniones y entrevistas con los diferentes interesados en el lugar en el que se va a implementar el sistema. De este modo, es posible identificar potenciales obstáculos, tanto desde lo humano, con relación a las posibles resistencias a los cambios de metodologías de trabajo y cambios en las herramientas utilizadas, como aspectos estructurales, como la red y la distribución de los puestos de trabajos afectados a la operación del sistema.

2.2. Implementación del sistema

Disponer de un sistema informático de gestión de salud se ha vuelto necesario en los centros sanitarios, a fin de proporcionar una plataforma donde la información de la salud se almacena y se accede según los niveles de autorización. Entre otras ventajas, esto facilita la disponibilidad de información en forma digitalizada en todo momento, lo que permite mejorar los servicios de atención a los pacientes. Además, es posible la generación de información estadística sobre los servicios de atención, la operación y control de las unidades médicas y el uso de los recursos para la atención médica, entre otros beneficios.

Los sistemas de gestión de salud y de historia clínica electrónica (HCE) constituyen una herramienta clave para administrar y almacenar la información de las entidades asistenciales. Entre las opciones disponibles para la implementación, los sistemas de código abierto permiten disminuir costos mientras que brindan la flexibilidad de ser modificados y adaptados libremente. Esto representa un aspecto ventajoso frente a otras opciones que requieren el pago de tarifas por los módulos que ofrecen [7, 8]. A diferencia de las organizaciones que dependen de soluciones de software por parte de un proveedor comercial, aquellos que utilizan software open source podrán tener control sobre la personalización e implementación de las funcionalidades a desarrollar. Por estas razones, se ha elegido este tipo de implementación para el presente trabajo.

2.2.1. Plataformas open source

Se han relevado diferentes soluciones de software open source disponibles para su utilización en el ámbito de la salud, en particular: FreeMED, OpenEMR, OpenMRS, GNU Health [9].

FreeMED [10] es un software desarrollado en 1999, está licenciado bajo licencia pública general (GPL), posee una arquitectura modular diseñada con separación de interfaz y funcionalidades. Está escrito principalmente en PHP y Perl y es multiplataforma. El código fuente está disponible en un sitio web de repositorio público, posee una breve guía de instalación, pero carece de guías de desarrollo y de usuario, y el proyecto carece de la documentación adecuada en general.

Por otro lado, OpenEMR [11] brinda uno de los registros médicos electrónicos de código abierto más populares, está licenciado bajo GPL de GNU y cubre las funcionalidades de una amplia gama de áreas en la gestión hospitalaria y administración de pacientes. Está escrito en PHP y utiliza tecnologías web, lo que lo hace multiplataforma y accesible a través de diferentes dispositivos, siempre que tengan un navegador web compatible. Dispone de documentación de usuario e implementación, pero no para desarrolladores.

Otra alternativa es OpenMRS [12], un proyecto que brinda una solución robusta para la atención de la salud con un enfoque especial en entornos con recursos limitados. El software está bajo la licencia de Mozilla Public License y tiene soporte para el idioma inglés, con la posibilidad de agregar traducciones fácilmente. Es una plataforma altamente modular, está programado principalmente en Java, usa MySQL como gestor de base de datos, utiliza tecnologías web y es multiplataforma. Oficialmente, el proyecto proporciona una wiki con contenido para desarrolladores, implementadores y usuarios finales.

En el caso de GNU Health [5], se trata también de un proyecto que brinda la libertad de ser utilizado, compartido y modificado por parte de los profesionales de la salud, instituciones de salud y gobiernos. Cubre la funcionalidad de historia clínica electrónica, gestión hospitalaria y sistema de información en salud (SIS). Tiene como finalidad administrar la información hospitalaria o de centros de salud, para la creación de historias clínicas, o como sistema de información y registro de las actividades realizadas en dichos centros.

2.2.2. Implementación adoptada

GNU Health ha sido desarrollado por Thymbra, empresa con experiencia en las áreas de la administración, informática médica y los ERP (Enterprise Resource Planning) basados en software libre. En el 2011, Thymbra logra que GNU Health forme parte de GNU Solidario [13], una organización sin fines de lucro encargada de expandir el software libre como una medida para buscar la igualdad

en acceso a este sistema, impulsando a GNU Health como un proyecto que promueve mejoras en la información médica, ofreciendo beneficios a pacientes y profesionales de la salud.

Su diseño modular permite que se implemente en diversos escenarios, desde pequeñas oficinas privadas, hasta grandes sistemas nacionales de salud pública. Abarca módulos para la mayoría de especialidades médicas desde pediatría hasta genética, incluye manejo de historias, registro de pruebas de laboratorio, información socioeconómica y de estilo de vida de los pacientes e incluso manejo de códigos de reconocimiento rápido. También puede interoperar con otros proyectos de software libre en salud, almacenar imágenes médicas (resonancias magnéticas, radiografías, TAC, entre otras) de manera local o conectándose a un servidor PACS y utilizando visores DICOM. La interoperabilidad en el ámbito sanitario es una necesidad indiscutible y el software libre proporciona las herramientas para lograrlo [1, 14].

De acuerdo a las necesidades del centro o la institución, GNU Health ofrece dentro del sistema los siguientes módulos:

- Health: Datos principales y globales de todo lo relacionado con pacientes y del centro de salud.
- History: Registro de la historia clínica del paciente y seguimiento de las misma.
- Calendar: Calendario de control de citas para profesionales de la salud.
- Inpatient: Control de la hospitalización del paciente.
- Surgery: Cirugía y chequeos quirúrgicos.
- Services: Facturación por servicios al paciente.
- Lifestyle: Recomendaciones de estilo de vida para y del paciente.
- Nursing: Gestión de servicios de enfermería.
- Lab: Gestión laboratorio y todos sus servicios.
- Genetics: Genética, rasgos y riesgos hereditarios.
- Socioeconomics: Estadísticas y datos socioeconómicos.
- Pediatrics: Módulo especializado para pediatría.
- Gynecology: Módulo especializado para ginecología y obstetricia.
- QR codes: Módulo para generación y almacenamiento de códigos QR para etiquetado.
- ODM 6: Objetivos de Desarrollo del Milenio 6, iniciativa propuesta por la OMS para combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades.
- Reporting: Generación automatizada de reportes, gráficos y estadísticas epidemiológicas.
- ICU: Gestión para unidad de cuidados intensivos.
- Stock: Administración del almacén de insumos médicos del centro de salud.
- NTD: Apoyo a las enfermedades tropicales desatendidas.

- Imaging: Administración de pedidos e imágenes médicas.
- ICPM: Clasificación internacional de procedimientos en la medicina.
- Crypto: Uso del GNU Privacy Guard y soporte para documentos o validación de los registros.

GNU Health está basado en Tryton, un software de gestión empresarial, con una plataforma que maneja registro de datos, orientados para la administración de diversos tipos de negocios; abarcando dentro de su funcionalidad desde el registro de contrapartes (clientes o distribuidores) hasta registros a nivel contable o de facturación, seguimiento de proyectos, administración de ventas y compras, y MRP (Manufacturing Resource Planning).

El lenguaje en el que se sustenta GNU Health es Python. Se trata de un lenguaje de programación interpretado y multiparadigma, utilizado en diferentes áreas de aplicación y con una gran comunidad que lo respalda, por lo que constantemente desarrolladores y profesionales de la salud realizan aportes para esta suite de herramientas. De forma nativa, GNU Health se encuentra acoplado con PostgreSQL, para la administración de la base de datos, manteniendo el perfil de uso de software libre. Su funcionalidad está garantizada en sistemas operativos como Windows, Solaris, Mac OS X, Linux, entre otros.

A nivel mundial, GNU Health ya se usa en varios países, siendo una gran opción como sistema de salud pública, gracias a que es completamente gratuito y adaptable a distintos centros de salud. Aunque su creador, Luis Falcón, lo inició como un proyecto de prevención de enfermedades y campañas de salud, hoy en día ha evolucionado para ser un sistema bastante completo para administración de los centros de salud, facilitando su labor al personal de estas instituciones. La idea no solo radica en mejorar los sistemas de registro de información, sino también en dar acceso a un sistema óptimo a todas las comunidades que lo necesiten.

2.2.3. Instalación de servidor GNU Health

El proceso de instalación y configuración contempla el siguiente desglose de tareas:

- Instalación del sistema operativo de base.
- Instalación de OpenSSH y PostgreSQL.
- Instalación de Python en caso que no lo instale automáticamente al instalar el sistema operativo.
- Instalación de complementos de Python: pip
- Descargar y descomprimir la última versión estable de GNUHelath.
- Ejecutar el instalador gnuhealth-setup install.
- Crear la base de datos.
- Acceder al sistema.
- Configurar módulos.

- Configurar usuarios.
- Configurar la compañía.
- Agregar el lenguaje español.
- Actualizar la base de datos.
- Actualizar el sistema.

En referencia al aspecto de la interoperabilidad de sistemas, los alcances de una solución en tal sentido exceden a los objetivos de este proyecto. Una alternativa posible en caso de requerirse sería poder integrar la solución con el estándar HL7, para lo cual, Python dispone de una librería que podría integrarse con GNU Health (<https://python-hl7.readthedocs.io/en/latest/>).

2.3. Caso de estudio: Policoop

A fin de llevar a cabo una transferencia de tecnología a una entidad de salud de la Economía Social y Solidaria y validar en la práctica concreta su potencial, se consideró como caso testigo el Policlínico Cooperativo Policoop (Figura 1).

La Cooperativa de Trabajo Policoop Ltda. se encuentra ubicada en la ciudad de Tres Arroyos, Provincia de Buenos Aires, a 180 km de la ciudad de Tandil (sede de la Universidad Nacional del Centro) y a unos 500 km de la Capital Federal. La entidad funciona como cooperativa a partir de un proceso de recuperación que se concretó en 2014, contando con el respaldo del INAES. Actualmente, Policoop cuenta con 10 asociados y unos 220 planes de salud.

La actividad principal del policlínico es la brindar servicios de traslados y alquiler de consultorios externos, en tanto se encuentra tramitando la habilitación para ofrecer internaciones.

Inicialmente, se analizaron las particularidades de Policoop a partir del instrumento de relevamiento inicial y detallado, principalmente mediante entrevistas llevadas a cabo en la Institución. A partir del relevamiento, se obtuvo



Figura 1. Parte del equipo del Policlínico en el frente de la entidad.

la información necesaria para proceder a la configuración del software para dar cuenta de las necesidades y los diferentes circuitos de la entidad.

Luego se trabajó sobre la instalación y configuración del servidor (HP Proliant ML 110 G9, Procesador Xeon E52603 V4 1.7 Ghz) y la instalación básica del software de gestión GNU Health. A lo largo del desarrollo del proyecto fueron probados y documentados los siguientes circuitos: compras, movimientos de stock, plan de Salud, turnos, guardia, ambulancias y servicios de salud. Particularmente, se trabajó también en la importación al sistema del padrón de profesionales de salud y pacientes actuales desde diferentes formatos. Adicionalmente, se realizó la adaptación del software de gestión a la localización argentina que permite realizar facturación electrónica utilizando los *webservices* de la AFIP y se extendió un módulo de ambulancias existente para permitir programar traslados, actividad anteriormente mencionada.

Finalmente, se abordó un aspecto central para el éxito de la implementación, como es la capacitación de los usuarios. Para ello se generaron manuales de capacitación y material de soporte del proyecto, realizando nuevas visitas de trabajo a la Institución. También se ejecutó el plan de pruebas elaborado y se implementaron algunos de los cambios incorporados sobre la herramienta de acuerdo a estos resultados. Actualmente se está llevando a cabo el soporte a la operación del sistema para asegurar la correcta utilización del mismo.

A continuación se resumen las actividades llevadas a cabo para la implantación del sistema de gestión en Policoop:

- Especificación de los procesos de gestión en base al relevamiento previo.
- Definir a nivel de detalle el alcance de la implementación.
- Definir el plan de pruebas para validar el correcto funcionamiento del sistema.
- Instalar en un servidor la herramienta GNU Health, realizar la configuración inicial y la migración del padrón de pacientes y profesionales.
- Desarrollo del módulo de traslados
- Conexión con padrón de AFIP e implementación facturación electrónica
- Realizar la capacitación de usuarios segmentada por roles de usuario.
- Ejecutar el plan de pruebas
- Realizar la validación y ajustes sobre la herramienta a partir los resultados de la ejecución del plan de pruebas
- Dar soporte a la operación del sistema y validar su correcta utilización, facilitar la resolución de problemáticas técnicas

3. Resultados

El desarrollo del sistema se ha completado recientemente, así como la capacitación de los usuarios,

encontrándose el proyecto en etapa de ajustes finales y soporte post-implementación.

Como parte de los objetivos propuestos para el proyecto, se desarrolló la documentación completa del proceso de implementación la cual se encuentra disponible en formato Wiki. Adicionalmente se generó un manual de usuario impreso de 78 páginas con toda la operatoria abarcada en el alcance inicial del proyecto. En él se incluyen las diferentes operatorias en la institución y la secuencia de pasos necesarios para ejecutar las distintas opciones, explicitados en respectivos diagramas de flujo. Por ejemplo, en la Figura 2 se muestra el caso de creación de un plan de salud, para lo cual anteriormente se deben haber creado los terceros que lo utilicen, una compañía de seguros que lo brinde y una política de seguros.

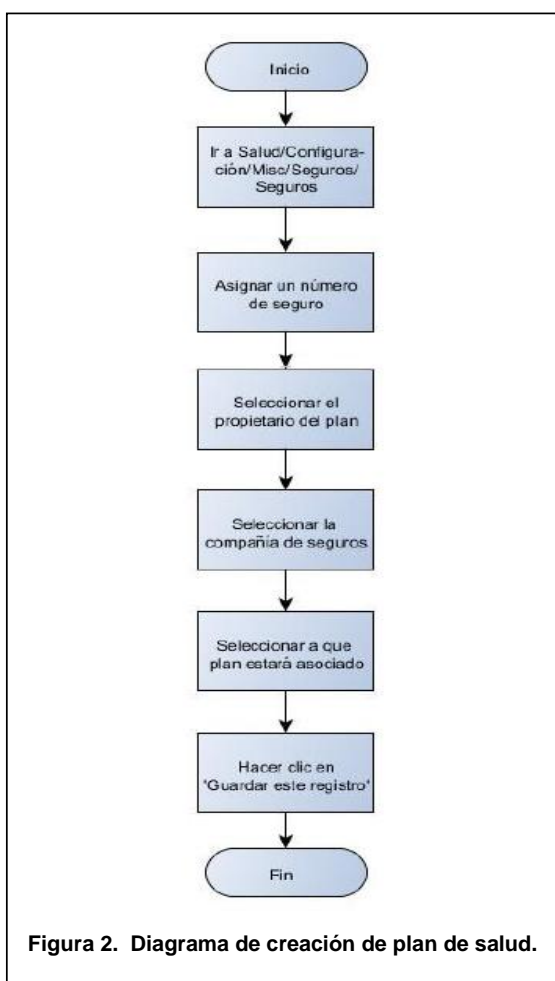


Figura 2. Diagrama de creación de plan de salud.

A partir de la implementación del sistema de gestión integral de salud y de su implantación en el caso testigo del Policlínico Cooperativo Policoop, se llevó a cabo la digitalización de todos los grupos familiares que

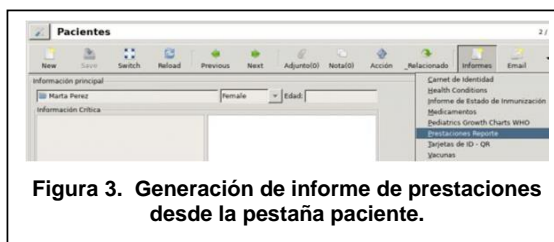
se encuentran asociados a los planes de salud, habilitando de esta forma su historia clínica. Se incorporaron al sistema todos los profesionales de la salud que trabajan en el policlínico y se crearon los usuarios del sistema.

Para dar soporte a la operatoria de los consultorios externos, se implementó el módulo de turnos, lo que permite otorgar turnos y realizar la recepción y asignación de los mismos a un profesional. Adicionalmente se le permite a los profesionales acceder a la historia clínica completa de los pacientes. Esta funcionalidad permite registrar todas las prestaciones realizadas a los mismos.

De acuerdo a los requerimientos del servicio de traslado para ambulancia, se desarrolló un módulo para programar los traslados y el seguimiento de los mismos.

Además, se desarrolló un módulo de facturación en lote, utilizado para facturar todos los planes de salud de los afiliados. Este módulo posibilita una facturación masiva para todas las personas que pertenecen a un mismo plan.

El sistema permite además generar información de resumen, ante distintos requerimientos. Como ejemplo, para poder revisar el estado de las prestaciones de un paciente, una vez que se lo ha seleccionado, seleccionando en el menú de íconos superior Informes y luego Prestaciones (Figura 3), se descargará un documento con todos los servicios consumidos por el paciente, y el total que se le fueron ingresados al plan, a fin de saber si debe abonar o no el siguiente servicio.



4. Conclusiones

En este trabajo se realizó un análisis integral del estado de situación respecto del grado de informatización de las entidades que prestan servicios de salud en general, haciendo foco en las entidades de la Economía Social y Solidaria. En función de esto, se realizó un relevamiento y un diagnóstico del sector, identificando algunas funcionalidades claves que debe contemplar un sistema de gestión integral de salud, e identificando los aspectos a considerar durante un relevamiento inicial y detallado de las entidades. Luego se definió un proceso para la implementación de un sistema informático de gestión integral de la salud, a partir del software libre de gestión de salud GNU Health, contemplando una serie de etapas definidas que involucren objetivos, roles, responsabilidades específicas y resultados esperados.

El sistema se probó sobre el caso testigo de una entidad cooperativa de salud en la ciudad de Tres Arroyos, encontrándose actualmente en fase de ajuste y servicio post-implementación.

Para contribuir al éxito de una implementación como la desarrollada en este trabajo, es importante partir de un relevamiento apropiado de la entidad. Para ello se debe contar con interlocutores que tengan conocimiento integral de los alcances de la solución requerida por la institución, a fin de poder centralizar la información. En tal sentido, durante el desarrollo del proyecto este aspecto se vio perjudicado debido a una licencia de quien actuaba como interlocutora principal, lo que dificultó la interacción y las definiciones necesarias. Otro aspecto a tener en cuenta durante el relevamiento concierne a que los interlocutores mantengan las prioridades de la entidad en relación con los objetivos planteados. En el caso del presente proyecto, hubo necesidad de revisar los objetivos que en algunas ocasiones pretendían derivarse hacia aspectos vinculados al circuito administrativo contable, que no era el objetivo principal.

Finalmente, se destaca el valor agregado al software, y es que se ha logrado generar y poner a disposición un proceso definido y replicable para la implementación de un sistema informático de gestión integral de la salud, que pueda adecuarse a las particularidades de cada caso, en especial entidades de la Economía Social y Solidaria, como es el caso testigo que se ha considerado. A tal efecto, se ha creado una wiki de respaldo (en <http://policoop.geneos.com.ar>), con la documentación completa del proyecto, que contempla: los aspectos metodológicos de la organización de un proyecto de implementación, los aspectos técnicos de instalación y configuración del sistema y los manuales de usuarios. Como trabajo futuro se contempla extender la implementación desarrollada a otras entidades de salud, lo que va a permitir replicar la experiencia y por otra parte seguir perfeccionando esta adaptación de GNU Health a las particularidades del sector de las entidades de ESS. Además, se plantea evaluar la integración de la solución desarrollada a partir de GNU Health con el estándar HL7, a fin de ofrecer la posibilidad de poder interoperar con otras instituciones.

5. Agradecimientos

El trabajo ha contado con financiación de la Secretaría de Políticas Universitarias, en el marco de la Tercera Convocatoria del Programa de Cooperativismo y Economía Social en la Universidad.

6. References

[1] Campos F., Kaminker D. and Otero C., *Principios de interoperabilidad en salud y estándares*, Hospital Italiano, Buenos Aires, EPUB, 2018.

[2] Hannah K., and Ball M., *Biomedical Informatics. Computer Applications in Health Care and Biomedicine*, Springer, 2006.

[3] Arguiñarena E., del Fresno M., Escobar P., Massa J.M., Caselli E., and Santiago M., "Una solución de bajo costo para la digitalización de centros radiológicos de pequeña/mediana escala", in *Proceedings XVII Congreso Argentino de Bioingeniería / VI Jornadas de Ingeniería Clínica (SABI 2009)*, Rosario, Argentina, Octubre 14-16 2009.

[4] Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social, www.inaes.gob.ar/

[5] GNU Health. Disponible en: <http://gnuhealth.org/>

[6] Scotta C., Moyano F., Sasseti F., Ferreyra L., Marró S., "Historia Clínica Electrónica con GNU Health en un hospital público de la provincia de Entre Ríos" in *Proceedings 7º Congreso Argentino de Informática y Salud (CAIS 2016)*, Buenos Aires, Argentina, Septiembre 5-9, 2016, p. 123-134.

[7] Sistema de Gestión de Clínicas, Disponible en: <https://www.clinicas.com.ar/>

[8] SALUS, Software para clínicas, centros médicos y hospitales, Disponible en: <http://softwaresalus.com/>

[9] Syzdykova, A., Malta, A., Zolfo, M., Diro, E., & Oliveira, J. L. (2017). Open-Source Electronic Health Record Systems for Low-Resource Settings: Systematic Review. *JMIR medical informatics*, 5(4).

[10] FreeMED Software Foundation. Disponible en: <http://freemedsoftware.org/>

[11] OpenEMR. Disponible en: <https://www.open-emr.org/>

[12] OpenMRS. Disponible en: <https://openmrs.org/>

[13] GNU Solidario. Health & Education with Free Software. Disponible en: <http://www.gnusolidario.org/>

[14] Panykh, O. S. *Digital imaging and communications in medicine (DICOM): A practical introduction and survival guide*, Springer Science & Business Media, 2009.

Interaction with Intelligent Conversation Agents: A case study

Victor Brito Villar
Universidade Tiradentes (UNIT)
Computer Science
Aracaju, BR
victor.brito.villar@gmail.com

Guillermo Rodriguez
ISISTAN (UNICEN-CONICET)
Tandil, AR
guillermo.rodriguez@isistan.unicen.edu.ar

Fábio Gomes Rocha
Universidade Tiradentes (UNIT)
Aracaju, BR
gomesrocha@gmail.com

Abstract—Intelligent conversation systems have been more and more used in modern technology, however, the number of scientific publications that aim to disseminate knowledge about the development of these applications, is a small number if compared to the number of publications that promote results of the applications already created. This paper aims to reproduce a conversation system based on information available in academic contexts. To address this issue, we built a chatbot able to hold a natural conversation with a human being, namely making questions, searching and giving suggestions. Finally, the results found were promising for a preliminary application.

I. INTRODUÇÃO

Chatbots, ou sistemas de conversação inteligentes, são, segundo [1], programas de computador capazes de interagir e se comunicar com humanos através da linguagem natural. Apesar de ser uma área de produção que está sendo bastante utilizada nas aplicações modernas, existem limitações científicas para a perfeita naturalização e evolução desta área, tais limitações apresentam-se no campo tecnológico e estão ligadas ao gerenciamento da complexidade de interações, falta de precisão nos modelos de linguagem e a ausência de estudos, ferramentas, técnicas, modelos e linguagens para a construção de sistemas eficientes. Estudos sobre aplicações de sistemas de conversação inteligentes buscam apresentar os resultados benéficos da utilização destes programas de computador no dia a dia das pessoas. Apesar das pesquisas e dos resultados, ainda existe uma linha não muito traçada quando se trata de descrever os processos de construção dos chatbots publicados. As publicações científicas estão voltadas para a divulgação ou propaganda de resultados que foram satisfatórios quando relacionado ao desenvolvimento de chatbots com uma nova modelo, método, técnica ou ferramenta. Contudo, questões voltadas para a justificação do desenvolvimento de novos modelos, métodos, técnicas ou ferramentas são pouco desenvolvidas, e os resultados são pesquisas que pouco contribuem para a divulgação científica e promoção de conhecimento para novos e outros pesquisadores.

Os trabalhos que pouco detalham seu processo de construção, ainda mais quando inovam com a utilização de um novo modelo, método, técnica ou ferramenta, não favorecem que pesquisas científicas possam tentar reproduzir resultados ou partir para desenvolvimento de estudos que avaliem modelos de outros pesquisadores, limitando o conhecimento

específico nas mãos dos autores de cada pesquisa. O resultado disso é um processo de transformação do conhecimento científico em produto, onde a técnica vira patente e o avanço segue diversos caminhos.

Este trabalho busca reproduzir um chatbot com modelos, métodos, técnicas e ferramentas desenvolvidos por outros pesquisadores em busca de desenvolver uma alternativa de solução futura para o projeto Hemeroteca Digital ¹. A Hemeroteca Digital é um projeto que realiza digitalização dos jornais do Diário Oficial do Estado de Sergipe. Durante o processo, são levantados questionamentos acerca dos meios em que estudos sobre chatbots são desenvolvidos e como podem ajudar (ou dificultar) trabalhos de outros pesquisadores.

Desta forma, este trabalho está organizado da seguinte maneira: Na seção II são definidos conhecimentos necessários para o entendimento do tema proposto; Na seção III o detalhamento do processo de construção do chatbot deste estudo é feito; A seção IV descreve a aplicação do chatbot criado e como seus testes foram conduzidos; Na seção V os resultados são discutidos; E, por fim, na seção VI, é feita a conclusão e linhas de trabalhos futuros são identificadas.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Inteligência artificial é a área de ciência da computação que busca automatizar o comportamento inteligente em máquinas [2]. Sendo assim, ela é organizada pelo conhecimento teórico e aplicado da computação, estruturando dados em uma base como forma de representação virtual do conhecimento e regida por algoritmos, escritos em linguagens de programação, que os manipulam, gerando resultados. Dentre das diversas áreas de aplicação de I.A. (inteligência artificial), estão: desenvolvimento de jogos [3], sistemas de busca, sistemas de tomada de decisão [4] e algoritmos de recomendação [5]. Além destas, há ainda a aplicação de I.A. em sistemas de processamento de linguagem natural [6]. Em [7], NLP (Natural Language Processing, ou Processamento de Linguagem Natural) é a linha de pesquisa que estuda como máquinas podem reproduzir, e entender, a linguagem natural humana, falada ou escrita. Pesquisadores estudam como a comunicação entre humanos se

¹<https://segrase.se.gov.br/>

constrói e como pode ser transformada em um sistema computacional, desenvolvendo ferramentas e técnicas apropriadas. A aplicação direta do NLP é a capacidade de ordenar máquinas a realizarem tarefas de maneira simplificada através da fala e escrita, tarefas que seriam mais eficientes se realizadas por um computador.

A área de pesquisa em NLP envolve disciplinas além da computação, como estatística, linguística e psicologia, importantes para a contextualização do diálogo e estabelecimento de significado das palavras em uma determinada sentença falada ou escrita. Há 7 níveis de processamento linguístico necessários, para uma boa extração de significado de sentenças, em um sistema de diálogo. São eles: o nível fonológico, sons e pronúncias dos objetos de linguagem; morfológico, menores partes das palavras; léxico, palavras e as partes da mensagem; sintático, gramática e a estrutura das sentenças; semântico, significado das palavras e entendimento de contexto; discurso, formas de construção de uma mensagem; e o pragmático, conhecimento existente fora da mensagem.

Programas de computador capazes de estabelecer comunicação com humanos são chamados de Chatbots. A primeira etapa da interação com um chatbot acontece na interface de entrada das queries (sentenças passadas pelo usuário), que podem ser feitas via texto ou som. Para os casos que trabalham com discurso, utilizam ainda uma interface de reconhecimento de voz, responsável por transcrever o áudio e passar para a interface de entrada como forma de texto. A query é então processada pelo modelo de I.A. adotado pelo sistema que irá processar, extrair dados, gerar significado e então classificá-la para encontrar o contexto que possui a resposta apropriada. Nesta fase, questões demográficas e características pessoais podem afetar a comunicação e o entendimento dos agentes da conversa, por isso, é importante o desenvolvimento de ferramentas capazes de trabalhar estes aspectos.

III. CONSTRUÇÃO

Para o desenvolvimento do chatbot foram usadas ferramentas já desenvolvidas por pesquisadores e empresas do ramo. A finalidade principal ao usá-las foi poder avaliar se com os programas e conhecimentos já desenvolvidos, é possível construir um chatbot capaz de realizar tarefas de maneira eficiente e capaz de responder às entradas em linguagem natural, reproduzidas através da voz humana.

A. Esquema

Para a realização do estudo foi usado um notebook Lenovo com um processador i3 da quinta geração e 4GB de memória RAM. O sistema foi desenvolvido dentro de uma máquina virtual, virtualizada através do VirtualBox, com os sistema operacional Linux. O SO foi escolhido com base na linguagem de programação Python, na qual o chatbot foi desenvolvido, pois as dependências utilizadas no projeto foram feitas para serem mais práticas no Linux. A versão do Python utilizada foi Python 3.6. Como componentes extras, foi usado um banco

de dados, para fazer a persistência dos dados e do aprendizado da I.A., o SQL Lite 3 e algumas dependências da linguagem Python, necessárias para o desenvolvimento da aplicação. As principais bibliotecas utilizadas serão destacadas pela sua funcionalidade, foram elas: ChatterBot, PocketSphinx, Speech Recognition, NLTK, e Pyttsx3. Porém, vale ressaltar que, além delas, foram necessárias outras bibliotecas como pré-requisito para o perfeito funcionamento do sistema, como: NUMPY, Sqlite3, StringIO, CSV.

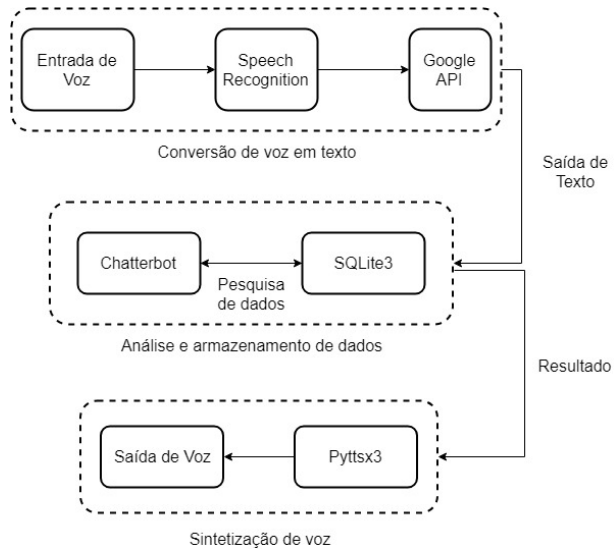


Fig. 1: Arquitetura do projeto

O fluxo da arquitetura (Figura 1) começa com a entrada de voz sendo captada, em tempo real, pelo programa e, então, tratada pela SpeechRecognition, responsável por se comunicar com a API da Google que irá transcrever o sinal sonoro em uma sentença textual. Após a etapa de conversão de voz em texto, a saída de texto produzida é recebida pelo Chatterbot, que, então, utiliza as bibliotecas assistentes (Numpy e NLTK) para analisar lexicamente o texto a fim de produzir dados que possam ser entendidos pela I.A. e armazenados no banco de dados (SQLite3) para construção de conhecimento. Entendida a sentença de entrada, o Chatterbot busca em sua base de conhecimento dados que possam te orientar na construção de uma resposta natural e coerente com o contexto ao qual o diálogo se encontra. O resultado desta etapa de análise e armazenamento de dados é então enviada para a fase final, onde será convertida em um sinal sonoro de voz sintética pela biblioteca Pyttsx3, geradora da voz do chatbot.

O ChatterBot² é a principal biblioteca deste trabalho, responsável por receber as entradas de usuários, analisá-las, armazenar em um banco de dados, relacioná-las as respostas conhecidas, e gerar uma saída. A biblioteca utiliza algoritmos baseados em aprendizado de máquina para aprender a gerar respostas diferentes bem como aprender respostas

²<http://chatterbot.readthedocs.io/en/stable>

novas. Segundo a própria documentação do ChatterBot, ele foi desenvolvido de maneira independente, o que permite o treinamento em qualquer língua e sua acurácia aumenta de acordo com a quantidade de pares de entradas e saídas analisadas. A busca funciona quando uma entrada de texto é efetuada, o programa, então, busca em sua base, dentro do grupo das respostas mais próximas, a melhor saída.

PocketSphinx³ é uma biblioteca presente no pacote de ferramentas open source CMUSphinx⁴ para reconhecimento de voz. Ela é a responsável pelo módulo LiveSpeech, capaz de executar reconhecimento contínuo ou busca de palavras chave a partir dos sons captados pelo microfone. É interessante destacar que esta biblioteca é também utilizada pela próxima dependência deste projeto, a Speech Recognition, porém para este estudo de caso ela é utilizada sozinha na abordagem offline.

Speech Recognition⁵ é a biblioteca Python que utiliza o pacotes de ferramentas CMUSphinx, ao qual o PocketSphinx faz parte, e possui suporte para diversas ferramentas e APIs de reconhecimento de voz, dentre as suportadas estão: Google Speech Recognition, IBM Speech to Text e a Microsoft Bing Voice Recognition. Há também plataformas offline que podem ser utilizadas por esta ferramenta, mas não são liberadas para edição e modelagem por parte do desenvolvedor. É através desta dependência do projeto que a abordagem de chatbot com recursos online funciona, utilizando a API de reconhecimento de voz da Google.

NLTK⁶ é a plataforma em Python usada para fazer análise e conversão de linguagem humana em dados. Com ela é possível aplicar diversas funções analíticas de inteligência artificial no texto transcrito pelas interfaces de reconhecimento de voz, como por exemplo aproximação semântica provável. Pyttsx3⁷ é a biblioteca Python capaz de sintetizar voz offline. Ela também pode utilizar módulos online, com vozes mais naturais, mas para não foram usados a fim de gerar nenhum atraso nas respostas do sistema. O resultado foi uma saída de voz robótica e artificial. Outras bibliotecas foram adicionadas ao projeto como pré requisito exigido pelas dependências citadas anteriormente. Numpy que permite trabalhar com funções matemáticas complexas como arranjos, vetores e matrizes. Sqlite3 para desenvolver um banco de dados SQL leve. StringIO, responsável por habilitar leitura de arquivos que servirão de treinamento para o chatbot. E a biblioteca CSV é a biblioteca que gera o banco de dados da I.A em formato de tabelas.

Este chatbot foi projetado para ser capaz de funcionar seguindo duas abordagens diferentes. Uma offline, auto suficiente, não necessitando de recursos externos para o entendimento da voz, como uma interface intermediária para transcrever o som em texto. E outra online, utilizando a interface de reconhecimento de voz da Google para realizar a etapa de

transformação de voz em texto. A primeira abordagem vai exigir um modelo desenvolvido manualmente para declaração do vocabulário fonético, o que precisa ser extenso e quanto maior o número maior de palavras nesta etapa, maior a capacidade de entendimento e naturalização da comunicação do chatbot. A segunda, utilizará modelos prontos e já desenvolvidos em larga escala com diferentes tipos de entradas, porém será dependente de conexão com a internet.

B. Modelagem

A base principal do chatbot deste projeto é o ChatterBot, uma biblioteca do Python que utiliza técnicas de aprendizado de máquina para gerar respostas inteligentes às entradas dos usuários. O projeto buscou poder modelar o chatbot de forma híbrida, ou seja, permitir que ele aprenda com a interação natural com usuário, mas também treiná-lo a reproduzir respostas ensinadas sobre contextos específicos, como representado na Figura 2.

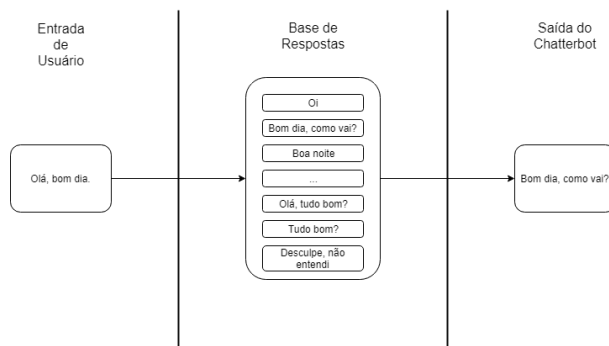


Fig. 2: Fluxo do framework ChatterBot

A plataforma do ChatterBot permite configurar o bot para saber identificar contextos específicos para respostas. Foi desenvolvido um arquivo de texto que continha os exemplos de frases e os comandos que elas representavam, este formato é conhecido como modelagem de tags, onde a I.A. aprende a classificar quais frases pertencem a quais tags e então cada tag pode representar um contexto ou uma ordem. Neste caso, foram desenvolvidos comandos para perguntar data, hora e realizar buscas nas ferramentas de busca utilizadas.

Os comandos são identificados pelas tags (asktime, askdate, askname) e invocados por strings que representam todas as possibilidades de entradas de usuário que podem ser identificadas pelo sistema de reconhecimento de voz e entendidas pelo chatbot (“que horas são”, “me diga as horas”, “qual é o seu nome”, “qual o seu nome”, etc.). Essa etapa é onde a naturalização das perguntas podem acontecer, e um maior número de possibilidades sugere uma abrangência maior da capacidade de entendimento e resposta da I.A.

O sistema do ChatterBot é capaz de aprender com os arquivos de treinamento passados em sua inicialização, assim, passando um arquivo de comandos e tags, ele aprende a associar cada entrada a uma função que corresponde à tag

³<https://pypi.org/project/pocketsphinx>

⁴<https://cmusphinx.github.io/>

⁵<https://pypi.org/project/SpeechRecognition/>

⁶<https://www.nltk.org/>

⁷<https://pypi.org/project/pyttsx3/>

daquela comando. Dessa maneira é possível definir diversos comandos pré-estabelecidos e as suas entradas de invocação.

A ideia de poder ensinar o bot a realizar comandos entendendo tags facilita o treino da I.A. quando precisa responder perguntas específicas, uma vez que o bot percebe que as entradas convergem para um mesmo padrão. Logo, nesta etapa da modelagem, é importante poder modelar as mesmas entradas e comandos nas mais diversas formas possíveis. Como este projeto buscou desenvolver um chatbot capaz de se comunicar através da voz humana, foram necessários também arquivos de modelos fonéticos para as diversas palavras existentes no vocabulário português, o idioma em que a I.A. foi desenvolvida. Esta etapa pode se estender muito a depender da língua utilizada, e por isso, as dependências usadas neste projeto já disponibilizam arquivos de texto como dicionário fonético para todas as palavras. Ainda foram programados um módulo de sintetização de voz usando a biblioteca Pyttsx3, para poder gerar retornos sonoros ao usuário e dar uma maior naturalização da conversa.

Nas duas versões do programa, foi implementado um módulo de dúvida, onde, caso a I.A. não tenha confiança de no mínimo 45% (a taxa pode ser escolhida pelo desenvolvedor), o chatbot se desculpa por não ter entendido, não retornando nenhuma resposta ao interlocutor.

IV. APLICAÇÃO E TESTE

O chatbot foi desenvolvido para servir como base de respostas a perguntas específicas de uma determinada base de conhecimento ou realizar tarefas de busca. Assim, inicialmente, ele foi desenvolvido tendo como bases de conhecimento a ferramenta de busca da Google e o Wikipédia. Além disso, também foi planejado gerar treinos para ensinar à I.A. como responder as perguntas mais frequentes que poderiam vir a ocorrer.

Como exercício, o chatbot foi ensinado a responder perguntas sobre o Congenti 2017 que acontecia na Universidade Tiradentes no período do final de novembro e início de dezembro de 2018 e sobre as provas da Segunda Chamada. Entre os conhecimentos esperados que o bot soubesse responder, estavam dados sobre a taxa e datas de inscrição, informações sobre palestras e local da realização do evento e até sobre o que o evento se tratava, além dos protocolos exigidos para a realização da prova de segunda chamada pelos alunos da universidade.

Para a realização da tarefa, o bot precisa receber um documento de texto que possui a base de dados que ele deverá aprender a reconhecer, que possuam as perguntas e as respostas esperadas. No caso do evento da Segunda Chamada, um pequeno arquivo de texto foi criado previamente com as informações possíveis e inicializado no treinamento durante a compilação do chatbot via terminal de comando.

Mais adiante, os testes incluíam fazer buscas nas ferramentas da Google e da Wikipédia, estes foram feitos fora do ambiente da Congenti 2017 e testados pelos desenvolvedores, orientadores e testadores próximos. Nestes tipos de testes os resultados foram menos eficientes, devido ao efeito cold start,

onde um sistema inicial não possui conhecimento suficiente para entender um problema no início de sua vida útil. Foi preciso ensinar à máquina que certos tipos de perguntas se direcionava às buscas no Google e na Wikipédia. É importante destacar que no aprendizado de máquina utilizado pelo Chatterbot, a I.A. possui um índice de confiança que é calculado em cima do tamanho e do contexto da sua base dados, assim, perguntas que o bot perceba não possuir confiança para responder, são retornadas futuramente dentro da conversa com usuário para que ele mesmo possa ensinar à I.A. qual o retorno esperado para aquela interação.

Isso foi evidenciado quando dentro de um dos arquivos de treinamento havia um contexto sobre a própria identidade do bot, como nome dele, dos seus desenvolvedores e para que ele serve. E após diversas entradas de um usuário, ele foi capaz de aprender um novo nome para si mesmo, o que demonstra o quão moldável a base de dados pode ser. Essas foram as principais dificuldades para realizar as tarefas designadas, a falta de uma base grande de conhecimento e a volatilidade do conhecimento aprendido.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O chatbot foi projetado em duas maneiras diferentes, a primeira abordagem - na qual foi usado o módulo Pocket-Sphinx - buscou desenvolver um sistema autossuficiente e que não precisasse de recursos externos para funcionar, mais especificamente, internet. A segunda versão, utiliza um recurso externo, a api de reconhecimento de voz da Google, para servir de interface de conversão da voz em texto.

Na primeira versão, o modelo definido para reconhecimento de voz e transcrever em texto foi produzido manualmente e é moldável pelo desenvolvedor. A desvantagem disto é a limitação do vocabulário existente no sistema, uma vez que uma base de dados maior e com mais possibilidades de entrada favorece o reconhecimento e entendimento do som das palavras. Pode-se observar que essa abordagem, apesar do tempo de resposta ser mais curto, possui maior dificuldade para o entendimento completo das frases, muitas vezes trocando palavras nas sentenças das queries de entrada, e, conseqüentemente, devolvendo uma saída incorreta.

Na segunda versão, usando o módulo Speech Recognition, a própria API de reconhecimento de voz da Google possui modelos de voz para a língua portuguesa. Por ser uma base de dados maior e mais treinada, os resultados são melhores para o entendimento das queries de entrada, resultando em respostas mais corretas. Contudo, vale ressaltar que por esta versão necessitar de acesso a internet, esse fator é crítico e limitador para a eficiência do sistema.

Para a avaliação dos resultados foram consideradas algumas premissas. A primeira delas é que, por se tratar de um chatbot criado com módulos já desenvolvidos por outros pesquisadores, a acurácia não pôde ser avaliada, visto que os próprios desenvolvedores não disponibilizaram detalhes sobre como e quais métodos de aprendizado de máquina são utilizados pelo ChatterBot, bem como o classificador baseado em Naive Bayes foi avaliado. A segunda está relacionada

com o objetivo dos resultados, que é reproduzir a construção de um chatbot a partir de conhecimentos adquiridos através de publicações, métodos, modelos e ferramentas de outros pesquisadores e desenvolvedores. Por fim, a análise do sistema desenvolvido foi feita baseada nos questionamentos encontrados na sessão de análise do estudo [8].

Apesar da aplicação do chatbot construído ter sido avaliada como suficiente para o caso do atendimento aos interessados nos assuntos do Congenti 2017. Uma vez que seriam muitos inscritos e o uso de uma interface inteligente para responder estas perguntas economizaria recursos como contratação de pessoal para saneamento de dúvidas. A aplicação, neste caso, não foi considerada necessária, já que havia outras soluções para este problema. Todavia, projetando como trabalho futuro para a aplicação deste trabalho dentro do sistema da Hemeroteca Digital, esta solução, além de ser necessária, seria suficiente.

O sistema, em sua segunda versão, conseguiu distinguir e interpretar as respostas dos usuários satisfatoriamente durante o decorrer das interações, esta etapa foi aplicada a 17 usuários no total, 7 deles com faixa etária de 18 a 25 anos e 10 entre 30 e 50 anos. A avaliação se deu seguindo a média dos feedbacks (apresentados na Tabela I) dados pelos usuários, que variavam de ruim, moderado, neutro, satisfatório e excelente durante a interação com o chatbot. Analisando individualmente as respostas dos usuários, aqueles que interagiram primeiro, tendiam a dar um feedback mais negativo, esse fato foi justificado pela dificuldade de entendimento imediato à certas questões que exigiam a invocação de palavras chaves para passar comandos específicos aos usuários. Isso decorre do fenômeno cold start, comum em programas de computador, em que a baixa quantidade de dados presentes no banco de dados do chatbot é insignificante para ensiná-lo a entender comandos e queries com mais facilidade. A primeira versão foi reprovada nos testes devido aos modelos de entendimento das palavras na língua portuguesa, usuários relataram que tiveram uma dificuldade maior para conseguir fazer com que suas palavras fossem recebidas pela interface corretamente. Os pesquisadores avaliam que a causa para este desempenho se dá pelos modelos terem sido programados manualmente e por possuírem pouca variedade de interações.

TABLE I: Feedback dos usuários

Ruim	Moderado	Neutro	Satisfatório	Excelente
0	4	1	11	1

Quanto à avaliação técnica dos algoritmos de aprendizado de máquina e classificação empregadas no Chatterbot, não pôde ser realizada devida à falta de informação disponível na documentação e nos códigos disponíveis.

VI. CONCLUSÃO

Diversos estudos são produzidos sobre as aplicações de chatbots em diversas áreas, contudo existe uma ausência de trabalhos relacionados aos processos de construção deste tipo

de sistema. Este trabalho buscou reproduzir, em baixa escala, o desenvolvimento de um chatbot a partir das técnicas, modelos, ferramentas e linguagens usadas por outros pesquisadores. O objetivo é ser capaz de encontrar resultados tão satisfatórios quantos os apresentados em estudos publicados. Todavia, a avaliação tornou-se limitada, uma vez que as ferramentas usadas não possuíam meios para desenvolver estudos mais técnicos e avançados acerca das mesmas.

Ainda assim, os resultados encontrados mostraram-se promissores para uma aplicação iniciante. O chatbot desenvolvido mostrou-se capaz de ser solução para problemas maiores, além da aplicação tradicional de conversação com um interlocutor humano, revelou-se capaz de aprender a se comunicar com o conhecimento adquirido durante as interações. Apesar da base técnica das ferramentas de inteligência artificial usadas não puderam ter sido estudadas mais profundamente para a justificação dos resultados encontrados, demonstraram-se eficientes para o aprendizado de máquina necessário neste tipo de aplicação.

Por fim, em um âmbito mais geral, pode-se considerar o resultado deste trabalho como satisfatório, visto que foi alcançado seus principais objetivos: criar um chatbot a partir de conhecimentos desenvolvidos por outros pesquisadores; reproduzir resultados de interação com usuário; servir, eficientemente, para uma aplicação além da típica interação humana. Vale ressaltar que, apesar do sucesso, a ausência de estudos que busquem publicar artigos sobre a metodologia de desenvolvimento de chatbots é uma barreira a ser vencida e que gera dificuldades para a evolução de estudos na área, dificuldades estas que se manifestaram na forma de falta de fontes para conhecimento e ensinamento durante o desenvolvimento deste trabalho e que não permitiram caminhos claros durante o processo de construção do chatbot, bem como se o modelo é tecnicamente efetivo.

Futuramente, espera-se poder aplicar o resultado deste estudo em um trabalho científico onde usuários poderão ter acesso a dados digitalizados de uma hemeroteca virtual e fazerem suas consultas sem precisar buscar manualmente ou sair de casa. Acontece que as buscas dois jornais do Diário Oficial do Estado de Sergipe, atualmente, são realizadas manualmente e podem levar muito tempo para serem concluídas. O objetivo é disponibilizar a Hemeroteca Digital onde usuários poderão realizar suas buscas conversando com um chatbot já integrado com a base de dados digitalizados.

REFERENCES

- [1] B. A. Shawar and E. Atwell, "Chatbots: Are they really useful?" *LDV Forum*, vol. 22, no. 1, pp. 29–49, 2007.
- [2] G. F. Luger, *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, 6th ed., 2008.
- [3] J. E. Laird, "Using a computer game to develop advanced ai," *Computer*, vol. 34, no. 7, pp. 70–75, July 2001.
- [4] A. Tsoukalas, T. Albertson, and I. Tagkopoulou, "From data to optimal decision making: A data-driven, probabilistic machine learning approach to decision support for

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

patients with sepsis," *JMIR Med Inform*, vol. 3, no. 1, Feb 2015.

- [5] S. E. Dilsizian and E. L. Siegel, "Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: Harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment," *Current Cardiology Reports*, vol. 16, no. 1, p. 441, Dec 2013.
- [6] S. Sun, C. Luo, and J. Chen, "A review of natural language processing techniques for opinion mining systems," *Information Fusion*, vol. 36, pp. 10 – 25, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253516301117>
- [7] G. G. Chowdhury, "Natural language processing," *Annual Review of Information Science and Technology*, vol. 37, no. 1, 01 2005.
- [8] F. Radlinski and N. Craswell, "A theoretical framework for conversational search," in *Proceedings of the 2017 Conference on Conference Human Information Interaction and Retrieval*, ser. CHIIR '17. New York, NY, USA: ACM, 2017, pp. 117–126. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/3020165.3020183>

Modelo de Redes Neuronales Convolucionales Profundas para la Clasificación de Lesiones en Ecografías Mamarias

Hugo Chanampe

Centro de Investigación y Desarrollo Informático (CIDI)

Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Universidad Nacional de La Rioja

La Rioja, Capital

hugogher@gmail.com

Resumen

El cáncer de mama es una de las principales causas de muerte en mujeres mayores en Argentina. Nuestro estudio apunta a utilizar técnicas Deep Learning para clasificar distintos tipos de lesiones en las ecografías mamarias. Se muestra el actual estado del arte de las arquitecturas de Deep Learning en la clasificación de imágenes y sus distintas estrategias de entrenamiento. Usando Redes Neuronales Convolucionales Profundas se desarrolló un modelo que permite clasificar diferentes tipos de lesiones en las ecografías mamarias.

1. Introducción

Hoy en día, las técnicas de Deep Learning (DL) o aprendizaje profundo vienen logrando exitosos resultados en el procesamiento de imágenes naturales, reconocimiento de objetos dentro de las mismas y clasificación de imágenes. Todo esto es posible gracias a las grandes capacidades de cómputo actuales y también gracias a la convivencia de las potentes GPU de la actualidad.

Uno de los métodos de DL que se emplea para el análisis de imágenes son las Redes Neuronales Convolucionales Profundas (DCNN) [1], que puede descubrir las características en las imágenes, como detección de bordes y esquinas hasta llegar a detectar características más complejas, a través del entrenamiento con grandes conjuntos de datos. Esto también se está empleando en el análisis de imágenes médicas con prometedores resultados sobre varias de sus aplicaciones, segmentación de órganos, detección y clasificación de distintos tipos lesiones en los órganos, etc. [2]

El Cáncer de Mama (CDM) es una de las primeras causas de muerte en Argentina, en mujeres de entre 20 y 59 años de edad y la segunda para mujeres mayores de 59

años [3]. El diagnóstico y el tratamiento de esta enfermedad en etapas tempranas es vital para prevenir el progreso de la enfermedad y reducir los índices de mortalidad [4]. La revisión de mama se realiza a través del estudio de un tipo de imagen, como lo es Ecografía Mamaria (EM), que es el examen básico para el CDM.

La implementación de los métodos de DL, como las CNN puede ayudar a mejorar la clasificación de distintos tipos de lesiones dentro de las EM.

El propósito de este trabajo es desarrollar un modelo que use DL para clasificar los distintos tipos de lesiones en ecografías mamarias.

Este artículo está estructurado de la siguiente forma: En la sección 2 se presentan algunos conceptos de DL y una revisión de las diferentes arquitecturas de DL para el análisis de imágenes y diferentes estrategias de entrenamiento. En la sección 3 se presenta el modelo propuesto en este artículo. En la sección 4 se hace una breve descripción de los resultados esperados. Por último en la sección 5 tenemos las referencias bibliográficas.

2. Deep Learning o Aprendizaje Profundo

Los métodos de DL se están aplicando ampliamente en los últimos años para abordar varias tareas de percepción de las computadoras. Su principal ventaja radica en evitar el diseño de detectores de características específicas. A su vez, estos métodos buscan un conjunto de transformación directamente desde los datos mismos. Esta mirada está logrando excelentes resultados, particularmente en los problemas que pertenecen al campo de Visión de las Computadoras (VC), como la clasificación de escenas naturales y la detección de objetos [5]. Los modelos de DL están siendo adaptados también a diferentes tareas médicas, como ayuda en el diagnóstico temprano del Alzheimer [6], segmentación automática en lesiones provocadas por la Esclerosis Múltiple [7], detección de

tumores en ecografías mamarias (EM) [8] y muchos más. Sin embargo, únicamente unos pocos trabajos tienen explorados los métodos de DL en dirección de la clasificación automática de lesiones identificadas en EM [9].

Los métodos tradicionales de Machine Learning (ML) como las máquinas de soporte vectorial, el método del vecino más próximo y el análisis de discriminación lineal fueron usados como clasificadores para una gran variedad de desarrollos para el diagnóstico temprano del cáncer de mama [10] [11]. Sin embargo, tienen una capacidad limitada para procesar los datos en su forma original. Construir un sistema de ML requiere de una ingeniería cuidadosa y de una gran pericia en el dominio para alcanzar diseñar un extractor de características que transforme los datos en bruto (como los valores de los píxeles de una imagen) en un vector de características desde el cual un subsistema de aprendizaje, como lo podría ser un clasificador, podría detectar o clasificar patrones en los datos de entrada [12].

DL, sin olvidar que es un subcampo de ML, tiene métodos como lo son las arquitecturas de DCNN, que funcionan aprendiendo características relevantes directamente desde las grandes bases de datos (datos en bruto). Un aspecto clave de DL es que el aprendizaje de las características de los datos, no fue diseñado por un ingeniero experto. Estas fueron aprendidas desde los datos usando un procedimiento de aprendizaje general.

2.1. Antecedentes de las Redes Neuronales Convolucionales

Las DCNN se han convertido en una de las técnicas más populares dentro del campo de ML, que es muy usada en el reconocimiento de imágenes. La capacidad de las DCNNs puede ser controlada variando su profundidad y amplitud, también estas redes pueden hacer generalmente suposiciones correctas [13].

La clasificación de imágenes o clasificación de exámenes fue uno de los primeros campos donde DL hizo una mayor contribución en el análisis de imágenes médicas. En un examen de clasificación, por lo general se tiene una o varias imágenes como entrada y una sola variable de salida, el diagnóstico (ej.: presencia de enfermedad o ausencia). En [13] se representó un punto de inflexión para el reconocimiento de objetos a gran escala cuando se pudo entrenar una de las primeras DCNN sobre un gran base de datos como ImageNet.

Las DCNN requieren una gran cantidad de datos de entrenamiento etiquetados, un aspecto crítico que puede ser un obstáculo difícil de sortear en el dominio de las imágenes médicas. Sin embargo, también el entrenamiento de las DCNN involucra muchos recursos de procesamiento y memoria, esto a veces podría consumir bastante tiempo. A veces el entrenamiento de este tipo de

arquitecturas es muchas veces también complicado por los problemas sobreajuste (overfitting) y bajo ajuste (underfitting) cuando hay datasets muy pequeños para el entrenamiento y cuando hay poco tiempo de entrenamiento [14]. Por eso el entrenamiento desde cero o entrenamiento completo de este tipo de arquitecturas puede ser tedioso y consumir mucho tiempo, exigiendo una gran experticia y paciencia [9] [15].

Las DCNN es la técnica de DL más exitosa aplicada a la compresión de las imágenes [16]. Estas tuvieron su primera aparición exitosa en el mundo real en la aplicación de LeNet [17], para el reconocimiento de dígitos escritos a mano. A pesar de este éxito inicial no cobró impulso hasta que no se desarrollaron varias técnicas nuevas para el entrenamiento eficiente de las redes profundas. La clave fue el aporte realizado por [13] a fines del 2012 en la competencia de ImageNet Large-Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC). La DCNN que presentaron en esa oportunidad, llamada AlexNet, ganó la competición por un amplio margen. En el 2014 el Visual Geometry Group a través de su modelo propuesto (VGG-Net), cuyo principal aporte fue una evaluación a fondo de las redes de profundidad creciente usando una arquitectura muy pequeña de 3x3 filtros convulsionados (convolutional filters), que alcanzaron una significativa mejora, esto se logró configurando profundidades de entre 16 y 19 capas de pesos (weigh layers) [18]. Cabe destacar que este modelo obtuvo el segundo lugar en la competencia de ILSVRC. También en el ILSVRC 2014 También en el ILSVRC 2014 la arquitectura ganadora propuso una Deep Convolutional Neural Network, que fue llamada GoogLeNet, que tenía una red con 22 capas de profundidad, que contiene dos convolutional layers, tres pooling layers y nueve inception layers, pero reduciendo el número de parámetros a 4 millones. Cada inception layer consta de seis convolutional layers y una pooling layer. Pero su marca principal, además de mejorar el estado del arte en la clasificación y detección en la competencia, fue la mejora en la utilización de los recursos computacionales dentro de la red [19]. En el 2015 se desarrolló Inception-V2, la primera versión de Inception fue GoogleNet anteriormente mencionada. Los cambios que se introdujeron en esta nueva versión fue la implementación del método llamado Batch Normalization (BN) que permite usar índices de aprendizajes mucho más altos, también actúa como un regularizador en las capas de entrada y hasta puede evitar uso de la técnica de Dropout en la fase entrenamiento [20]. Usando el método BN se alcanzó la misma precisión que su antecesor, pero en menos pasos de entrenamiento de la red. Usando el modelo de Inception-V2 se logró un índice de error de validación 4.9 % sobre ImageNet. Luego en la tercera versión, llamada Inception-V3, se mejoró la arquitectura agregando la idea de factorización que consiste en disminuir el número de parámetros en cada módulo

inception, logrando reducir el costo computacional como se muestra en el trabajo [21]. Donde se presentó el modelo Inception-V3, que obtuvo mejores resultados sobre la misma base de datos con un índice de error sobre el set de validación de 3.58%. En el mismo año surge el problema de la degradación en las arquitecturas de redes neuronales profundas, que es cuando se aumenta la profundidad de una red neuronal (incremento en la cantidad de capas). Pero esto conlleva un perjuicio en la tasa de error del modelo, aumentando considerablemente como se reportó en [22] [23]. Aquí es donde aparecen las Deep Residual Nets que pueden fácilmente ganar precisión incrementando la profundidad en su arquitectura. La arquitectura que ganó en 2015 la competencia ILSVRC fue ResNet-34. Esta arquitectura es muy similar a la VGG-Net, excepto porque a cada filtro de 3x3 se le agrega una conexión de acceso directo, lo que la convierte a la red en una versión residual de la anterior. Esta red alcanzó una considerable mejora en la tasa de error en el entrenamiento, esto indica que el problema de la degradación está bien direccionado, permitiéndole ganar en precisión y profundidad en la red [24]. En la *Tabla 1*, al final de esta sección se muestra la progresión de las arquitecturas que fueron más trascendentales en estos últimos años, por los resultados alcanzados en competencia ImageNet, destacándose la disminución de los índices de error.

Hoy por hoy, las DCNNs están siendo más ampliamente usadas en el análisis de imágenes médicas, aunque las *Recurrent Neural Network* (RNN) están ganando popularidad [14].

Tabla 1. Arquitecturas de Redes Neuronales Convolucionales Profundas

Algoritmos	Nº de Capas	Índice de Error	Posición en Competencia ILSVRC	Año
AlexNet	8	15.3 %	Primer Lugar	2012
VGGNet	19	7.3 %	Segundo Lugar	2014
GoogleNet	22	6.67 %	Primer Lugar	2014
ResNet	152	3.57 %	Primer Lugar	2015

2.2. Estrategias de Entrenamiento en las Redes Neuronales Convolucionales

2.2.1. Pre-Training y Fine-Tuning

Una prometedora alternativa al entrenamiento desde cero de las DCNN es la transferencia de aprendizaje, que es esencialmente el uso de redes pre-entrenadas desde campos de aplicación diferentes, por lo general se lleva a cabo sobre imágenes naturales. Los modelos pre-entrenados están siendo aplicados de manera exitosa en varias tareas dentro del campo de visión de las computadoras (VC), que puede ser como un generador de características o como una base para el aprendizaje mediante transferencia [25] [26]. Se tiene de esta manera dos estrategias aplicadas a la transferencia de aprendizaje que se pueden identificar: (1) uso de las redes pre-entrenadas (pre-training) solamente como extractor de características y (2) hacer pequeños ajustes (fine-tuning), sobre los pesos de una red pre-entrenada, para lograr una mejor performance sobre los datos a procesar. Pre-training significa inicializar las redes con parámetros pre-entrenados en lugar de establecer parámetros aleatoriamente. Es bastante popular en los modelos basados en DCNN, debido a que da la ventaja de permitir acelerar el proceso de aprendizaje y mejorar la capacidad de generalización. Como AlexNet, logro excelentes resultados [13], numerosos enfoques eligen a este modelo entrenado sobre ImageNet 2012 como su modelo profundo de referencia [27] [28] y utilizan fine-tuning para el ajuste de los parámetros, en concordancia con la tarea específica que tienen como objetivo.

En la actualidad se están realizando extensas simulaciones sobre los algoritmos existentes, donde se analiza cuando y por qué transferir aprendizaje desde el entrenamiento sobre imágenes naturales, esto podría resultar útil [29]. Los pesos de las capas convolucionales pueden ser tomados de una red pre-entrenada con la misma arquitectura. La red pre-entrenada es generada desde un gran dataset que por general pertenece a un ámbito de aplicación diferente de la tarea que se tiene como objetivo. Entrenando una DCNN desde un set de pesos pre-entrenados es lo que se llama fine-tuning y está siendo usado con mucho éxito en varias aplicaciones [25] [26].

Los reconocidos modelos de DCNN como AlexNet y GoogleNet, pueden aprender desde cero o aplicar fine-tuning desde modelos pre-entrenados.

2.2.2. Data Augmentation

El aumento de datos es el método más sencillo para reducir el overfitting cuando trabajamos con imágenes como datos. Consiste en utilizar las mismas imágenes del dataset que tenemos y conservando sus etiquetas se aplican diferentes transformaciones en las imágenes para generar datos adicionales sin introducir costos adicionales de etiquetado. Por ejemplo en el modelo AlexNet [13],

tiene dos formas distintas de aumento de datos: la primera consiste en generar desplazamientos horizontales de las imágenes y reflejos horizontales, y la segunda forma consiste en alterar la intensidad de los canales de RGB en las imágenes de entrenamiento [14]. También se tomó AlexNet como base y se agregó transformaciones adicionales que mejora la cualidad invariable del desplazamiento y el color así extendiendo con un montón de imágenes con pixeles extras y agregando manipulaciones de color adicionales [30].

2.2.3. DropOut

La implementación de este procedimiento de entrenamiento consiste en desconectar un porcentaje de las neuronas en cada iteración del entrenamiento. El termino Dropout [31] se refiere a sacar de una red neuronal, unidades ocultas o visibles. También esta técnica es utilizada para evitar el overfitting, que es cuando tiene un conjunto de datos reducidos para entrenar nuestro modelo. Esto ocasiona muchas veces que se produzca un sobreajuste sobre este set de datos.

A continuación, en la *Tabla 2*, se muestra las diferentes estrategias de entrenamiento de las DCNN y su principal característica.

Tabla 2 - Estrategias de Entrenamiento de las Redes Neuronales Convolucionales Profundas

Técnicas	Características
Pre-training	Uso de las de redes solamente como extractor de características
Fine-Tuning	Se hacen pequeños ajustes sobre los pesos de una red.
Data Augmentation	Esta estrategia de entrenamiento se utiliza para agrandar el conjunto de datos de entrenamiento de manera artificial sobre imágenes.
DropOut	Permite reducir el overfitting, desconectando unidades visible como ocultas de una red neuronal.

3. Modelo Propuesto

En esta sección se propone el desarrollo de un modelo. Este modelo empleará como datos entrada las EM y aplicará una o varias arquitecturas de DCNN (vistas en la sección 2) permitiendo obtener una salida la cual será discriminar los distintos tipos de lesiones que se detectaron en las imágenes de entrada del modelo.

3.1. Base de Datos de Mamografías

La base de datos que se utilizará para el análisis de distintos tipos de lesiones será mini-MIAS [32]. Los tipos de anomalías que tiene este conjunto de dato son: 1) calcificación, 2) masas bien definidas, 3) masas espiculadas, 4) otras masas mal definidas, 5) Distorsión Arquitectónica, 6) Asimetría y 7) Normal. También posee información sobre la severidad de la anomalía que puede ser benigna o maligna. Otro dato que tiene incorporado son las coordenadas (x,y) del centro de la anomalía.

La base de datos contiene 322 imágenes que tienen una resolución de 1024x1024. Este base de datos es bastante pequeña en el contexto de DL y VC, pero es ampliamente usada en la literatura [33].

3.2. Procesamiento de las Imágenes

Se procederá a dividir el cien por ciento de las imágenes en tres: a) set de datos de entrenamiento (80%), b) set de datos de validación (10%) y por último, el set de datos de prueba con el 10% restante. Para este último grupo se escogerán los datos cuidadosamente, dejando un ejemplo de cada uno de los tipos de lesiones que contenga el dataset. El set de datos de prueba será usado solo para evaluar el modelo propuesto, esto implica que estos datos nunca serán utilizados para entrenar el modelo.

3.2.1. Aumento del Set de Datos de Entrenamiento

Al set de entrenamiento se le aplicaran distintas técnicas de data augmentation como desplazamiento aleatorio y también recortar la mamografía original en una nueva de 750x750, alrededor de las coordenadas provistas por el dataset al igual que se hizo en [34]. Por el ultimo se deberá cambiar el tamaño de las imágenes a 224x224 que es tamaño por defecto que usan la mayoría de las arquitecturas más populares vistas.

Esto permitirá duplicar el tamaño del set de datos de entrenamiento. Ya que la mayoría de los repositorios de imágenes médicas de acceso público no son de gran tamaño como la base de datos ImageNet. Esto ayudará a evitar el problema de overfitting de las arquitecturas de DCNN sobre el dataset.

3.3. Modelo

Se entrenarán dos arquitecturas de DCNN para la clasificación lesiones en las ecografías mamarias y se analizará el efecto del incremento del número de casos en el set de entrenamiento. Esto se describe a continuación.

3.3.1. Arquitecturas de las DCNN

Se evaluarán dos arquitecturas DCNN: la primera AlexNet y la segunda VGGNet-16 que son poco

profundas. Se eligen estos modelos debido a que nuestra base de datos es bastante pequeña y estos tipos de arquitecturas manejan grandes volúmenes de datos. Arquitecturas más complejas requieren un gran número de datos de entrenamiento, sino se produce un sobreentrenamiento sobre los datos. Se tomarán los modelos bases de estas dos arquitecturas para llevar adelante el desarrollo de nuestro modelo.

Las redes tomaran como entrada imágenes de 224x224. Se procederá a entrenar ambas arquitecturas en primera instancia con el set de entrenamiento incrementado que ya vimos en la Sección 3.2.1 y por ultimo con el set de entrenamiento sin aumentar.

3.3.2. Aspectos de Análisis del Modelo

Se estudiará el impacto de las técnicas de data augmentation implementadas en set de entrenamiento, ya que es relativamente pequeño. Esta es una característica de la mayoría de las bases de datos medicas de acceso público.

4. Resultados Esperados

Se espera que este método pueda clasificar con precisión los distintos tipos de lesiones en las ecografías. Lo que se pretende presentar primero son los resultados cuantitativos de las dos arquitecturas evaluadas sobre el set de datos de entrenamiento y el set de datos de evaluación.

5. Conclusión y Trabajos Futuros

En este trabajo, se presenta un modelo de DL que implementa arquitecturas de DCNN para clasificar distintos tipos de lesiones directamente desde las ecografías mamarias. Se muestra también procesamiento de las imágenes, el aumento en el número de imágenes de entrenamiento a través de técnicas de data augmentation. Específicamente en el campo de las imágenes médicas, el tamaño de los conjuntos de datos es crítico debido que no hay grandes bases de datos como ImageNet, que sean de acceso público.

Futuros trabajos, incluyen explorar otras arquitecturas y probar este modelo con datasets que sean de mayor tamaño.

6. Referencias

- [1] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015.
- [2] W. Zhang, R. Li, H. Deng, L. Wang, W. Lin, S. Ji, and D. Shen, "Deep convolutional neural networks for multi-modality iso-intense infant brain image segmentation," *Neuroimage*, vol. 108, pp. 214–224, 2015.
- [3] "Instituto Nacional del Cancer -Mortalidad," 2015.

- [4] R. a. Smith, V. Cokkinides, and H. J. Eyre, "American Cancer Society Guidelines for the Early Detection of Cancer, 2004," *CA. Cancer J. Clin.*, vol. 54, no. 1, pp. 41–52, 2004.
- [5] Y. Bengio, A. Courville, P. V.-I. transactions on pattern, and undefined 2013, "Representation learning: A review and new perspectives," *ieeexplore.ieee.org*.
- [6] S. Liu, S. Liu, W. Cai, S. Pujol, R. Kikinis, and D. Feng, "Early diagnosis of Alzheimer's disease with deep learning," in *2014 IEEE 11th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*, 2014, pp. 1015–1018.
- [7] A. Birenbaum and H. Greenspan, "Longitudinal Multiple Sclerosis Lesion Segmentation Using Multi-view Convolutional Neural Networks," Springer, Cham, 2016, pp. 58–67.
- [8] A. Akselrod-Ballin, L. Karlinsky, S. Alpert, S. Hasoul, R. Ben-Ari, and E. Barkan, "A Region Based Convolutional Network for Tumor Detection and Classification in Breast Mammography," Springer, Cham, 2016, pp. 197–205.
- [9] G. Litjens, T. Kooi, B. E. Bejnordi, A. A. A. Setio, F. Ciompi, M. Ghafoorian, J. A. W. M. van der Laak, B. van Ginneken, and C. I. Sánchez, "A survey on deep learning in medical image analysis," *Med. Image Anal.*, vol. 42, no. December 2012, pp. 60–88, 2017.
- [10] H. Cai, Y. Peng, C. Ou, M. Chen, and L. Li, "Diagnosis of Breast Masses from Dynamic Contrast-Enhanced and Diffusion-Weighted MR: A Machine Learning Approach," *PLoS One*, vol. 9, no. 1, p. e87387, Jan. 2014.
- [11] M. Krishnan, S. Banerjee, ... C. C.-E. S. with, and undefined 2010, "Statistical analysis of mammographic features and its classification using support vector machine," *Elsevier*.
- [12] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, May 2015.
- [13] A. Krizhevsky, I. Sutskever, ... G. H. information processing, and undefined 2012, "Imagenet classification with deep convolutional neural networks," *papers.nips.cc*.
- [14] Y. Guo, Y. Liu, A. Oerlemans, S. Lao, S. Wu, and M. S. Lew, "Deep learning for visual understanding: A review," *Neurocomputing*, vol. 187, pp. 27–48, 2016.
- [15] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, and J. Malik, "Region-Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 38, no. 1, pp. 142–158, 2016.
- [16] J. S.-N. networks and undefined 2015, "Deep learning in neural networks: An overview," *Elsevier*.
- [17] Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," *Proc. IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2323, 1998.
- [18] K. Simonyan and A. Zisserman, "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition," *Int. Conf. Learn. Represent.*, pp. 1–14, 2015.
- [19] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D.

- Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich, "Going deeper with convolutions," in *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2015, vol. 07–12–June, pp. 1–9.
- [20] S. Ioffe and C. Szegedy, "Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift," Feb. 2015.
- [21] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, and Z. Wojna, "Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision," pp. 2818–2826, 2016.
- [22] K. He, J. S.-P. of the I. conference on computer, and undefined 2015, "Convolutional neural networks at constrained time cost," *cv-foundation.org*.
- [23] R. K. Srivastava, K. Greff, and J. Schmidhuber, "Highway Networks," May 2015.
- [24] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep Residual Learning for Image Recognition," in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016, pp. 770–778.
- [25] A. S. Razavian, H. Azizpour, J. Sullivan, and S. Carlsson, "CNN features off-the-shelf: An astounding baseline for recognition," in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2014, pp. 512–519.
- [26] O. A. B. Penatti, K. Nogueira, and J. A. Dos Santos, "Do deep features generalize from everyday objects to remote sensing and aerial scenes domains?," in *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2015, vol. 2015–Octob, pp. 44–51.
- [27] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 37, no. 9, pp. 1904–1916, 2015.
- [28] S. Ren, K. He, R. Girshick, J. Sun, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik, W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, R. Girshick, D. Impiombato, S. Giarrusso, T. Mineo, O. Catalano, C. Gargano, G. La Rosa, F. Russo, G. Sottile, S. Billotta, G. Bonanno, S. Garozzo, A. Grillo, D. Marano, G. Romeo, D. Erhan, C. Szegedy, A. Toshev, and D. Anguelov, "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. 794, pp. 1–15, 2015.
- [29] H. C. Shin, H. R. Roth, M. Gao, L. Lu, Z. Xu, I. Noguees, J. Yao, D. Mollura, and R. M. Summers, "Deep Convolutional Neural Networks for Computer-Aided Detection: CNN Architectures, Dataset Characteristics and Transfer Learning," *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 35, no. 5, pp. 1285–1298, 2016.
- [30] A. G. Howard, "Some Improvements on Deep Convolutional Neural Network Based Image Classification," *arXiv Prepr. arXiv1312.5402*, pp. 1–6, 2013.
- [31] N. Srivastava, G. Hinton, A. Krizhevsky, I. Sutskever, and R. Salakhutdinov, "Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting," *J. Mach. Learn. Res.*, vol. 15, pp. 1929–1958, 2014.
- [32] "The mini-MIAS database of mammograms." [Online]. Available: <http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html>. [Accessed: 17-Aug-2018].
- [33] N. Dhungel, G. Carneiro, and A. P. Bradley, "Automated Mass Detection in Mammograms Using Cascaded Deep Learning and Random Forests," *2015 Int. Conf. Digit. Image Comput. Tech. Appl.*, pp. 1–8, 2015.
- [34] D. Yi, R. Sawyer, D. C. III, J. Dunmon, ... C. L. preprint arXiv, and undefined 2017, "Optimizing and visualizing the deep learning for benign/malignant classification in breast tumors," *arxiv.org*.

Análisis de temporalidad de imágenes con técnicas de detección, tracking y proyección de posición de un objeto.

Author

Leonardo M. Bustamante¹, Marcos Maciel¹, Daniela López De Luise²

¹CAETI, Buenos Aires, Argentina

²CI2S Labs, Buenos Aires, Argentina

Resumen

Es importante para la toma de decisiones basadas en hechos pasado con efecto en el presente y consecuencias a futuro contar con información anticipada que permita ejecutar acciones. Este trabajo presenta un modelo orientado a anticipar un evento por medio de la detección de objetos de interés, el tracking de estos y la proyección de su posición a futuro con respecto a una cámara observadora, esto se logra mediante el procesamiento de imágenes de baja resolución obtenidas por un teléfono móvil, incluso de baja gama. Es de destacar que en el presente trabajo, la detección no está limitada a objetos previamente configurados y/o entrenados dentro del modelo. Cualquier tipo de objeto en movimiento está incluido. Las estadísticas realizadas demuestran un porcentaje de detección de objetos y proyección aceptable para el hardware de bajo costo empleado.

Palabras clave: Imágenes, Procesamiento de Imágenes, Reconocimiento de Objetos, Tracking, Proyección.

I. Introduction

La detección del movimiento de objetos tiene innumerable aplicaciones, cada una con sus ventajas y desventajas. Existen aplicaciones orientadas a resolver un problema en particular que no pueden ser usadas en otras áreas. Es posible identificar un objeto por su color y seguirlo por distintas posiciones para determinar su movimiento [01], otra estrategia muy utilizada es reconocer figuras a través de la segmentación de imágenes digitales, agrupando los puntos (píxeles) que pertenecen a los bordes usando la transformación de Hough [02].

Otras estrategias resultan específicas pero interesantes, como la detección de rostros propuesta por [03] a través

de clasificadores en cascada enfocada en el análisis de las regiones con mayor probabilidad de cubrir los objetos de interés, en este trabajo rostros. Como en otros casos, el problema es que la detección está limitada por la iluminación, oclusión en ojos y boca.

Con el fin de superar los problemas en la variación de iluminación la propuesta de [04] identifica peatoneros, para ello calcula el histograma de regiones permitiendo desde los contornos determinar la forma de los objetos. Finalmente clasifica los bloques descriptores, llamados Histogram of Oriented Gradients (HOG), usando la máquina de soporte vectorial. [05] Esta aproximación, sin embargo, genera ruido en el cambio en tamaño de los objetos.

En [06] se desarrolla un método que encuentra objetos en una imagen con apariencias muy variadas utilizando la búsqueda de ventana deslizante y representando en cada región, estructuras jerárquicas de partes o filtros raíz. Se tienen en cuenta las diferentes secciones que componen un objeto y pueden identificar a este objeto en diferentes posturas. Su problema es el requerimiento computacional pues cuantas más secciones se usen para componer un objeto, será necesario más tiempo para procesar el algoritmo.

La búsqueda de regiones en ventana deslizante tiene como desventaja el procesamiento de muchas regiones, además del uso de clasificadores que suman tiempo al procesamiento de cada imagen. La alternativa es trabajar sobre regiones candidatas o subregiones porque dentro de estas la probabilidad de encontrar estos objetos es mayor, además que se utilizan conjuntos con menos regiones candidatas y clasificadores más complejos, todo esto en conjunto tiene mejor rendimiento y performance.

Una implementación de esta técnica es propuesta en [07], permite determinar si un objeto (de

diversas clases) se encuentra en una región previamente identificada en la ventana deslizante. Para cada región se examinan factores como color, bordes y similitud en textura/color y de acuerdo a estos parámetros se estima un puntaje para la ventana deslizante.

En la actualidad se hace uso del aprendizaje profundo (deep learning) como estrategia para el análisis de imágenes aprovechando las capacidades de hardware existentes. Éstas hacen uso de las Redes Neuronales Convolucionales con muy buena performance [08]. A manera de ejemplo se puede mencionar a YOLO (You Only Look Once) [09]. La detección de objetos es tratada como un problema de regresión simple, donde de cada dato de entrada (imagen) se aprende cuando se encuentra una clase en una zona, la que se representa como coordenadas dentro de una región.

El modelo propuesto en este trabajo está enfocado en detectar un o varios objetos de interés, hacer un tracking, una proyección de localización y en base a esta información generar eventos de alerta que pueden ser gestionados de diversas maneras por suscriptores de interés. Otra particularidad propuesta es la utilización de este modelo en teléfonos móviles incluso de baja gama y de fácil acceso.

Por último y no menos importante la detección de objetos no incluye su reconocimiento por tipo o forma ya que no es de interés para este modelo.

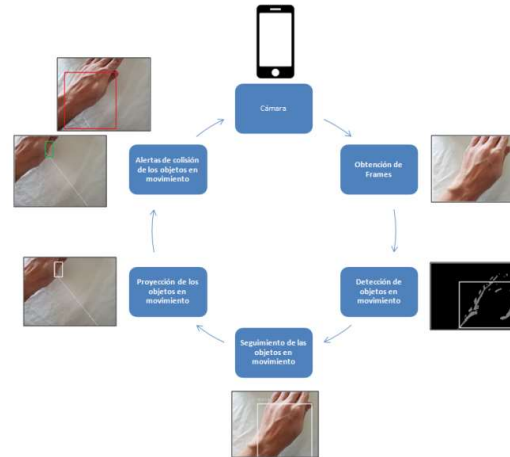
Este paper está organizado de la siguiente forma: descripción del modelo propuesto en la sección II, en la sección III se encuentra el desarrollo del testing al modelo y por último se hallan conclusiones y trabajos futuros en sección IV.

II. Modelo Propuesto

El modelo propuesto en este documento utiliza el exitoso framework OpenCV © [10] que es una versión libre desarrollada por Intel desde el año 2000, y que hoy se utiliza en sistemas de seguridad y control de procesos. El prototipo se halla codificado en Java © para posibilitar su uso en dispositivos móviles. Existen otros frameworks que realizan esta tarea, pero se decide desarrollar un nuevo modelo con la posibilidad de optimizar los procesos según el rendimiento en los dispositivos móviles.

En base a una investigación basada en un método heurístico, se identifican 5 procesos individuales que secuenciados logran una detección y seguimiento razonable, permitiendo predecir con precisión suficiente su trayectoria. Los procesos son los presentados en la Fig. 1.

Fig. 1. Esquema global de procesamiento de imágenes



En las subsecciones que siguen se describe cada una de estas etapas.

II.A. Obtención de Frames

Este proceso se encarga de obtener un frame de la cámara del teléfono móvil. Dependiendo del modelo del teléfono, la cámara puede brindar entre 10 y 30 frames/segundo. Incluso, se pueden registrar casos en que las imágenes van desde los 5 Mp con un resolución de 480x800 píxeles, a otras de 12 Mp con una resolución de 4032 x 1960 píxeles.

OpenCV © brinda un “bridge” para administrar la cámara de un dispositivo móvil y configurar su resolución [11]. Para el prototipo que implementa el modelo de este proyecto, se trabaja con una resolución a 320 x 240 píxeles y se convierte los frames en formato RGB a un formato de escala de grises con el objeto de acelerar el análisis de la imagen [12]. Para convertir a escala de grises se utiliza el framework OpenCV © que implementa la ecuación ec.1.

$$RGB[A] \text{ to Gray: } Y \leftarrow 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad (\text{ec.1})$$

Por cada canal alfa “A” de la imagen en formato RGB se suman el resultado de multiplicar cada componente “R”, “G” y “B” por su correspondiente constante. Se obtiene así su homólogo en escala de grises.

En el caso de los testeos realizados, se mide a una tasa de 30 frames/segundo, dando lugar a un objeto tipo MAT que brinda el framework OpenCV © y que se almacena en memoria.

A los fines estadísticos, se almacenan estos frames en memoria como objetos tipo MAT con archivos de imágenes formato .png, con la misma resolución (320 x 240 pixeles) generando archivos entre 70 Kb y 85 Kb.

II.B. Detección de Objetos en Movimiento

Este proceso se encarga de comparar la secuencia de imágenes obtenida en la sección anterior, para luego detectar objetos en movimiento. Esto se logra aplicando el filtro "Gaussian Mixture Model" basado en la mezcla de la imagen de fondo y una imagen de la secuencia [13] a través de la función "BackgroundSubtractorMOG2" que brinda el framework OpenCV ©. Los valores usados en esta función son todos por default. La Fig. 2, presenta un ejemplo pequeño con sólo cuatro figuras.

Fig. 2. Secuencia de cuatro imágenes resultante de la aplicación del filtro Gaussian Mixture Model.



Como se puede apreciar, la secuencia presenta el desplazamiento físico en el tiempo de una mano izquierda de un lado a otro. En la primera imagen aún el objeto no llega a plano de trabajo, y en los siguientes, se aprecia el resultado de la resta entre la imagen de la izquierda, y la actual. En el caso de haber fondos no lisos, éstos serán eliminados, incluso con parte de la imagen de interés, cuando la misma se confunda inicialmente con el fondo.

El siguiente paso es tomar la imagen del paso anterior y analizar y detectar las superficies grises. Esto se logra haciendo un análisis topológico de la imagen por seguimiento de bordes a través de la función "findcontours" que brinda del framework OpenCV © que genera una secuencia de puntos que rodean la superficie gris [14]. La Fig. 3, presenta un ejemplo del resultado del análisis.

Fig. 3. Secuencia de cuatro imágenes resultante del análisis topológico por seguimiento de borde.

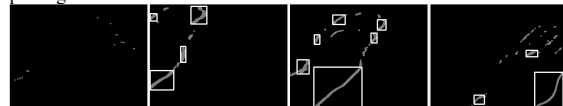


Se puede apreciar que las superficies grises son rodeadas por una secuencia de puntos blancos formando un contorno. Esta secuencia de puntos se almacenan en un array de objetos del tipo MAT OF POINT brindado por el framework OpenCV © en memoria. Cada Objeto del tipo MAT OF POINT posee la coordenada X e Y del

punto respecto del centro del eje de coordenada de la imagen que es el ángulo superior izquierdo. El resultado de este paso son los contornos de las partes detectadas del objeto en movimiento.

Una secuencia de puntos que rodea una superficie gris en una imagen representa una cantidad significativa de valores que es un costo mantenerlos en memoria y poco performante para el análisis. El siguiente paso encuentra un recuadro que contenga la secuencia de puntos que forman el contorno. Se recorre el array de objetos del tipo MAT OF POINT de cada contorno detectado y se busca el valor máximos y mínimo de las coordenadas X e Y de cada punto. Como resultado de este proceso se obtiene el ángulo superior izquierdo y el ángulo inferior derecho que forma el rectángulo que contiene todos los puntos que rodean a un contorno. Esto se logra, utilizando la función "BoundingRect" que brinda el framework OpenCV © [15]. La Fig. 4, presenta un ejemplo del resultado del análisis.

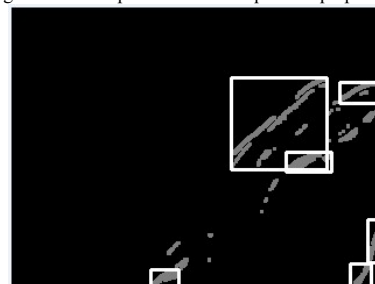
Fig. 4. Secuencia de cuatro imágenes resultante del análisis topológico por seguimiento de borde.



Se puede apreciar en cada imagen de la secuencia, los contornos detectados del objeto en movimiento, es rodeado por un rectángulo. El resultado de este proceso es que reemplaza el array de puntos que rodea un contorno, por dos coordenadas que forma un rectángulo que los contienen.


Como consecuencia del paso anterior, se obtienen recuadros que se superponen entre ellos. La Fig 5, brinda un ejemplo del problema mencionado.

Fig. 5. Imagen donde se aprecia recuadros que se superponen.



Para resolver el problema mencionado, se aplican un ratio llamado IntersectionoverUnion (IoU) que calcula la proporción que comparten entre los recuadros [16]. En la

ecuación ec.2, se presenta la ecuación empleada por el filtro durante el proceso IoU.

$$IoU = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}}$$


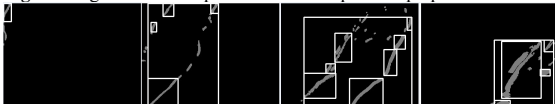
(ec. 2)

Area of Overlap es área intersección entre los recuadros comparados, mientras que Area of Union es la unión de las áreas de los recuadros comparados menos su intersección. IoU es una medida métrica sin unidades puesto que tan sólo establece una tasa de proporción.

Para el modelo, se descartan recuadros con un área menor a 100 píxeles, y se considera el mismo recuadro cuando IoU es mayor a cero. Estos dos pasos logran limpiar razonablemente los errores por la fragmentación obtenida de la detección de contornos.

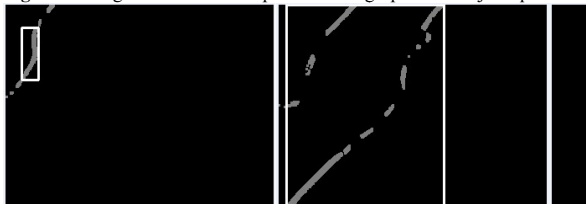
Finalmente, se implementa un algoritmo de agrupamiento jerárquico que agrupa los recuadros que están cerca de menos de 100 píxeles respecto de sus centros geométricos [17]. La Fig. 6, presenta un ejemplo de agrupamiento de recuadros cercanos.

Fig. 6. Imagen donde se aprecia recuadros que se superponen.



Se puede apreciar cómo los recuadros pequeños cercanos entre sí son agrupados por un recuadro más grande que los contiene. En la Fig. 7 se muestra un ejemplo del agrupamiento obtenido.

Fig. 7. Imagen donde se aprecia el agrupamiento jerárquico.



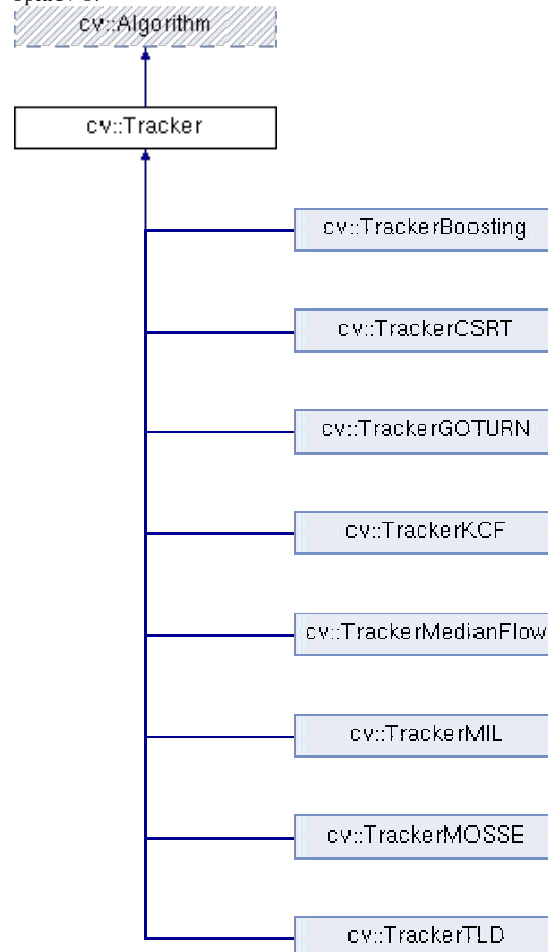
Las imágenes muestran el resultado final del proceso de detección, que es un recuadro que selecciona el objeto en movimiento a través de una secuencia de imágenes.

II.C. Tracking de las Detecciones

Con el objetivo de lograr predecir la posición de un objeto en movimiento, un paso importante es lograr identificar el mismo objeto en movimiento a través de la secuencia de imágenes. Este proceso se lo denomina "Tracking" o seguimiento, y permitirá analizar todas las posiciones del objeto y predecir su localización en un tiempo futuro. El modelo logra esto utilizando el filtro KernelizedCorrelationFilters (KCF) que permite estimar las coordenadas de un objeto en la siguiente imagen de la secuencia.

Para llevar adelante este proceso, se utiliza el filtro de tracking que proporciona el framework de OpenCV© [18]. La Fig. 8, muestra la jerarquía de clases y las distintas implementaciones.

Fig. 8. Representación de las distintas jerarquías de Tracking que brinda OpenCv ©.



Con el objetivo de seleccionar un algoritmo de tracking, se realizan pruebas con cada uno de ellos con un set de 900 imágenes. Por cada imagen se detectan los objetos en movimiento según el método que se explica en la sección II.B. Al mismo tiempo, se alimenta el algoritmo de tracking en prueba con cada detección para que analice y realice la predicción de la posición del objeto en la siguiente imagen. Finalmente, se define un indicador denominado “Proyecciones Positiva” que contabiliza cuando la detección y la predicción son “Similares”. Se define como “Similares” cuando el ratio IoU definida en la ec.2 entre la detección y la proyección es mayor o igual a 0.7. Frente a los resultados, el algoritmo que muestra mejores aciertos es TrackerKCF (KernelizedCorrelationFilters) [19]. La Fig. 9 se muestra los resultados del test.

Fig. 9. Resultados de la prueba de los algoritmos de tracker.

Algoritmos	Proyecciones positivas
TrackerBoosting	64%
TrackerCSRT	17%
TrackerGOTURN	47%
TrackerKCF	85 %
TrackerMediaFlow	12%
TrackerMIL	8%
TrackerMOSSE	73%
TrackerTLD	67%

El modelo realiza dos acciones: Agregar y Actualizar. Cada imagen acompañada por su lista de detecciones obtenidas del proceso anterior, el modelo analiza si cada detección pertenece a un objeto anterior o no. En caso de que no, se utiliza la acción “Agregar” para comenzar hacer el tracking de un nuevo objeto detectado. En caso de que si, el modelo utiliza la acción “Actualizar” para agregar una nueva posición del objeto en seguimiento.

Para lograr identificar si un nuevo objeto detectado es un objeto detectado anteriormente, el modelo utiliza el algoritmo IoU (IntersectionoverUnion) que compara cada nuevo objeto detectado con cada posible proyección futura de un objeto, brindado por el algoritmo “TrackerKCF”. Si la proyección y la nueva detección comparten el mismo lugar en la imagen, el modelo supone que es el mismo objeto.

El modelo lleva adelante un proceso para depurar los objetos en seguimiento, lleva un contador de cuántas imágenes se analizaron y cuáles no logran hacer una actualización de su nueva posición. En base a las experiencias realizadas, se determina un valor umbral promedio. Si este valor es superado indica que se perdió el rastro del objeto en seguimiento y el modelo descarta su rastreo.

Este modelo presenta errores basados en el movimiento de la cámara cuando toma la nueva imagen y desfasa el eje de coordenadas. Para controlar esto, se aprovecha el proceso de depuración explicado anteriormente. Se aumenta el valor umbral que permite que se pierda el rastro de un objeto por más cantidad de frames, dando la oportunidad de volver a encontrarlo.

En la siguiente secuencia de imágenes, se muestran las distintas detecciones identificadas con un ID. Al correr la secuencia, es posible notar que mantiene el mismo valor a través del tiempo por la lógica de “Tracking” o seguimiento. Aun cuando se pierde una secuencia, si el objeto vuelve a plano de trabajo, logra recuperar el ID original. La Fig. 10, muestra un ejemplo de la identificación en una secuencia de cuatro imágenes.

Fig. 10. Identificación de objeto detectado en el tiempo.

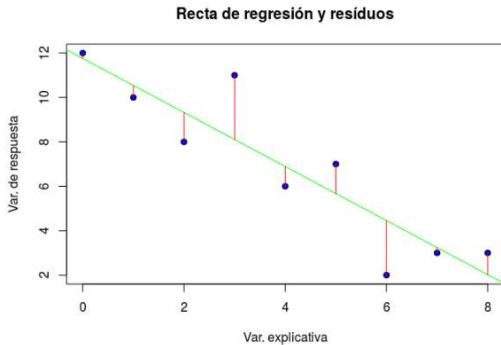


En la primera imagen se detecta un objeto en movimiento. El tracking le asigna el siguiente ID disponible, en el tiempo. Por el seguimiento y uso del filtro “TrackerKCF”, se determina que es el mismo objeto y por lo tanto mantiene el ID anterior. Asumiendo que la tercera imagen es la vuelta a plano de trabajo en la última se asigna el ID original.

II.D. Proyección del Movimiento

El objetivo de este proceso es analizar todos los movimientos de un objeto detectado en las distintas imágenes analizadas y predecir su trayectoria. Para realizar este análisis, el modelo utiliza una función de “Regresión Lineal Simple”, la que toma cada posición del objeto y proyecta en línea recta su posición a futuro [20]. La fig. 11, muestra el análisis resultante por este modelo de predicción del comportamiento de un objeto en movimiento en los distintos momentos en que es observado.

Fig. 11. Gráfico de la recta de regresión y residuos.



El gráfico muestra el comportamiento de cada posición del objeto, se calculan los coeficientes a (ordenada al origen) y b (pendiente de inclinación de la recta) de acuerdo a ecuación ec.3 que predice su posición en el eje “Y” según su posición en eje “X”.

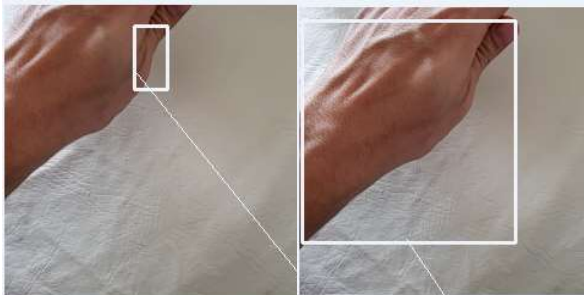
$$Y_i = (a + bX_i) + \epsilon_i \quad (\text{ec.3})$$

Las líneas de color rojo de la Fig. 10 se denomina error y está dado por la ecuación ec.4

$$Y - \hat{Y} = \text{error} \quad (\text{ec.4})$$

El modelo contempla un margen de error adicional dados por el desplazamiento de la cámara mencionado anteriormente y los cambios de velocidad del objeto como así también el cambio de velocidad del observador. La Fig. 12, se observa el margen de error adicional.

Fig. 12. Las dos imágenes representan el desplazamiento de una mano izquierda, su detección y proyección.



El desplazamiento de una mano visto con una cámara fija tiene asociado un margen de error propio del movimiento del objeto, pero es considerado por este modelo un margen de error adicional si la cámara deja de ser fija y además tiene movimientos oscilantes y aleatorios.

II.E.Alertas

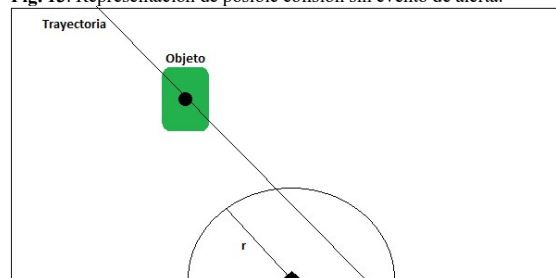
Para este proyecto, se define un alerta. Este alerta es cualquier tipo de comunicación o aviso desde el software que está ejecutando las distintas rutinas anteriormente descritas. Con este aviso se pretende que otro software pueda hacer uso de esta información para tomar alguna decisión. Por definición alertar indica si el objeto detectado y en seguimiento se encuentra en una trayectoria de posible colisión con el observador (cámara que toma las imágenes). Para lograr ese objetivo, se implementa un radio de seguridad de r (radio) medido en pixeles desde la posición central e inferior de la imagen o posición del observador.

Las condiciones que este modelo impone para generar un evento de alerta son:

- $r=100$ pixeles, $i=$ valor entero en un rango de 1-100 expresado en porcentaje.
- El objeto conserva en dirección descendente o direccionada al observador.
- La trayectoria del objeto cruza la zona de seguridad definida por r.
- La distancia de la última posición del objeto al centro de la zona de seguridad es menor o igual a $m=(r*i)/100$ pixeles.

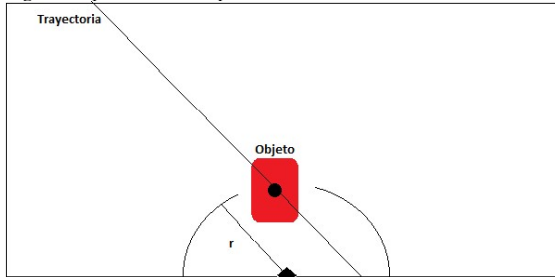
Estas condiciones se emplean para generar reglas de un sistema experto que decida cuándo desencadenar un evento de alerta o no. Las Fig. 13 y 14 muestran las distintas alternativas.

Fig. 13. Representación de posible colisión sin evento de alerta.



El observador (cámara del teléfono móvil) se encuentra en la base de la imagen. El objeto detectado se dirige hacia el área de interés marcado con un círculo. La trayectoria indica que la colisión es posible. La función de regresión lineal simple determinada por la recta muestra que el objeto no va directo al punto de interés. En este caso el valor asignado a la variable i determina que ningún alerta debe dispararse.

Fig. 14. Representación de posible colisión con evento de alerta.



El observador (cámara del teléfono móvil) se encuentra en la base de la imagen. El objeto detectado se dirige hacia el área de interés marcado con un círculo. La trayectoria indica que la colisión es posible. La función de regresión lineal simple determinada por la recta muestra que el objeto no va directo al punto de interés. En este caso el valor asignado a la variable i determina que el evento de alerta debe ser originado. Estos casos son específicamente administrados por las necesidades del implementador de este modelo y se codifican adecuadamente en el sistema experto para que éste tome las decisiones del caso de manera automática.

III. Resultados Obtenidos

Se han realizado pruebas sobre 2.399 imágenes o frames extraídos de un video filmado en ambiente exterior. Cada imagen tiene una resolución de 4.032 x 1.960 píxeles. Al aplicar el modelo propuesto se reduce el tamaño de cada frame a 320 x 240 píxeles y se logra procesar con una tasa de 30 frames/segundo. Los escenarios incluidos en la muestra utilizada para hacer el testing son:

- Veredas.
- Calles.
- Tránsito.
- Personas caminando.
- La iluminación de días soleados, nublado y combinado.

Para estas pruebas se definió un proceso de “Alerta” en el modelo propuesto con la siguiente configuración:

- $r=100$ píxeles, $i=100$ píxeles.
- El objeto detectado está en dirección descendente (desde la perspectiva de la cámara).
- La trayectoria del objeto cruza la zona de seguridad (r de 100 píxeles).
- La distancia de la última posición del objeto al centro de la zona de seguridad es menor o igual a $m=(r*i)/100$ píxeles.

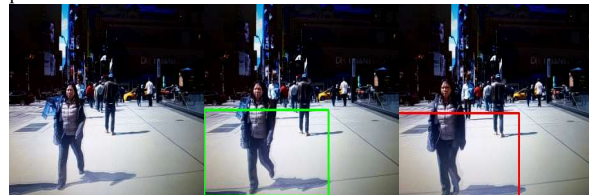
Sobre este conjunto de prueba, en primer lugar se identifican visualmente los objetos en movimiento y determinan los eventos que deben generar un alerta. En la siguiente etapa se ejecuta el modelo propuesto. La Fig. 15, muestra los resultados en forma de cuadro.

Fig. 15. Cuadro comparativo: eventos de alerta detectados manualmente y los desencadenados por el modelo propuesto.

	Detecciones Correctas	Detecciones Falsas
Análisis Manual	851	
Análisis Algoritmo	671	127
	78,85 %	

Dando por ciertos todos los eventos de alerta manual (851 casos), los eventos de alerta desencadenados por el modelo propuesto (671 casos) se pueden estimar en una tasa de efectividad del 78.85%. En la Fig. 16, se puede observar un caso de detección (recuadro verde), tracking, proyección y evento de alerta (recuadro rojo).

Fig. 16. Detección de una persona (objeto de interés), y alerta de posible colisión.



En la escena 1 se determina una persona de interés. En la segunda por comparación se registra el movimiento y la dirección al observador. Por último, el modelo desencadena un evento de alerta mediante un recuadro rojo.

Frente a estas pruebas, el porcentaje de efectividad del modelo presente es suficiente para las implementaciones en que deriva este trabajo de investigación. Sin embargo, la tasa de efectividad debe ser mejorada en casos que la seguridad sea un factor clave.

Por otro lado, las pruebas del modelo detectan falsos positivos (ver la Fig. 17). Sobre el set de imágenes de 2.399 imágenes, 1.548 no contienen detecciones. El modelo detecta 127 (8,2%) detecciones falsas. Una de las causas identificadas, es la iluminación que genera la sombra de una persona sobre el piso, ésta es detectada por el algoritmo.

Fig. 17. Detección de falsos positivos.



IV. Conclusión y trabajos futuros

En este primer trabajo se presenta un conjunto de funciones de software ejecutados en un teléfono móvil que implementa un modelo de inferencia lineal sobre imágenes desplazadas. El principal aporte de este modelo, es detectar cualquier tipo de objeto en movimiento. Hacer un rastreo (tracking) específicamente determinado en el momento y proyecta a futuro su localización en el plano de trabajo. Con toda esta información se puede desencadenar un evento de alerta o predicción de colisión para que quien implementa esta solución pueda ejecutar su propia rutina de toma de decisión o acción. Como trabajo futuro se buscará disminuir el ruido generado por la iluminación del ambiente exterior, ejecutar el modelo en ambiente exterior extremo y con diferentes tamaños de objetos de interés e inclusive un mix de ellos. También resta investigar el uso de distintos dispositivos móviles (alta y media gama) para acelerar la velocidad de procesamiento, la cantidad de frames por segundo que resulten críticos en cada caso y la sensibilidad a la resolución de las imágenes (en píxeles).

Referencias

- [01] Barnard, K., Cardei, V., & Funt, B. (2002). A comparison of computational color constancy algorithms - Part I: Methodology and experiments with synthesized data. *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(9), 972–984. <https://doi.org/10.1109/TIP.2002.802531>
- [02] Canul-arceo, L., López-martínez, J., & Narváez-díaz, L. (2015). Algoritmo rápido de la transformada de Hough para detección de líneas rectas en una imagen. *Fast algorithm of the Hough transform for straight line detection in an image*. *Programación Matemática Y Software*, 7(2), 8–13.
- [03] Viola, P., & Jones, M. (2014). *Robust Real-Time Face Detection*. *Robust Real-time Face Detection*, (May 2004), 2–3. <https://doi.org/10.1023/B>
- [04] Dalal, N., & Triggs, B. (n.d.). *Histograms of Oriented Gradients for Human Detection*.
- [05] Boser, B. E., Laboratories, T. B., Guyon, I. M., Laboratories, T. B., & Vapnik, V. N. (n.d.). *A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers*.
- [06] Felzenszwalb, P. F., Girshick, R. B., Mcallester, D., & Ramanan, D. (n.d.). *Object Detection with Discriminatively Trained Part-Based Models*, 1–20.
- [07] Alexe, B., Deselaers, T., & Ferrari, V. (n.d.). *What is an object?*
- [08] He, K., & Sun, J. (n.d.). *Deep Residual Learning for Image Recognition*, 1–9.
- [09] Redmon, J., Girshick, R., Farhadi, A., & Dataset, A. (n.d.). *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*.
- [10] OpenCV: <https://opencv.org/>, <https://github.com/opencv/opencv>, (2017)
- [11] OpenCV, CameraBridgeViewBase, https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/introduction/android_binary_package/dev_with_OCV_on_Android.html?highlight=camerabridgeviewbase.
- [12] Chen, Peijian, *Moving Object Detection Based on Background Extraction*, IEEE, (2009).
- [13] OpenCV, BackgroundSubtractorMOG2, https://docs.opencv.org/3.4/d7/d7b/classcv_1_1BackgroundSubtractorMOG2.html.
- [14] OpenCV, FindContours, https://docs.opencv.org/3.4.0/df/d0d/tutorial_find_contours.html.
- [15] OpenCV, BoundingRect, https://docs.opencv.org/3.4.0/dd/d49/tutorial_py_contour_features.html.
- [16] Wikipedia, Intersection over Union, https://en.wikipedia.org/wiki/Jaccard_index.
- [17] Wikipedia, Agrupamiento jerárquico, https://es.wikipedia.org/wiki/Agrupamiento_jer%C3%A1rquico.
- [18] OpenCV, Tracking, https://docs.opencv.org/3.4.1/d0/d0a/classcv_1_1Tracker.html.
- [19] OpenCV, TrackerKCF, https://docs.opencv.org/3.4.1/d2/dff/classcv_1_1TrackerKCF.html.
- [20] Wikipedia, Regresión Lineal Simple, https://es.wikipedia.org/wiki/Regresión_lineal.

Aplicación de tecnología blockchain como incentivo para la adopción y gestión de energías renovables en la Argentina.

Guillermo A. Chinni
Facultad de Ingeniería
Universidad del Salvador

Champagnat 1599, Ruta Panamericana Acceso Norte Km.54.5,
B1630AHU Pilar Centro, Buenos Aires, Argentina.
Email: chinni.guillermoandres@usal.edu.ar

Abstract

Blockchain technology could solve some problems associated with the incorporation and management of renewable energy projects. Bibliographical references present the fundamentals of blockchain technology as a novel field, still not widely used in Argentina. Certain cases and fundamentals that were found bibliographical references raise the need to select an appropriate blockchain structure model to be initially implemented in a renewable energy project. At an early stage of adoption, for example at a community level, a private blockchain structure could be the most convenient due to its advantages in terms of instrumentation, transactions speed, configuration according to needs, lower costs and easy adaptation.

Keywords: blockchain, cryptography, renewable energy, distributed energy resources, microgrid.

1. Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías, como es el caso de blockchain (cadena de bloques), posibilita transacciones transparentes, descentralizadas y con mecanismos de incentivos para los usuarios.

En este trabajo se propone aplicar blockchain para gestionar energías de fuentes renovables; tecnología mediante la cual se podría favorecer la oferta energética por medio de sistemas de aprovisionamiento participativo.

La generación de energía fotovoltaica, así como la de otras fuentes renovables, se presenta como una opción para conformar microrredes de generación eléctrica en los segmentos domésticos y comerciales; sin embargo, su

adopción se ha limitado por razones transaccionales y de financiamiento.

En este trabajo se plantea abordar los mecanismos transaccionales entre usuarios a nivel comunidades vinculadas con la generación de energías renovables. Se propone emplear sistemas basados en blockchain y peer-to-peer (P2P), dado los incentivos implícitos que propone esta tecnología para administrar proyectos energéticos en los sectores domiciliarios y comerciales.

La estructura de los sistemas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en la Argentina se ha compuesto históricamente de grandes generadores, transformadores y distribuidores, siguiendo un esquema internacional de tipo tradicional. Este modelo también se ha aplicado a los nuevos proyectos de energías renovables, principalmente vinculados a energía solar, eólica y de biomasa. Bajo este modelo de tipo centralizado, la generación, transformación y distribución se concentra en pocos actores que desarrollan megaproyectos de generación; no obstante, existe un nuevo Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública [1], el cual permitirá a individuos, empresas e instituciones integrarse al mercado energético.

Las energías renovables, como es el caso de los paneles fotovoltaicos, posibilitan la autogeneración energética a usuarios domésticos, así como a empresas pequeñas y medianas empresas (PyME); sin embargo, las variaciones diarias y estacionales en la autogeneración, con picos de oferta o demanda, limitan su adopción en forma aislada, aspecto que plantea la necesidad de

integrar a los usuarios en microrredes por medio de sistemas transaccionales o plataformas.

Recientemente se introdujo en la Argentina la posibilidad de realizar transacciones a nivel usuarios con energía autogenerada a partir del régimen de fomento específico [1], donde diversos usuarios residenciales y privados podrían generar, vender y comprar energía; sin embargo, la adopción de energías renovables en los ámbitos residenciales y comerciales ha resultado ser muy baja.

El abastecimiento energético en la Argentina, de acuerdo a la Ley 27.191, tiene por objetivo que la contribución de fuentes de energía renovables alcance el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional para el 2018 y del 20 por ciento (20%) para el 2025, año en el cual se propone alcanzar los 10 mil megavatios [2].

Para concretar lo establecido en el Acuerdo de París en 2015, con el objetivo de incentivar las inversiones de escala en el marco de la COP21 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), se desarrollaron planes gubernamentales a partir de la Ley 27.191 y del Plan RenovAr, gestionado por el Ministerio de Energía y Minería de la Nación.

Las energías renovables incluidas en el Plan RenovAr incluyen energía eólica, solar térmica y fotovoltaica, geotérmica, hidráulica, mareomotrices, undimotrices, de corrientes marinas, proveniente de biomasa, biogás, plantas de depuración e incluso de biocombustibles.

2. Descripción del problema

La adopción de energías renovables plantea una serie de problemáticas vinculadas a cómo administrar diversas fuentes energéticas y qué tipo de arquitectura tecnológica habría que desarrollar. En caso de implementar blockchain, habría tres arquitecturas posibles: privada, pública o híbrida. Se plantea entonces la problemática sobre cuál sería la arquitectura blockchain más conveniente para una plataforma o sistema que pretenda gestionar energías renovables en la Argentina.

En la bibliografía especializada se detectaron casos de blockchain aplicado a microrredes (microgrids) de generación y distribución de energética provenientes de fuentes renovables. El análisis de las arquitecturas blockchain fue necesario para luego poder seleccionar la más conveniente para ser implementada en nuevos proyectos energéticos.

3. Metodología

3.1. Indagación en bibliografía internacional

El diseño principal de la investigación se basó en la indagación bibliográfica, principalmente de origen internacional, dado que el objeto de investigación ha sido la tecnología blockchain y su aplicación en energías renovables, un ámbito novedoso, todavía no utilizada ampliamente en la Argentina.

La búsqueda de bibliografía se realizó por medio de la plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación Productiva (MINCYT), la cual indexa contenidos en los principales catálogos de publicaciones científicas, para lo cual se ha hecho especial énfasis en aquellas publicadas desde 2016 en adelante; no obstante, se encontraron algunos trabajos previos también.

La Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología tiene acceso desde instituciones habilitadas, a través de Internet al texto completo de 22.956 títulos de revistas científico-técnicas, 29.519 libros, 3.164 estándares, 19.011 conferencias y congresos, y a bases de datos referenciales [3].

Las *palabras claves* empleadas fueron las siguientes: blockchain (cadena de bloques), cryptography (criptografía), renewable energy (energías renovables), distributed energy resources (distribución de energías renovables), microgrid (microrredes).

3.2. Entrevistas y consultas

Como diseño complementario se buscaron casos testigo sobre aplicaciones de tecnología blockchain en energías renovables. A partir de los mismos se realizaron entrevistas y consultas por medios electrónicos a referentes de proyectos, las cuales estuvieron focalizadas en obtener información para poder seleccionar la arquitectura blockchain más conveniente para gestionar proyectos con energías renovables. Entre los consultados, respondió Scott Kessler, director y referente de LO3 Energy, empresa que desarrolló el proyecto Brooklyn Microgrid, el cual produce energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos, donde los residentes autogeneran y comparten energía.

La indagación bibliográfica y los casos detectados permitieron desarrollar los siguientes contenidos:

- Energías renovables gestionadas con blockchain.
 - Fundamentos de la tecnología blockchain.
 - Distribución de recursos energéticos renovables.
 - Antecedentes y casos de aplicación.
 - Arquitecturas de los sistemas blockchain.
- Resultados y discusión
 - Selección de la arquitectura blockchain.
 - Aplicación local de blockchain para gestionar energías renovables.

4. Energías renovables gestionadas con blockchain

4.1. Fundamentos de la tecnología blockchain

La tecnología blockchain o de cadena de bloques se presenta como un avance disruptivo en el ámbito internacional, principalmente en la generación de transacciones monetarias y contractuales, como es el caso de Bitcoin [4], Ethereum [5] y Litecoin [6]. Estas criptomonedas o plataformas poseen una base de datos que es distribuida abiertamente y en la cual las cadenas de bloques son diseñadas para evitar su modificación luego de la publicación de un dato o transacción específica. En su versión original, esta tecnología es adecuada para almacenar en forma creciente datos ordenados en el tiempo, sin posibilidad de modificación ni de revisión posterior. El sellado de datos ocurre en un momento y tiempo específico al ser enlazando a un bloque anterior.

La novedad y la mejora con respecto a concepciones previas son la naturaleza descentralizada del sistema que permite la tecnología blockchain. Las operaciones se realizan por medio de plataformas descentralizadas, lo cual plantea una nueva era operacional que va más allá de los tradicionales pagos y contratos; excede a Estados, instituciones e incluso al funcionamiento de los mercados tradicionales [7] (citado en [8, p.3]).

Los fundamentos de esta tecnología se basan en el desarrollo de la criptografía. Mediante dos niveles de claves de acceso el sistema se autorregula. Una clave de tipo pública y otra clave privada. Las claves públicas nunca están ligadas a una identidad real. Las transacciones, aunque rastreables, están habilitadas sin revelar su identidad. Las claves públicas son direcciones generadas de forma criptográfica y almacenadas en la cadena de bloques. Para el caso del Bitcoin, por ejemplo, cada moneda está asociada a una dirección, y una transacción en la cripto-economía es simplemente un intercambio de monedas de una dirección a otra. El almacenamiento de datos se obtiene mediante la replicación de la información de la cadena de bloques (ver Figura 1).

La transmisión de datos es posible mediante redes P2P (peer-to-peer). La confirmación final de datos se genera por medio de un proceso de consenso entre los nodos participantes. La validación entre participantes es un proceso abierto, competitivo y transparente, donde se emplea un algoritmo de prueba [9].

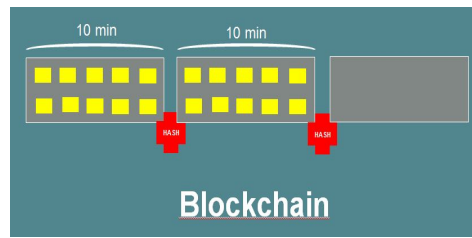


Figura 1: Modelo de transacciones blockchain donde el almacenamiento de datos (color amarillo) se realiza en cadena de bloques enlazados criptográficamente mediante un Hash (color rojo). Cada bloque de datos se completa cada diez minutos, aproximadamente. Basado en Nakamoto [9] para el Bitcoin.

4.2. Distribución de recursos energéticos renovables

Una microrred o microgrid se conforma de un grupo determinado de unidades de generación y consumo de energía que se encuentran interconectadas por medio de un sistema de gestión independiente, aunque tiene la capacidad de conectarse y desconectarse de la red principal, en caso de resultar necesario [10].

En ausencia de una red principal, una microrred podría operar en modo de isla y suministrar energía a sus usuarios; sin embargo, la distribución de recursos energéticos basados en fuentes de energía renovables, como por ejemplo, la energía eólica y solar, presentan nuevos desafíos en materia de gestión, protección y control de sistemas energéticos [11] (citado en [12, p.3027]).

4.3. Antecedentes y casos de aplicación

Blockchain fue inicialmente desarrollado como un mecanismo para registrar transacciones financieras utilizando la criptomoneda Bitcoin; la tecnología blockchain también ha generado un gran interés en otros sectores, incluido las transacciones de energía [13-14] (citados en [15, p.470]).

Los sistemas basados en blockchain contemplan incentivos implícitos para la administración de proyectos energéticos en los sectores domiciliarios, comerciales y de PyME. La tecnología blockchain tiene el potencialmente para transformar el comercio de energía en un mercado descentralizado de electricidad [15].

En el ámbito internacional se han desarrollado al menos diez proyectos de energías que emplean peer-to-peer (P2P), dos de los cuales se complementan

además con tecnología Blockchain, como es el caso de TransActive Grid y Electron [16].

En los sistemas P2P una serie de nodos actúan simultáneamente como clientes y servidores dentro de una red. Las redes P2P permiten el intercambio directo de información entre los ordenadores interconectados.

El primer caso detectado ha sido el de TransActive Grid, una empresa conjunta, o joint venture, entre LO3 Energy y Consensus Systems. Estas empresas desarrollaron Brooklyn Microgrid, proyecto que se define como una comunidad de usuarios que conforman un sistema local para generar y distribuir energía [17]. La denominación proviene de su ubicación, en Brooklyn, EE. UU. El sistema local de generación y distribución funciona principalmente como una microrred. La propuesta se implementa conjuntamente por LO3, un desarrollador de microrredes y ConsenSys, desarrolladores de tecnología blockchain. El proyecto conecta usuarios domésticos que generan energía solar con usuarios que compran electricidad a través de una plataforma blockchain, de esta manera es posible gestionar las transacciones y su registro sin la participación de personal, lo cual puede representarse como un modelo de sistema administración dentro de una comunidad [18].

El proyecto Brooklyn Microgrid produce energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos, donde los residentes autogeneran y comparten energía. La red funciona como si fuese una unidad independiente, interconectada dentro de una comunidad. Cada usuario dispone de paneles fotovoltaicos con un inversor conectado a la red eléctrica local (microrred). La oferta y demanda energética se administra bajo un sistema de blockchain donde se distribuye una base de datos en forma segura, generando un sistema de transacciones de bajo riesgo, reducidos costos por operación y donde se genera valor entre los usuarios.

El segundo proyecto analizado ha sido el de Electron [19] (citado en [16, p. 2567]), el cual se define como una plataforma flexible, descentralizada y compartida para los distintos puntos de suministro de gas y electricidad del Reino Unido, la cual permite facilitar las transacciones de manera rápida en todos los niveles jerárquicos de provisión, desde los tradicionales hasta los sistemas peer-to-peer y de microgrid o isla. Bajo este sistema, cualquier empresa aprobada puede proveer sus servicios. Los protocolos del software son abiertos y disponibles para todos los participantes. Las transacciones se desarrollan vía API y se regulan bajo un marco específico y transparente. La aplicación funciona empleando la red de computadoras o nodos interconectados, sin la necesidad de emplear un servidor central. Se propone incentivar a los *prosumidores*, aquellos que buscan

generar su propia electricidad a partir de activos comunitarios personales o compartidos, o bien comprar energía directamente a través de transacciones entre pares (P2P). Promueven desde la plataforma una producción más democrática para que más actores participen en la propuesta de valor energético.

4.4. Arquitectura de los sistemas blockchain: privada, pública o híbrida.

Según lo analizado por Wu *et al.* [18], la arquitectura de los sistemas blockchain se puede estructurar de tres maneras: de manera privada, en forma pública, o bien como un híbrido que combina la seguridad de una cadena pública de datos con la eficiencia de una cadena privada.

La arquitectura pública utilizada para el caso del Bitcoin, permitió un sistema transparente, descentralizado y seguro por medio de la integración con técnicas criptográficas.

En una arquitectura de tipo blockchain privada el propietario o generador del sistema puede ser una entidad individual, institución o empresa con algún grado de control sobre el sistema para restringir el acceso, determinar condiciones de ingreso y registro, eventualmente también puede editar información, con limitada descentralización, pero con seguridad criptográfica en las transacciones. Las ventajas de este sistema privado es que, en comparación con el blockchain público, es mucho más rápido y barato debido a que no se requiere gastar enormes cantidades de energía, tiempo y dinero para hacer correr el sistema y lograr operaciones validadas y seguras. Plataformas como Multichain [20] permiten opciones para delimitar el alcance de un sistema blockchain, según las necesidades de cada proyecto, pudiendo configurar quienes se pueden conectar, enviar y recibir transacciones, así como quienes pueden crear activos, secuencias y bloques. Cada blockchain puede ser tan abierto o cerrado de acuerdo a cómo se necesite y configure.

El sistema híbrido propuesto por Wu *et al.* [18], propone emplear el aspecto privado de blockchain en cuanto a la verificación precisa de las transacciones que ocurren en una red eléctrica, mientras que el aspecto público lo vincula para identificar la integridad de los datos. A este mecanismo los autores lo denominaron $N + X$, con relación a que existen N nodos privados y X nodos públicos generados por computadoras desde cualquier lugar y en cualquier momento.

La selección de la estructura blockchain más conveniente dependerá del tipo de red que se desea establecer, así como de las posibilidades reales de adopción por parte de los usuarios (ver Tabla 1).

Tabla 1: Características de las estructuras blockchain.
Elaboración propia.

Característica	Blockchain privado	Blockchain público	Blockchain híbrido
Velocidad	Alta	Baja	Media
Acceso	A medida	Libre	A medida
Implementación	Rápida	Lenta	Lenta
Seguridad	Alta	Alta	Alta
Consenso	Variable	Alto	A medida
Descentralización	Moderada	Alta	Moderada
Costos	Bajos	Altos	Moderados

5. Resultados y Discusión

Los casos detectados de Brooklyn Microgrid y Electron fueron tomados como antecedentes de microrredes abastecidas con energías renovables, gestionadas con tecnología blockchain.

A los fines de implementar en la Argentina nuevos proyectos energéticos administrados con plataformas basadas en blockchain, se determinaron previamente las posibles arquitecturas de los sistemas blockchain, para luego poder seleccionar la arquitectura más conveniente para ser implementada en proyectos de energías renovables a nivel local.

5.1. Selección de la arquitectura blockchain

La aplicación de tecnología blockchain para gestionar microrredes abastecidas con energía de fuentes renovables en la Argentina plantean la necesidad de seleccionar una arquitectura determinada, pudiendo ser privada, pública o híbrida. Resulta así conveniente seleccionar el tipo de arquitectura blockchain para iniciar un proyecto energético en la Argentina e incentivar la adopción de energías renovables y facilitar la gestión de sistemas energéticos en microrredes.

En entrevistas realizadas a Scott Kessler¹, director y referente de LO3 Energy, empresa vinculada al proyecto Brooklyn Microgrid, informó la utilización de una *plataforma privada* desarrollada con permisos, donde los datos se almacenan en un libro mayor o base de datos con la cual se gestiona dicho proyecto; no obstante, también están desarrollando otro proyecto denominado Exergy [21]. Este último emprendimiento se presenta como una plataforma de código abierto para el intercambio de datos de energía, de la cual todavía no han publicado detalles técnicos, pero que se desarrolla como un nuevo proyecto con tecnología blockchain.

¹ (S. Kessler [Comunicación personal]. 31 de julio de 2018)

5.2. Aplicación local de blockchain para gestionar energías renovables

Para el caso de la Argentina, en una etapa temprana de adopción, por ejemplo a nivel de comunidades, una estructura de tipo blockchain privada como la mencionada para el proyecto Brooklyn Microgrid podría resultar la más conveniente por sus ventajas en cuanto a instrumentación, mayor velocidad en las transacciones, configuración según necesidades, menores costos y fácil adaptación. Se plantea para estos casos un sistema de transacciones automáticas realizadas por el sistema de gestión o administración, con herramientas de monitoreo y alarmas, donde los usuarios puedan ingresar, previo registro y habilitación, con el propósito de seguir la oferta y demanda de energía de su unidad, así como la de la comunidad o microrred que integran.

Los usuarios podrían configurar así los precios a los cuales desean realizar transacciones para compensar sus necesidades o excedentes energéticos. Esta aplicación, al funcionar como un mercado interno de oferta y demanda de energía, brinda el incentivo para que los usuarios puedan vender sus excedentes para amortizar la inversión realizada, permitiendo también cierto grado de pertenencia a su comunidad e incrementando la oferta energética. De esta manera, la tecnología de gestión se emplearía como una aplicación peer-to-peer con las ventajas en seguridad, trazabilidad y consenso que ofrece la tecnología blockchain. Este sistema también podría configurarse para regular la oferta y la demanda energética en forma automática, considerando un precio competitivo y promedio dentro de la microrred energética, según las variaciones estacionales.

6. Conclusiones

Los casos detectados en la bibliografía internacional demuestran que es posible implementar sistemas de autogeneración energética administradas con nuevas tecnologías basadas en enlaces peer-to-peer integrados con los incentivos que brinda blockchain, particularmente en cuanto a seguridad criptográfica, trazabilidad y consenso.

La posibilidad de autogeneración y autoadministración energética plantea un nuevo paradigma tecnológico, energético y social al fomentar que una comunidad pueda desarrollar y gestionar sus propios recursos críticos de maneras descentralizadas, o al menos más participativas.

La implementación en la Argentina de plataformas basadas en blockchain privado para administrar microrredes podrían incentivar la adopción de energías renovables, complementando así la oferta energética local

con los megaproyectos tradicionales de generación y distribución energética. Resulta así necesario desarrollar nuevas investigaciones tendientes a definir el ámbito geográfico en el cual iniciar estas nuevas experiencias.

7. Agradecimientos

El autor agradece a las siguientes personas por su colaboración: Roberto R. Rodríguez, Nadia J. Peretti, Melina S. Porta, Jorge R. Chinni, Gervasio Barraco Mármol y María Elena Munaro.

8. Referencias

- [1] Senado de la Nación Argentina. 30/11/2017. CD39_17PL. Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. www.senado.gov.ar/parlamentario/parlamentaria/398952/downloadPdfDefinitivo. Consulta 5/3/2018.
- [2] Ministerio de Energía. RenovAr. Plan de Energías Renovables, Argentina 2016-2025. https://www.minem.gov.ar/servicios/archivos/6548/AS_14695676441.pdf. Consulta 10/3/2018.
- [3] Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología. <http://www.biblioteca.mincyt.gov.ar/>. Consulta 1/3/2018 al 30/3/2018.
- [4] Plataforma Bitcoin. <https://bitcoin.org>. Consulta 10/3/2018.
- [5] Plataforma Ethereum. <https://www.ethereum.org>. Consulta 10/3/2018.
- [6] Plataforma Litecoin. <https://litecoin.org>. Consulta 10/3/2018.
- [7] Wright, A., De Filippi, P., "Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia" (March 10, 2015). <https://ssrn.com/abstract=2580664> <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2580664>
- [8] Pilkington, M., *Blockchain Technology: Principles and Applications*. Research Handbook on Digital Transformations, edited by F. Xavier Olleros and Majlinda Zhegu. Edward Elgar, 2016. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2662660>
- [9] Nakamoto, S., "Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system". 2008. URL. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acceso: febrero 2018.
- [10] Jung, J., Villaran, M., "Optimal planning and design of hybrid renewable energy systems for microgrids", In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2017), p:180-191.
- [11] Olivares, D. E., et al., "Trends in microgrid control", *IEEE Trans. Smart Grid*, 2014, vol. 5, no. 4, pp. 1905-1919.
- [12] Pourramezan, R., Seyedi, Y., Karimi, H., Zhu, G., Mont-Briant, M., "Design of an advanced phasor data concentrator for monitoring of distributed energy resources in smart microgrids", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2017 13 (6), 3027-3036.
- [13] The Promise of the Blockchain: The Trust Machine, *ECONOMIST* (Oct. 31, 2015), <http://www.economist.com/news/leaders/21677198-technology-behind-bitcoin-could-transform-how-economy-works-trust-machine> <https://perma.cc/3S4W-E6EU>
- [14] Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers?, PWC, GLOBAL POWER & UTIL. (2016). <https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwblockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf> <https://perma.cc/S5JMGJXK>
- [15] Townsend, K., "Blockchain Technology Impact on Energy Market Transformation: Secured Distributed Energy Transactions in the Cloud", 1 *GEO. L. TECH. REV.* 469 (2017). <https://perma.cc/78RH-8R6N>.
- [16] Zhang, C., Wu, J., Long, C., Cheng, M., "Review of existing peer-to-peer energy trading projects". *The 8th International Conference on Applied Energy – ICAE 2016 – Elsevier, Energy Procedia* 105, (2017), pp. 2563-2568 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217308007>
- [17] Proyecto Brooklyn Microgrid. <https://www.brooklyn.energy>. Consulta 1/6/2018.
- [18] Wu, L., Meng, K., Xu, S., Li, S., Ding, M., Suo, Y., "Democratic Centralism: A Hybrid Blockchain Architecture and Its Applications in Energy Internet", *IEEE International Conference on Energy Internet (ICEI)*, Beijing, China, 2017, pp. 176-181. <https://www.computer.org/csdl/proceedings/icei/2017/5759/00/07926870-abs.html>
- [19] Plataforma Electron. <http://www.electron.org.uk/>. Consulta 5/7/2018.
- [20] Plataforma Multichain. <https://www.multichain.com/>. Consulta 10/7/2018.
- [21] Plataforma Exergy. <https://exergy.energy/>. Consulta 31/7/2018.

Robótica Aplicada a la Enseñanza de la Pediatría

Ing. Jorge Buabud

jbuabud@gmail.com

Ing. Mario M. Figueroa de la Cruz

mfiguero@gmail.com

Francisco Alderete

Franciscoja@live.com.ar

José Alejandro Macedo

macedo.josea@gmail.com

Alejandro Alicata

ale_tecnologica@hotmail.com

Gerardo Sebastián Pérez

perezgerardosebastian@gmail.com

Gabriel Camaño

gncase2@gmail.com

*Dpto. de Ing. en Sistemas de Información – Laboratorio de Robótica Educativa
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
Rivadavia 1050, San Miguel de Tucumán*

Abstract

Este trabajo está enmarcado en el proyecto de investigación PID-UTN Nro. 5022 “ROBÓTICA APLICADA A LA SALUD”, homologado por la Universidad Tecnológica Nacional (UTN). El mismo se lleva a cabo en el Laboratorio de Robótica Educativa de la Facultad Regional Tucumán (FRT). Dentro de las líneas de desarrollo planteadas en este PID, se destaca el diseño e implementación de un robot androide simulador clínico neonatal. Este trabajo es un avance del desarrollo de la plataforma de software que permitirá y facilitará el control y monitoreo de dicho androide, con el objetivo de mejorar las prácticas médicas de estudiantes avanzados o residentes de medicina pediátrica [1] y profesionales afines. El software no solo posibilitará configurar el robot para que simule algunos síndromes mediante la emulación de los signos más significativos, sino que también aportará en forma virtual estudios complementarios, que en su conjunto ayudarán al practicante a determinar un diagnóstico y proponer el tratamiento adecuado. Por otro permitirá la gestión de los usuarios (altas, bajas, modificaciones, consultas), que incluirá los datos personales y los resultados de las

evaluaciones de las prácticas de simulación clínica realizadas.

Palabras claves: simulador clínico, robótica aplicada a la salud, inteligencia artificial.

1. Introducción

La robótica ha tenido un gran crecimiento en los últimos años y su inclusión en la enseñanza de la medicina en las aulas de las principales universidades del mundo, es una realidad que se incrementa día a día. Los alumnos a través de la interacción con robots simuladores [2][3], entenderán la complejidad de su labor profesional, aplicándola a estos robots humanoides que harán de pacientes [4], simulando diferentes síndromes e incluso la muerte.

Un estudio reciente de la Universidad Wisconsin-Madison, en Michigan EEUU [5], concluye que casi la totalidad de los futuros profesionales de la salud, tienen una buena percepción del uso de estos avances médicos basados en la robótica y en la informática, siendo su único inconveniente el alto costo.

Una parte fundamental del proyecto es el desarrollo de una plataforma de software, que

permitirá controlar un bebé androide [6] (figura1) que se está desarrollando en el Laboratorio de Robótica Educativa de la UTN-FRT. Dicha plataforma deberá proveer al practicante, una historia clínica que podrá ser consultada durante la simulación. Además, contará con una base de datos con imágenes de estudios realizados al paciente, los cuales podrán ser visualizados en formato del protocolo DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), que es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para su manejo, visualización, almacenamiento, impresión y transmisión. La configuración del bebé androide fue elaborada por estudiantes avanzados de ingeniería electrónica y de sistemas de información, con la supervisión y colaboración de profesionales ingenieros del Laboratorio de Robótica Educativa y médicos del Centro de Simulación Clínica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT).



Figura 1 – Muñeco utilizado para entrenamiento en RCP, utilizado como plataforma física para armar el robot simulador clínico pediátrico.

Las simulaciones sobre el bebé, más el apoyo de la historia clínica y las imágenes de los estudios realizados, permitirán realizar simulaciones de consultas médicas pediátricas que contribuirán en el aprendizaje práctico de los estudiantes y residentes de la carrera de medicina. Desde luego que no se pretende reemplazar la experiencia con pacientes reales, pero sí constituirá un paso previo y un importante complemento de ésta. Por último, la plataforma de software permitirá guardar calificaciones de los alumnos, con sus datos y la información de las simulaciones realizadas, así también generará reportes sobre estas calificaciones.

2. Problemática actual

Debido a que el ejercicio de la medicina obliga de forma ética y legal a proporcionar el tratamiento óptimo y dar seguridad a los

pacientes, se limita el contacto directo de un estudiante principiante con el paciente, sobre todo cuando se trata de bebés. Una de las debilidades que tiene el sistema universitario de enseñanza de la medicina, es la falta de práctica de los futuros profesionales médicos, en especial en la rama de pediatría, dado que no poseen herramientas que les permita desarrollar las competencias necesarias durante el transcurso del cursado de su carrera, debiendo entrenarse solo cuando hacen sus prácticas en instituciones públicas del área de la salud infantil sobre pacientes reales.

3. Solución presentada

Se propone realizar una plataforma de robótica donde los componentes de hardware y software puedan simular los signos y síndromes en un bebe androide, representando así un caso de consulta pediatra lo más próximo a la realidad posible. De esta manera el alumno dispondrá de una herramienta útil para el desarrollo de sus habilidades. El uso de simuladores en la educación médica, no pretende reemplazar el contacto del estudiante con el paciente sino prepararlo adecuadamente para el encuentro con la realidad, dándole mayor seguridad y habilidad en la realización de procedimientos clínicos con sus pacientes. Un simulador tiene como objetivo recrear y reproducir un fenómeno que se pretende explicar al estudiante. De esta manera tiene la oportunidad de interactuar creativamente con un modelo simulado, exponerse a una situación clínica real y construir desde esta interactividad el conocimiento y el desarrollo de unas adecuadas habilidades y destrezas. Los modelos de simulación presuponen el concepto del aprendizaje por descubrimiento (teoría constructivista del aprendizaje), y no por instrucción programada, creando la oportunidad de "solucionar problemas" en un ambiente de motivación e interés por parte del estudiante. Actualmente asistimos a una revolución en los métodos formativos de las universidades, que están incorporando todo el avance tecnológico, informático y audiovisual disponible para mejorar la formación de los alumnos. El nuevo estudiante de medicina del siglo XXI se apoya cada vez más en todo el soporte multimedia a su alcance para favorecer su formación clínica. Si clasificamos las actuaciones médicas desde el punto de vista de su frecuencia y de su riesgo, las situaciones de baja frecuencia y alto riesgo serían las que más se beneficiarían de un entrenamiento por simulación. De esta forma,

el alumno podrá adquirir conocimientos y habilidades prácticas sin ningún tipo de riesgo para el paciente. Podrá repetir una y otra vez el procedimiento, aprendiendo de sus errores. Es necesario un cambio en la concepción actual de la adquisición de habilidades en medicina, desde el modelo actual del aprendiz, en el que el alumno repite lo que le enseña su maestro en pacientes reales, asumiendo los riesgos inherentes a su inexperiencia, a un modelo basado en el entrenamiento y en competencias.

Como indicadores de calidad para el proyecto se tendrá, el nivel de utilidad, esto indica que a medida que el usuario vaya probando la plataforma de software, se podrá saber cuáles funcionalidades del sistema son de mayor importancia para el usuario; la cantidad de simulaciones que se realicen por día dará como resultado la cantidad de usuarios que se interesaron en el producto; y el indicador de reclamos de los usuarios dará las objetos que se deberían mejorar para satisfacer a estos usuarios, que de alguna manera no les agrada o dificulta alguna funcionalidad o característica del sistema.

3. Usuarios finales

El prototipo tendrá como interesados las facultades de medicina, enfermería y otras profesiones afines, centros de simulaciones clínicas, cursos de capacitación, etc. En general el prototipo está orientado al uso dentro del área educacional de ciencias de la salud.

El sistema contará con tres tipos de perfiles o roles de usuarios, los cuales son:

Perfil Administrador: el administrador del sistema tendrá acceso a todas las funcionalidades del sistema, y será el encargado de cargar los distintos tipos de signos, síndromes y sus valores correspondientes. Además, será el responsable de asignar los usuarios y los perfiles correspondientes.

Perfil Profesor: el profesor será el encargado de preparar el escenario para la simulación, por lo tanto, tendrá acceso al control del robot, también podrá acceder a la historia clínica y a los estudios médicos del paciente, dado que el estudiante puede desear consultar estos módulos, para poder dar un diagnóstico más preciso. Además, podrá acceder al módulo de los alumnos donde podrá guardar las calificaciones de las prácticas.

Perfil Alumno: el perfil de alumno tendrá acceso al diagnóstico médico, historia clínica y los estudios médicos del paciente. Dado que en el diagnóstico médico se podrá recomendar que consulte la historia clínica o los estudios con el fin de incentivar el autoaprendizaje. Es importante resaltar que el alumno solo podrá visualizar la historia clínica y los estudios médicos.

4. Diseño de la arquitectura de la solución

4.1. Plataforma

Se decidió que la plataforma de software sea compatible con los dos sistemas operativos más populares: Windows y Linux, dado que la plataforma de software está pensada para ser utilizada en una primera etapa, desde una PC (figura 2).

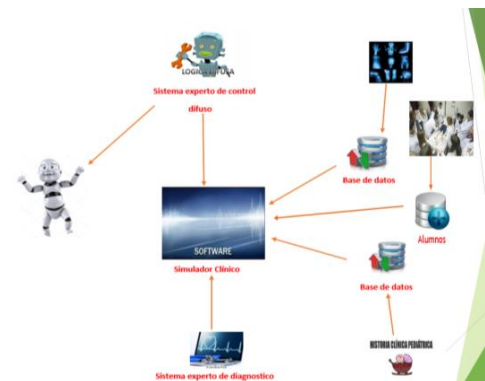


Figura 2 – Esquema de la plataforma de software para el control y diagnóstico del robot neonatal para entrenamiento médico en pediatría.

El Sistema Experto Difuso [7] [8] [9]: cumple la función de controlar los signos que se envían al robot bebe para la simulación. Es muy importante tener bien definidos e identificados a cada signo por su característica, por ejemplo: el signo sobre la temperatura corporal puede tener varios tipos de características (muy baja, baja, normal, alta, muy alta), para poder tener un control de estos signos se utiliza valores de tipo rango donde además de tener identificados los signos por sus características, permite controlar que ese rango se cumpla. De tal modo si se considera un signo Fiebre puede estar asociado a una característica de tipo alta, entonces el rango podrá variar entre 38 y 40 grados de temperatura, para poder controlar que dicha característica se cumpla.

Sistema experto [10] de diagnóstico: este sistema cumplirá con la función de dar un diagnóstico al alumno con el fin de aumentar el aprendizaje del mismo. El alumno seleccionará uno o varios signos que desea consultarle al sistema, entonces el sistema experto le realizará algunas preguntas que deberá contestar para luego pueda realizar una evaluación de las respuestas recibidas, y se emitirá un diagnóstico, que a su vez de ser necesario se le recomendará consultar la historia clínica o los estudios médicos, como así también algún tipo de tratamiento para el diagnóstico encontrado.

4.2. Programación

Para el desarrollo de la plataforma de software se utilizó el lenguaje de programación Java [11] [12] dado que posee herramientas de inteligencia artificial, como ser Sistemas Expertos y Lógica Difusa, por lo que resulta más eficiente utilizar este lenguaje. También se programará en lenguaje Arduino [13], ya que el robot tiene como plataforma microcontroladora una placa ARDUINO.

4.3. Base de datos

El sistema necesita contar con una base de datos para almacenar información importante, como por ejemplo el seguimiento de tareas de todos los practicantes. Se eligió como motor de base de datos a MySQL, por ser muy conocido, multiplataforma y gratuito. Para el diseño de cada una de las bases de datos, se utiliza la plataforma de Workbench dado que es un modelador práctico y tiene conexión directa con el motor MySQL.

5. Funcionalidades del sistema

- a) Gestor de signos y síndromes:
 - Cargar Signos: se deberá cargar un signo con su respectivo nombre antes de realizar la simulación. Ejemplo: fiebre, frecuencia cardiaca, vomito, diarrea (ver figura 3).

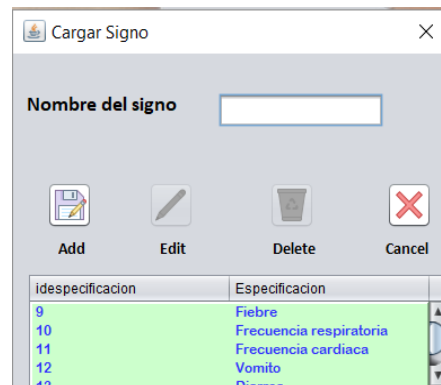


Figura 3 – Carga de signos

- Cargar Síndromes: una vez cargados los signos, se deberán cargar algunos síndromes, como por ejemplo ictericia (ver figura 4).

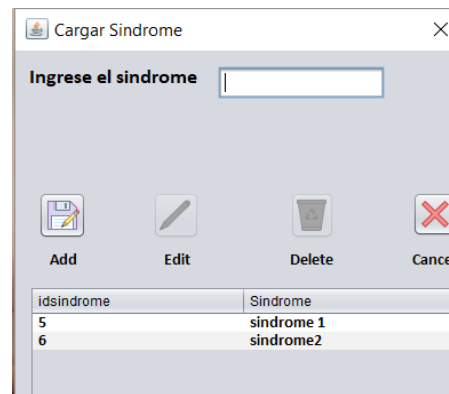


Figura 4 – Carga de síndromes

- Cargar características asociadas a los signos: en esta opción se agrega las diferentes características que un signo puede llegar a tener. Por ejemplo: la fiebre es un signo que puede tener las siguientes características asociadas: hipotermia, hipotermia, temperatura normal, poca fiebre, fiebre alta. (ver figura 5)

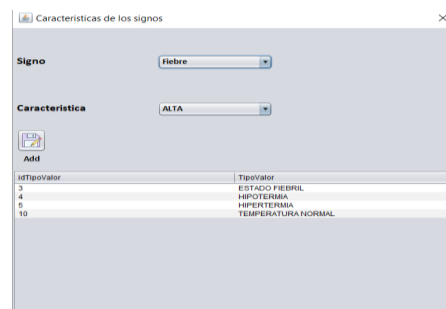


Figura 5 – Carga de características asociadas

- **Cargar signos asociados:** en esta parte de la plataforma, se selecciona el síndrome que se carga previamente, luego se selecciona el signo que se le va a asociar a este síndrome. Después se debe elegir el tipo de valor que toma el signo; los tipos de valores serán dos: booleanos o de tipo rango. Por ejemplo, si se presenta un signo como puede ser vomito, este signo puede tomar solo dos valores un SI o un NO, debido a que un bebé puede o no tener vomito. Si el signo es una fiebre alta el tipo de valor en este caso sería de tipo rango, dado que se necesita definir un rango de valores para poder dar con exactitud lo que sería fiebre alta. Después de seleccionar el tipo de valor se debe seleccionar la característica que tendrá el signo, por ejemplo el signo “frecuencia cardiaca” puede tener como característica “alta”. (ver figura 6)
- Luego se puede elegir en que parte del simulador se alojara el signo (tórax, extremidades, pelvis, etc.).
- De disponer de rango, se le asigna dos valores; después el usuario deberá seleccionar el icono del disquete para ir guardando los signos, que después serán simulados en el módulo del control del robot.

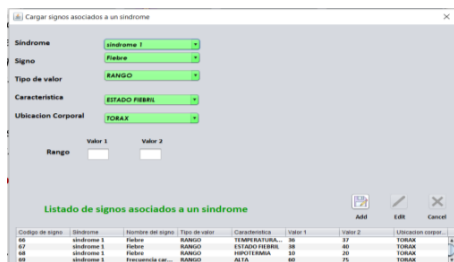


Figura 6 – Carga de signos asociados a un síndrome.

- b) Control de robot:
- **Enviar datos por ubicación corporal:** en este paso el usuario podrá seleccionar la parte del simulador y en una tabla le aparecerán los signos asociados a dicha parte seleccionada. Después el usuario deberá seleccionar un signo y con el botón “agregar”, se irán agrupando en otra tabla los signos que se desea simular. La barra de valor que se encuentra debajo de la tabla de los

signos asociados a las partes del simulador, se utiliza para poder modificar el valor que se está simulando en el robot. Por último, seleccionando en el botón “enviar datos al robot” comenzará la simulación (ver figura 7).



Figura 7 – Sistema de control del robot

- **Enviar datos por síndrome:** esta funcionalidad le permitirá al usuario poder seleccionar un síndrome donde aparecerán todos los signos asociados, y seleccionando en el botón “simular síndrome”, se simularán todos los signos correspondientes a dicho síndrome (figura 8).



Figura 8 – Listado de signos que corresponden a un síndrome y simulación.

- c) **Historia Clínica:** en este módulo el usuario podrá cargar una historia clínica nueva a un paciente en particular, ver o imprimir una historia clínica ya cargada previamente. Este módulo es sumamente importante dado que cuando el alumno este realizando la simulación, podrá consultar la historia clínica para poder dar un diagnostico más preciso. (ver figura 9)

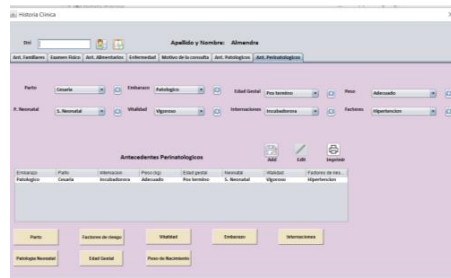


Figura 9 – Historia Clínica

- d) Ver Estudios médicos: en esta parte de la aplicación, el usuario podrá ver los estudios que se le realizaron al bebé robot durante algún tipo de tratamiento, serán imágenes en formato del protocolo DICOM. (ver figuras 10-11)

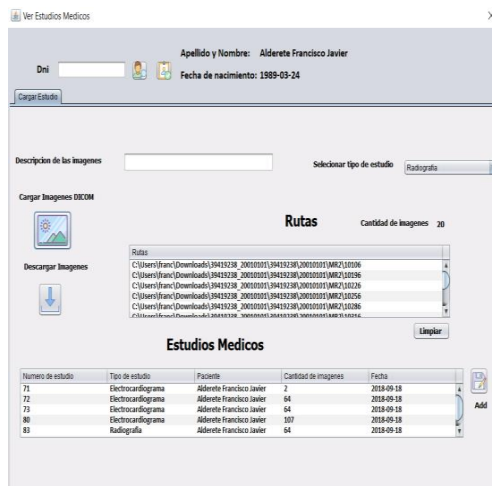


Figura 10 – Visualización de Estudios Médicos



Figura 11 – Ejemplo de Imagen Médica

- e) Gestionar Alumno: en este módulo el usuario podrá agregar un alumno, la materia, los horarios etc. Además se guardarán las notas de los alumnos que realizaron alguna práctica con el simulador clínico bebé.

6. Conclusiones y trabajo futuro

La simulación en la medicina es muy importante porque es fundamental a la hora de poder experimentar situaciones reales sin dañar a un paciente. Con la simulación estamos preservando la integridad y privacidad de la persona enferma. Gracias a este proyecto los alumnos o practicantes de medicina podrán adquirir experiencia al desarrollar conocimiento de pediatría con un bebe androide, previo a realizar las practicas reales.

Una funcionalidad que se piensa agregar más adelante, como un complemento del sistema de simulación, es un módulo de diagnósticos por imágenes, para ello se utilizarán redes neuronales [14] con Deep Learning, donde las neuronas pueden aprender a reconocer irregularidades en las imágenes de los estudios médicos que se le realizaron al paciente y de esta forma dar un diagnóstico de acuerdo con los estudios realizados.

7. Agradecimientos

Agradecemos en particular a los Médicos Luis Rodríguez, especialista en pediatría y Daniel Pero, especialista en cirugía. Ambos actualmente desarrollan sus actividades en el centro de simulación clínica de la Facultad de Medicina de la UNT y forman parte del equipo de investigación del PID-UTN Nro. 5022.

8. Bibliografía

- [1] Gilberto Treviño. Pediatría. Segunda Edición McGraw-Hill Interamericana S.A de C.V. Febrero 2009.
- [2] Martín Hernández Ordóñez, Manuel Benjamín Ortiz Moctezuma, Carlos Adrián Calles Arriaga, Juan Carlos Rodríguez Portillo. Omnia. Robótica: Análisis, modelado, control e implementación. Publisher SL. 2015.
- [3] Srikanth Merianda. Herramientas robóticas de automatización de procesos, automatización de procesos y sus beneficios: Comprender la RPA y la Automatización Inteligente. 29 de Agosto 2018.
- [4] Russell H. Taylor. A Perspective on Medical Robotics. Published IEEE. 2006.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [5] L. Clemares, (20/11/2013), La Robotica en la Medicina, disponible en: https://www.tendencias21.net/telefonica/La-robotica-en-la-medicina_a723.html
- [6] Shripad Shashikant Chopade, Sagar Pradip Kauthalkar, Chaitanya. Bhalchandra Bhandari Robotics in Medicine Applications. S.S Chopade et al. Int. Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). Vol. 3, Issue 5, Sep-Oct 2013, pp.247-251.
- [7] Elmer P. Dadios. Fuzzy Logic – Algorithms, Techniques and Implementations Editorial Intech. 2012.
- [8] Abraham Meléndez, Oscar Castillo, Fevrier Valdez, Jose Soria and Mario Garcia. Optimal Design of the Fuzzy Navigation System for a Mobile Robot Using Evolutionary Algorithms. Editorial Intech. 2012.
- [9] Yaochu Jin and Lipo Wang. Fuzzy Systems in bioinformatics and computational biology studies in fuzziness and softcomputing. Editorial Springer. 2009.
- [10] Amit Konar Computacional Intelligence. Editorial Springer. 2005.
- [11] Virginie Mathivet. Inteligencia Artificial para desarrolladores Conceptos e Implementación en Java de Editorial Eni. 2017.
- [12] Thierry Groussard, Virginie Mathivet. JAVA comprender e implementar los principios básicos de la inteligencia artificial. Editorial Eni. 2017.
- [13] Karthik, L. Durga Parameswari, R. Harshini, A. Akshya. Survey on IOT and Arduino Based Patient Health Monitoring System. B.N. Internacional Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Techonology. 2018.
- [14] Rossana M. S. Cruz, Helton M. Peixoto and Rafael M. Magalhães. Artificial Neural Networks and Efficient Optimization Techniques for Applications in Engineering. Editorial Intech. 2010.

Propuesta de análisis de sentimientos de sitios web comunicacionales de Educación Superior. Un estudio del contexto regional.

Sonia I. Mariño, Silvina Podesta, Jaquelina E. Escalante

Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura,

Universidad Nacional del Nordeste, 9 de Julio 1449, Corrientes, Argentina

simarinio@yahoo.com, sipodesta@yahoo.com.ar, jaquelin_escalante@hotmail.com

Resumen

Uno de los retos de la Inteligencia Artificial del siglo XXI es reflexionar en torno a vínculos entre los sujetos –productores y consumidores de tecnologías, y éstas últimas. En un intento de explicar y comprender a los seres humanos ha surgido como tecnología de la Inteligencia Artificial el Análisis de Sentimientos, integrando teórica-metodológicamente conceptos y herramientas del Procesamiento de Lenguaje Natural y Aprendizaje de Maquinas. En el artículo se expone un caso de estudio preliminar del análisis de sentimiento aplicado a sitios web de comunicación institucional en espacios de educativos de la región.

Palabras Clave- Inteligencia Artificial, Análisis de Sentimientos, Educación Superior.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 TIC en Educación Superior

La tecnología, ha sido tematizada como problema social en las últimas décadas, pasando a ocupar un lugar destacado en los medios de comunicación, los foros públicos y las agendas políticas. Con el intenso desarrollo tecnológico actual, se ha hecho especialmente evidente la estrecha dependencia de la economía, las instituciones y las formas de vida respecto de artefactos y procesos tecnológicos [1].

Con el mencionado cambio en las comprensiones públicas y académicas, entre finales de los años 60 y principios de los 70, se configuraron nuevos paradigmas en educación, como es el uso de las TIC; brindando herramientas para la adquisición del conocimiento mediado tecnológicamente [2, 6].

Para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual, las instituciones de educación superior deben flexibilizarse y desarrollar vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de comunicación y formación. Paralelamente es necesario aplicar una nueva concepción de los alumnos-usuarios, así como cambios de rol en los profesores y en personal administrativo en relación con los sistemas de comunicación y con el diseño y la distribución de la información.

Lo expuesto implica modificaciones en las tendencias de comunicación hacia un modelo más flexible. Para entender estos procesos de cambio y sus efectos, así como las posibilidades reflejadas en los sistemas de Educación Superior que conllevan los cambios y avances tecnológicos, conviene situarse en los procesos de innovación

1.2 Análisis de Sentimientos

La Inteligencia Artificial, disciplina que formalmente nació en la década de 1950, ha tenido un vasto recorrido. A través de estos años han surgido y evolucionado las distintas tecnologías que la comprenden, dando lugar en numerosos casos a modelos híbridos que surgen de integrar algunas de sus áreas de conocimiento.

Actualmente dada la exposición de datos, información y conocimientos disponibles en la red de redes, uno de los retos de la IA en el siglo XXI gira en torno a capturar, analizar y reflexionar en torno al contenido semántico disponible. Es decir, el texto de los sitios web refleja cuestiones de género, edad, personalidades, sentimientos, entre otras variables de quienes los elaboran.

El Análisis de Sentimientos (AS), también se denomina como Extracción de Opiniones, Minería de Opiniones, Minería de Sentimientos o Análisis Subjetivo trata el estudio computacional de opiniones, sentimientos y emociones expresadas en textos [4, 5, 7, 9, 10, 11, 13].

El AS surge de integrar teórica-metodológicamente conceptos y herramientas del Procesamiento de Lenguaje Natural y Aprendizaje de Maquinas.

En la web se disponen de una diversidad de herramientas una de ellas es UClassify [8].

1.3 Enfoque del trabajo

A partir del marco teórico expuesto, el objetivo del presente trabajo es indagar en herramientas comprendidas en recuperación de información y análisis de sentimientos, como uno de los retos de la Inteligencia Artificial en el siglo XXI, y diseñar un estudio aplicado a un contexto de Educación Superior de la región NEA.

Se diferencia la recuperación de datos y la recuperación de información [3]. La primera intenta

recuperar todos los objetos que satisfacen claramente unas condiciones definidas expresadas mediante una expresión regular o una expresión del álgebra relacional [Baeza-Yates,99 citado en [3]].

La recuperación de información y el análisis de sentimientos han sido planteados como retos de la Inteligencia Artificial en el siglo XXI. Esto se debe a la explosión de datos y su disponibilidad en la web.

En [12] se analizan los sentimientos en un entorno de aprendizaje. El trabajo involucra el tratamiento preliminar de análisis de sentimiento. Lo expuesto se justifica en la hipótesis que el género y el estado anímico -entre otras características de los sujetos redactores- implícitamente se refleja en el contenido desplegado en los sitios web institucionales.

Además, cuestiones de género se tratan en numerosos proyectos y estudios vigentes, ilustrando las relaciones de estos aspectos sociales y las TIC, enmarcados en la sociedad del conocimiento.

Por ello se aplicará una herramienta disponible en la web que permitiría realizar un análisis de género y estado emocional del texto disponible en los sitios web de comunicación institucional dependientes de una Universidad. Cabe aclarar que el texto desplegado en los sitios web es elaborado por humanos.

II. Metodología

En el trabajo se aplicó un método integrado por las siguientes fases:

- Selección de herramientas en línea orientadas al análisis de sentimientos.

En la web se localizan una diversidad de herramientas. En [7] se presenta un análisis de varias de ellas.

Particularmente, se optaron por distintos clasificadores provistos por la herramienta uClasify. Como inconveniente se explicita que funciona como una caja negra. Su parametrización implica la codificación, tema propuesto a futuro.

uClasify, brinda una diversidad de clasificadores que analizan en particular el texto seleccionado. Cabe aclarar que se eligieron algunos de los cuales se explicitan que NO trabajan con texto en inglés; dado que el contenido de las web seleccionadas se encuentra en idioma español.

Las herramientas de análisis de sentimientos, como otras comprendidas en inteligencia computacional, funcionan en dos modalidades entrenamiento y clasificación. Para la obtención de los resultados expuestos en el presente documento, se utilizaron en el segundo modo.

La herramienta implementa en su núcleo un clasificador Naïve Bayes multinomial, descrito en Mitchell (1997), fundamentado en el teorema de Bayes. Incluye un par de pasos que mejora aún más la

clasificación (NB complementaria híbrida, la normalización de la clase). Como resultado de las clasificaciones, genera las probabilidades -en el rango [0-1]- de un documento perteneciente a cada clase. El resultado permite establecer un umbral para las clasificaciones. A fin de ejemplificar las clasificaciones de más del 90% se consideran spam. El uso de este modelo también permite que sea muy escalable en términos de tiempo de CPU para la clasificación.

- Aplicación de técnicas para el relevamiento de los datos

Los datos analizados por los clasificadores provinieron de los contenidos de sitios web institucionales de una Universidad Argentina pública. Se recopilaron las direcciones URL. Se incluyeron en las herramientas de clasificación y se obtuvieron resultados.

- Aplicación de técnicas para el análisis de los datos

Las herramientas de análisis de sentimientos seleccionadas, brindan datos porcentuales que pertenecen a distintas categorías. Se utilizan técnicas cualitativas a fin de explorar que representan estos valores situados en el contexto de aplicación. Cabe aclarar que el análisis de los resultados permitió elaborar inferencias preliminares, las que podrían corroborarse con datos reales en un futuro. Es decir, en el estudio se recurrió a técnicas interpretativas a fin de analizar y reconstruir la información producida por el clasificador.

Se obtuvo un documento con información de carácter:

- Interpretativa, que explicita una mirada retrospectiva -vinculada al contenido disponible en cada una de las webs institucionales- y
- Proyectiva, -planteada en una futura corroboración con datos reales con la finalidad de facilitar una lectura más sistemática del conocimiento plasmado como contenidos en los web de comunicación institucional.

Muestra

La técnica de muestreo aplicada se basó en el muestreo aleatorio simple e intencional o de conveniencia. Se elaboró un listado de las distintas dependencias de la Universidad. Finalmente. La muestra se conformó con el sitio web institucional de la Universidad y aquellos pertenecientes a las Facultades.

III. Resultados

Uno de los retos de la Inteligencia Artificial a través de diversos algoritmos computacionales es identificar, extraer y analizar la información disponible en diversos medios de comunicación del siglo XXI como son las redes sociales y los sitios web.

Los espacios de Educación Superior se constituyen en un riquísimo origen de datos para aplicar tecnologías de la IA, dado que permiten elaborar inferencias y a partir de allí mejorar el posicionamiento institucional, ya sea para captar nuevos sujetos o favorecer su permanencia en estos espacios de formación.

Por lo expuesto, a continuación se presentan distintas tablas que concentran los valores porcentuales derivados de aplicar diferentes clasificadores automáticos de texto, que utilizando la semántica implícita en los contenidos web proponen el análisis de sentimientos contemplando criterios como el género y los sentimientos de aquellos sujetos que elaboran noticias.

Las herramientas de procesamiento de textos seleccionados se encuentran comprendidas en la denominada clasificación binaria de la actitud de un texto. En el estudio, estas categorías pueden diferenciarse en femenino y masculino (Tabla 1) y en positiva o negativa (Tabla 2). Según el caso, también puede existir el neutro.

Lo expuesto precedentemente indica que el análisis de texto permitiría inferir si éste se redacta por una persona del género femenino, masculino o no es posible diferenciar, y si se encontraba ante una actitud positiva, negativa o neutra.

Cabe aclarar que estudios enfocados en cuestiones de edad u otras variables implicarían una tarea más compleja siendo viable la multclasificación de un texto según el grado de polaridad de la actitud

En las Tablas 1 y 2 sintetizan la clasificación binaria de textos en idioma español utilizando como método de aprendizaje el algoritmo Naive Bayes.

En la Tabla 1 se expresa la actualización de noticias por sitio web según género. Se detecta que en el 23,08% de los casos analizados las noticias se actualizan de igual manera por varones o mujeres. Por otro lado se diferencia un alto porcentaje de elaboración de contenidos por mujeres que representa el 53,85%, siendo un 23,08% restante realizado por varones; como se observa en el Grafico 1.

Tabla 1.
Tipología por género en sitios web comunicacionales

Sitios pertenecientes a	Mujeres	Varones
Educa1	48	52
Educa2	9	91
Educa3	61	39
Educa4	42	58
Educa5	50	50
Educa6	56	44
Educa7	70	30
Educa8	94	6
Educa9	92	8
Educa10	67	33
Educa11	97	3
Educa12	50	50
Educa13	50	50

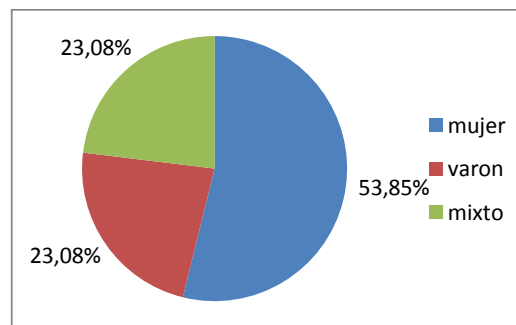


Gráfico 1: Tipología por género de actualización de noticias

La Tabla 2 resume la *Tipología por sentimientos* estimada por el clasificador que determina si el contenido del sitio analizado es positivo o negativo. La herramienta uCclasify es adecuada para analizar textos cortos y largos (tweets, estados de Facebook, blogs, comentarios de productos, entre otros). La clasificación se basa en un modelo entrenado con 2,8 millones de documentos con datos provistos por Twitter, Amazon opiniones y críticas de películas.

Según se observa en la Tabla 2 y en el grafico 2, el nivel de contenido se expresa mayoritariamente en positivo con un valor del 84,62% frente al 7,69% que indica cierta tendencia a expresiones negativas. Un análisis en profundidad en la Tabla 2 permite distinguir que unos de los sitios (Educa2), afecta a las estimaciones de la herramienta.

Además, el clasificador determinó que el sitio denominado como Educa5 presenta en igual porcentaje

expresiones positivas y negativas representando el 7,69% restante de los resultados obtenidos (Gráfico 2).

Tabla 2.

Tipología por sentimientos de los sitios web analizados

Sitios pertenecientes a	Positivo	Negativo
Educa1	100	0
Educa2	82	18
Educa3	100	0
Educa4	100	0
Educa5	50	50
Educa6	100	0
Educa7	100	0
Educa8	100	0
Educa9	100	0
Educa10	100	0
Educa11	100	0
Educa12	100	0
Educa13	100	0

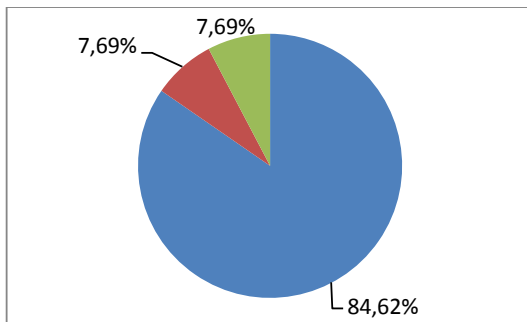


Gráfico 2: Aceptación por contenido presentado en los sitios web

IV Conclusiones

Se presentó un estudio interdisciplinar con intención de vincular distintos campos de conocimientos que involucran las tecnologías y las ciencias sociales. El primero representado por las Tecnologías de la Información que conforman una herramienta de la sociedad del conocimiento, y el segundo abordando estudios preliminares de género y emociones de quienes son responsables de transmitir información a través de sitios web institucionales.

La indagación se realizó utilizando métodos de aprendizaje automático (Machine Learning), en particular se optó por el algoritmo Naive Bayes, aplicado a la recuperación de textos disponibles en sitios web institucionales de una Universidad Argentina. El estudio se situó en un análisis de

sentimientos preliminar, entendiéndose como uno de los retos de la Inteligencia Artificial en el siglo XXI.

Los resultados obtenidos por estos métodos automáticos se confrontarán con la realidad, de modo que una pesquisa determine la proximidad de los porcentajes estimados por la herramienta de clasificación con respecto a los valores reales medibles en los sujetos responsables de actualizar la información disponible en los mencionados sitios web institucionales.

También, se podría plantear determinar ciertos aspectos de un texto y sus sentimientos asociados atendiendo a otras variables.

A fin de profundizar en el análisis desde una mirada psicológica se podría trabajar interdisciplinariamente con un especialista en comportamientos humanos, quien aportaría en la definición de características de género y emoción que incidirían en la redacción de noticias o contenidos disponibles en la web de espacios de Educación Superior. Éstos estudios preliminares podrían corroborarse utilizando alguna herramienta de análisis de sentimientos.

Desde una mirada computacional, se propone:

- Analizar el comportamiento de distintos algoritmos o herramientas de clasificación utilizando el contenido tratado en este documento, así como incluir otros atributos atinentes a los contenidos o redactores, a fin de proponer soluciones que podrían elevarse a los responsables institucionales con miras a la mejora de la imagen institucional.
- Aplicar técnicas de análisis de sentimientos previo al despliegue de cada sitio web en Internet y así evaluar la calidad de los datos utilizados para comunicar la información. Lo expuesto permitiría diseñar estrategias institucionales orientadas a mejorar la reputación organizacional y lograr una comunicación asertiva hacia el potencial auditorio.
- Avanzar en la definición de una interfaz de usuario para la generación de esta información de apoyo a la toma de decisiones destinada a los gestores universitarios a fin de asegurar experiencias de usuarios satisfactorias en los consumidores de información institucional.

Para finalizar se cita a Aristóteles quien sostuvo: "El problema de una emoción no es sentirla, sino saber cómo usarla".

Referencias

- [1] J. A. López Cerezo, J. L. Luján, Filosofía de la Tecnología *Revista Internacional de Filosofía. Tecnos* Vol. XVII/3 1998. Pág. 17
- [2] B. Fainholc, *La interactividad en la educación a distancia*. 1999, 1ra Edición, Bs As. Paidós
- [3] J. A. Olivas Varela, Las técnicas de Soft-Computing en la recuperación de información, 2011. Primer Seminario Doctoral en Aplicaciones y Transferencia de la Inteligencia Computacional (SEMÁTICA 2011) Disponible en http://eventos.citius.usc.es/sematica2011/PDFs/traspas_JAngelOlivas.pdf
- [4] J. A. Olivas Varela, Algunos retos para la IA del Siglo XXI. Seminario de Posgrado, Misiones, 2016.
- [5] B. Pang & L. Lee, Opinion Mining and Sentiment Analysis. *Found. Trends Inf. Retr.*, 2008, 2(1-2):1-135.
- [6] R. Palomo López, J. Ruiz Palmero y J. Sánchez Rodríguez. Las TIC como agentes de innovación educativa. Junta de Andalucía. [En Línea] Disponible: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/publicaciones/nntt/TIC_como_agentes_innovacion.pdf, 2006.
- [7] J Serrano-Guerrero J. A. Olivas, F P. Romero, E. Herrera-Viedma Sentiment analysis: A review and comparative analysis of web services, *Information Sciences* 311 (2015) 18-38
- [8] uClassify, <https://www.uClassify.com/>
- [9] R. Valitutti, “WordNet-Affect: an Affective Extension of WordNet”, en In Proceedings of the 4th International Conference on Language Resources and Evaluation, [En línea]. Disponible en: <http://wndomains.fbk.eu/publications/lrec2004.pdf>, 2004
- [10] A. Esuli & F. Sebastiani “SentiWordNet: A Publicly Available Lexical Resource for Opinion Mining”. [En línea]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.380.8135&rep=rep1&type=pdf> [Accedido: 26-oct- 2016].
- [11] M. M. Bradley & P. J. Lang, “Affective norms for English words (ANEW): Instruction manual and affective ratings”, [En línea]. Disponible en: <http://www.uvm.edu/pdodds/teaching/courses/2009-08UVM-300/docs/others/everything/bradley1999a.pdf>, Citeseer, 1999, [Accedido: 26-oct- 2016]
- [12] L. Aballay, S. Aciar & E. Reategui “Propuesta de un Método para Detección de Emociones en E-Learning” *44 JAIIO - ASAI 2015*, [En línea]. Disponible en: <http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/asai121-128.pdf>. 2015. [Accedido: 26-oct- 2016]
- [13] R. Hernandez Petlachi & X. Li, “Análisis de sentimiento sobre textos en Español basado en aproximaciones semánticas con reglas lingüísticas”. *Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural (SEPLN)*. [En línea]. Disponible en: http://www.sepln.org/workshops/tass/2014/papers/4.CINVESTAV_IPN.pdf. 2014. [Accedido: 26-oct- 2016]

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

An Approach to Automatic Information Extraction in Social Aid Texts

Braian R. Varona¹, Claudio Aciti², Maria R. Dos Reis², and Moisés E. Bueno²

¹ISISTAN-CONICET, UNICEN, Paraje Arroyo Seco - University Campus, CP7000, Tandil, Buenos Aires, Argentina

²INTIA, UNICEN, Paraje Arroyo Seco - University Campus, CP7000, Tandil, Buenos Aires, Argentina

Abstract

This article provides a hybrid method to extract automatically the relevant information found in social aid texts. To do so, a matching algorithm —that allows to find resource coincidences from an external database— is combined with a text representation model based on the formulation of linguistic patterns to make possible the interpretation of textual contents. Tests were focused on evaluating the accuracy in the automatic extraction of the information, yielding encouraging results.

Keywords– Knowledge Management, Information Extraction, Natural Language Processing, Computational Linguistics, Social Aid.

1. Introduction

Knowledge is a resource of strategic significance for organizations. Knowledge management allows superior performance, encourages innovation and improves value for the customer [1]. Nowadays, the great amount of documents of various types available in an organization is extensive and continues growing every day, resulting in a significant volume of information generated and stored in digital format, especially in the field of social networks and the Internet.

This research aims to solve the problem related to the automatic detection of specific information in texts written in Spanish, in a context of social and solidarity support. Many people use the Internet as a mean to make donations, interacting with organizations involved in social aid. These organizations, through their media (web pages, social networks, emails and mobile applications), generate a large amount of digital information in unstructured format with the messages they receive from users who wish to donate or receive all kind of *resources*, such as clothing, food, technology, and even cash. These are tangible and/or intangible properties that represent the relevant information and constitute knowledge in these type of organizations.

The validation and control process forces those entities members to periodically review the messages received by the different electronic means and verify manually which resources are being donated and/or needed, as well as their respective amounts, because there is not an automatic way to identify these elements. The extraction of specific information from texts has been approached by several authors and there are interesting contributions [2], [3], [4], [5], [6], but most of them are written in English and specialized in other fields.

The goal of this paper consists in the development of an approach that allows to extract automatically the relevant information in social aid texts, so in this way processes can be optimized and the efforts shall be reduced.

This method tries to make the extraction process automatic by using linguistic analysis techniques and Natural Language Processing (NLP), that are mainly focused on a main area of study. In this way, it shall be possible for such techniques to fully adjust itself to their requirements and features [7].

The solution proposed is being deployed by Asociación Civil Proyecto Koinonía [8] in the resource management tool called AYUD@RG, serving Non-Governmental Organizations (NGOs) and the community in general at Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires [9].

Firstly, we will give an overview of the information extraction task and the NLP techniques. Secondly, in the third section, we will explain our approach to finally solve the case described above. Later on, the results achieved by our method shall be studied upon a set of texts we have chosen as tests. Lastly, and more precisely on Section 5, the most relevant conclusions and possible future works shall be given.

2. Conceptual Framework

2.1. Information Extraction

Information Extraction (IE) is the task responsible for locating the parts of a given text containing relevant information covering users necessities and providing such information in an appropriate manner. In other words, an information extraction system finds and links the relevant information, while ignoring the odd and irrelevant one [2]. It identifies the specific fragments of a document or, in general, of any set of knowledge, which constitute its main semantic content.

IE technology is the activity that concerns processing human language texts by means of Natural Language Processing (NLP). This technology have brought about a technological revolution in the fields regarding information retrieval and its purpose is to facilitate users the extraction of useful information [10].

The traditional way of extracting information from documents has always been the analysis and manual

extraction of it. Through the IE, what is sought is to automate the extraction process and produce a structured and fixed format output. Normally, the data obtained can be displayed directly to the user or stored in a database for further analysis.

2.2. Basic Components of Text Analysis

This section itemize the four basic components of any NLP technique. As mentioned in [11], these text processing tasks help to optimize the tasks of information recognition and extraction.

- **Lexical analysis:** it is the process in charge of examining and dividing the text in a series of lexical components —also called tokens¹ or symbols— belonging to the original language in which the text has been written. Another task performed as part of the lexical analysis is the morphological labeling (PoS, Part-Of-Speech tagging) [12].
- **Syntactic analysis:** the objective of a parser is to determine if a sequence of lexical components or tokens meet a certain grammatical structure. That is, it verifies that a given sentence is well constructed following the grammatical rules of the analyzed language.
- **Semantic analysis:** the objective of semantic analysis is to determine the meaning of sentences unambiguously [13].
- **Pragmatic analysis:** pragmatics is the branch of linguistics dealing with the relationship between words and the context where they are used, to determine how that context influences the interpretation of meaning [14].

2.3. Pattern Matching Recognition

Since their inception in the 1950s, the NLP techniques needed for the information extraction have been addressed by using different techniques of a symbolic nature based on rules employments —or any other similar ways of representation—, that encrypt our domain knowledge and that have been carried out by experts in the current field of study [15], [16]. These approximations are knowledge-based, similar to the traditional models of Artificial Intelligence, which require a preliminary phase for the study and the analysis of the domain, so that experts can identify and describe its regularities by applying specific rules. From a methodological point of view, it is a bottom-down approach, since it tries to apply the developed models on the given texts.

The approach based on the comparison or the exact recognition of patterns is one of the most frequently used to carry out the recognition and extraction task [17], [18]. This method aims to classify data based upon certain knowledge that has been acquired *a priori*. Some of the most used techniques to this end are grammar or transition networks. Their main objective is to determine the structural links of the parsed texts. Furthermore, these techniques use a

¹A token is a string of characters that has a consistent meaning in a certain language

morphological tagger for finding the syntactic categorization and the contribution of any other lexical features.

Thus, taking as a reference the transition network, the morphological tagger and the original text, the analyzer tries to recognize chains that are derived or constructed from the network structure. Lastly, the recognition is considered positive when a state of approval or final state is finally reached.

3. Approach

The method was conceived on the basis of combining two techniques for the extraction of the relevant information in the texts: a matching-based strategy that allows finding matches of resources from an external knowledge source; and, a second technique of grammatical interpretation, which is based on the formulation of extraction patterns and on the theory of transition networks [19] to extract the information itself.

Figure 1 shows the logical architecture of the IE method. Moreover, in this Section the delineation of all the modules we have included in this method shall be given.

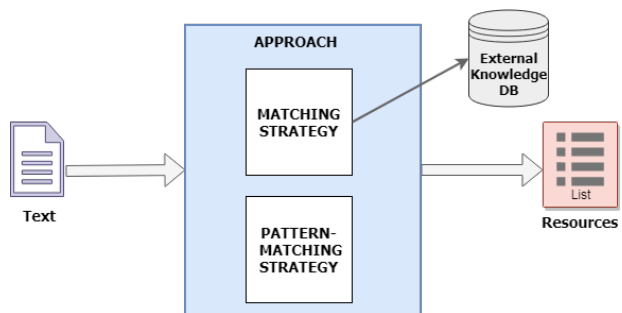


Figure 1. Method Components.

3.1. Matching Based Strategy

This strategy consists of using a matching algorithm for the detection of material resource matches, comparing the terms contained in the input text with a resource database, which provides a source of knowledge external to the method for the improvement of the process. As indicated in [20], the external knowledge source provides some additional information to help determine which elements of the input texts are relevant for the extraction process and how they are related to certain semantic classes.

Figure 1 shows that the Matching Strategy module uses an external database, having a great amount of resources; i.e., from simple terms (ropa, ventana, mochila) to compound phrases (agua mineral, dulce de leche, secador de pelo). Thus, the algorithm lies in comparing the strings between phrases or words from the text and those resources stored in the database.

Anyhow, it should be noted that during the matching process, the match between the words must be exact; i.e., that all words or phrases must match to some of the resources stored in the database. Partial matching may be a good

choice for terms that are not written the same but have the same meaning, though it would probably make errors pop-up (when the resource is a compound phrase). This can be seen in Figure 2.

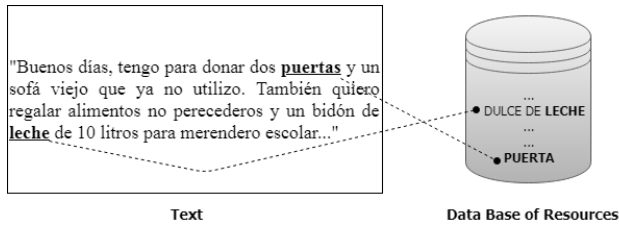


Figure 2. Searching for matches between the text and the database using partial matching.

As can be seen, in the first case the objective is accomplished because the words “puerta” and “PUERTA” belong to the same element. Nevertheless, in the second case, even if there is a partial matching between “leche” and “DULCE DE LECHE” they are not equivalent resources. Therefore, you will an error will be produced. The algorithm based on coincidences detection consists of two phases: the preprocessing of the text and later, the detection of coincidences between the resources contained in the external database and the terms of the text.

3.1.1. Preprocessing: In this phase, a series of filters or transformations are applied to the original text to normalize its content in a way that represents one or more aspects of its meaning. Those filters used for the text processing shall be applied as follows:

- 1) **Extraction of tokens:** is the process that is responsible for segmenting the text into simple or compound words in units called tokens. It includes the treatment of all the elements of a text.
- 2) **Remove stop-words:** it refers to the process of removing from texts the words lacking in meaning, which are repeated frequently in most texts, and do not provide valuable information.
- 3) **Remove diacritical and punctuation marks.**
- 4) **Conversion of uppercase letters to lowercase.**
- 5) **Stemming:** reduces each word of the text to its morphological root (stem). It is a process of linguistic normalization in which the different forms that a word can adopt are reduced to a single common form [21].

3.1.2. Coincidence Detection: Once the previous step has been done, the matching phase between the resources present in the source of knowledge external to the system and the preprocessed text is carried out. In this case, the algorithm analyzes each of the resources found in the database, applies the preprocessing to each one of them and, then, compares them with the normalized text, in order to determine if there is a match with a word or portion of the text.

Even though this technique has positive results, it will not solve the current problems because it is not able to predict those resources that have not been previously stored in the external database, nor getting the quantities associated to such elements. Therefore, a complementary method will be

needed, a method that will add value to the resource detection process.

3.2. Pattern Recognition Based Strategy

The pattern recognition based strategy is an alternative method to the algorithm based on matching for the automatic extraction of specific information. It is a predictive method which analyzes the grammatical structure and the syntactic features of the text for extracting the relevant information, using a set of extraction patterns.

In this case, the algorithm starts from textual information in natural language and then a set of tasks that can be grouped into three stages are executed: preprocessing, extraction of relevant information and refinement (Figure 3).

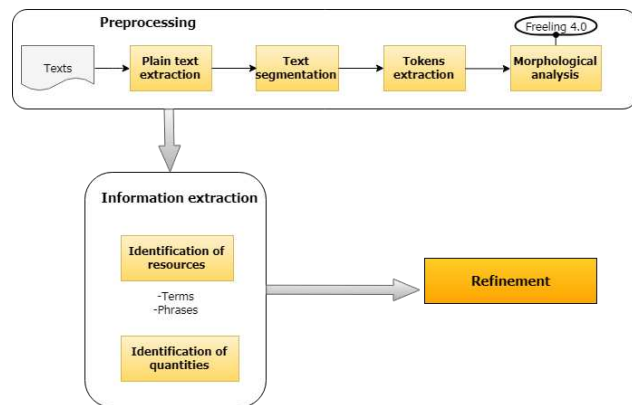


Figure 3. Phases of the Strategy Based on Pattern Recognition.

3.2.1. Preprocessing: In this phase, a set of NLP tasks and text analysis are performed to obtain information about it and help to reduce the complexity of the system. Those actions used for the text processing shall be applied as follows:

- **Plain text extraction.**
- **Text segmentation:** consists of dividing the text into paragraphs and sentences, which are segmented using an algorithm to determine their boundaries.
- **Tokens extraction.**
- **Morphological analysis:** it consists of providing morphological information of each one of the tokens identified in the text.

3.2.2. Extraction of Relevant Information: The information extraction module represents the core of the proposed method, since this is where the relevant information contents are extracted. In this stage, all the syntactic information obtained in the previous phase is taken into account.

The extraction process consists of determining those terms or phrases of the text that represent elements or material goods. For the identification of this type of information, a set of extraction patterns was manually defined, based on the analysis of the occurrences of resources in specialized texts. In this case, the use of morphosyntactic patterns formulated from a set of grammatical categories has been chosen [22].

In the selection of the relevant grammatical categories for the identification of resources, it was taken into account that

these elements correspond to noun phrases. Table 1 shows the grammatical categories texts considered by the extraction patterns in Spanish texts.

Table 1: Grammatical categories.

Grammatical category	Example
CN: common noun	puerta
QA: qualifying adjective	grande
CC: copulative construction	y
FC: comma	,
FP: period	.
Z: integer	3
DI: indefinite determinat	un / una
DP: possessive determinat	mi
SP: preposition	con
V: verb	donar
*: any other grammatical category	mucho

Regarding verbs, only terms that through their semantic features provide information that can be significant to identify the relevant information in the texts have been considered. The verbs considered by the extraction patterns are the following:

- Critical verbs (V_i) = {dar, donar, recibir, entregar, regalar, tener, ayudar, otorgar, precisar, solicitar, pedir}

For the extraction of quantities were considered the integers and some undefined determinants that express quantity. These grammatical categories are included in the formulation of the morphosyntactic patterns for obtaining this type of information. Table 2 describes the morphosyntactic patterns selected to extract the information of interest. These patterns make up an extraction grammar that will be used to capture the information itself.

Table 2: Formulation and exemplification of some linguistic patterns.

Linguistic patterns	Examples
(Z DI DP) + CN	un sofá - dos sillas
V + (Z DI DP) + CN	quiero donar 3 libros
(Z DI DP) + CN + QA	una cocina eléctrica
(Z DI DP) + CN + SP + CN	1 ventilador de techo
* + V + CN	hola, tengo ropa...
* + V + (CN + FC)+	muñecos, telas, vasos
Legend: DI: indefinite determinat; Z: integer; CN: common noun; V: verb; QA: qualifying adjective; SP: preposition; FC: comma; (): mandatory term; (): term repeated one or more times; : Disjunction	

In this way, the appearance in the text of a sequence of the possible combinations that are formulated through the patterns, whose core is the noun terms, constitutes a list of possible resources with their respective amounts.

Some terms are complemented with others through prepositions or connectors to avoid the loss of semantics and obtain greater specificity (e.g. “ropa de bebé” is identified in place of the term “ropa”).

From the previously defined patterns it is possible to construct a transition network, similar to a deterministic finite automaton for the recognition of the information of interest. Figure 4 shows a fragment of the generated transition network, where the circles represent the states and the directed arcs are labeled with the morphological labels considered in the formulation of the linguistic patterns. This means that the transitions will be made according to the grammatical categories of the terms of the text. In this way, the transition network describes the grammatical structure for the identification of the linguistic patterns defined above. To make such an identification, it is necessary to travel from an initial state to a final state of the network.

In order to extract the relevant information from the input text, it is not enough to define the state transition function for the identification of the linguistic patterns. It is also necessary to incorporate into the network a set of semantic actions associated with each of the transitions. Semantic actions are pieces of code in a specific programming language, which manipulate the symbols and their attributes [23]. They are applied at the same time that the passage from one state to another occurs in the transition network. Table 3 shows the set of semantic actions used to extract the relevant information.

Once the transition network is defined, it is possible to carry out the information extraction process. For this, the preprocessing carried out in the previous phase is taken into account, which provides a set of tokens with morphological information. This set is what is really used as input to the transition network for the identification of extraction patterns. In this way, the structure of a grammatical analyzer is configured that recognizes determined linguistic patterns and, at the same time, executes a series of actions to extract the relevant information.

3.2.3. Refinement: This is the last phase of the algorithm. After extracting the relevant information from texts, we eliminate possible errors in the identification. This is known as “false resource” mentioned in Table 3. A false resource is a material good or element like any other, that is not possessed as such, but is incorporated into the text as additional information. For instance, in “Tengo una radio para regalar que no tiene control remoto ni antena”, ‘control remoto’ and ‘antena’ are considered resources, but they are not possessed as such, and that is why those are considered “false resources”. The model must be able to analyze the context and detect this type of resources to remove them from the resulting list.

In this sense, alternatives based on the appearance of different terms in the text and in the analysis of the contextual links of the elements were studied. That is why it has been decided to exclude from consideration those resources that are under the context of the so-called negative terms, which express absence or non-existence of the concepts that precede in the text.

- Negative terms (N_i) = {no, ni, ningún, pero, nadie, jamás, nunca, carece, falta, sin}

Thus, if the resource is syntactically related to some of the terms found in N_i , it would probably be some element it does

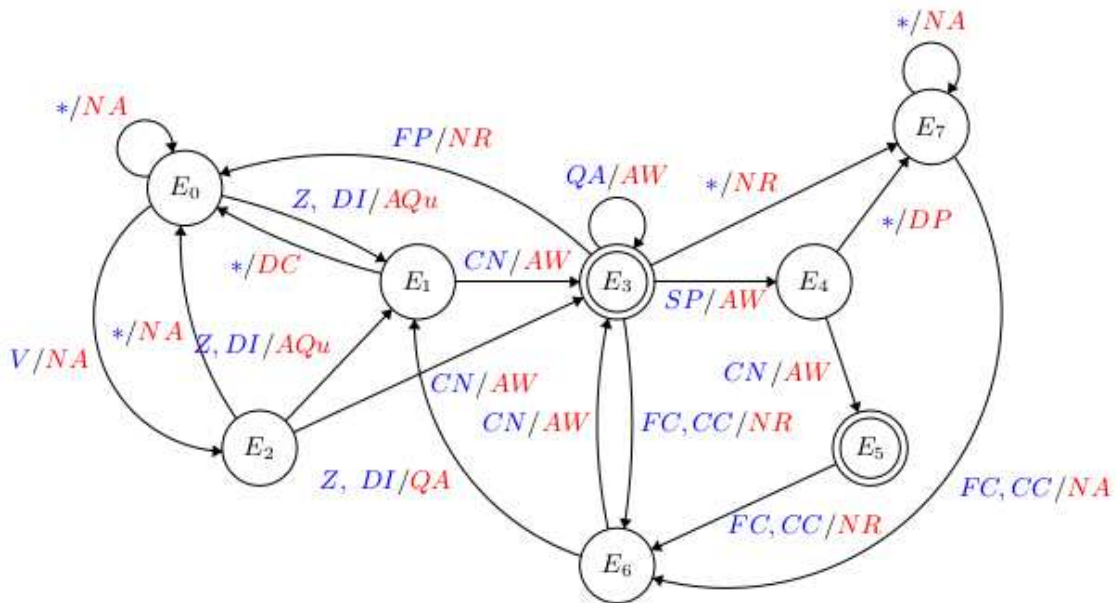


Figure 4. Simplified structure of the transition network. E_0 is the initial state of the network and E_3, E_5 end states that capture relevant information.

Table 3: Set of semantic actions associated to automaton transitions.

Semantic Action	Description
No Action (NA)	No action is carried out.
Add Word (AW)	It adds the identified term into a buffer where words or phrases that may reflect resources are temporarily stored.
Add Quantity (AQu)	Actions executed when identifying the quantity of a resource.
Discard Changes (DC)	It dismisses the words or terms stored into the buffer.
Discard Partially (DP)	It dismisses from the buffer the last read term.
New Resource (NR)	Actions executed when identifying a possible resource. It adds the buffer contents to the resource list, whether it is a term or a phrase.
Add False Resource (FR)	Executed action when identifying a false resource. Such concept shall be explained in the next section.

not have and, therefore, it must be overlooked. The current prototype assimilates this knowledge in the morfosyntactic graph structure by applying a new state, as can be seen in Figure 5.

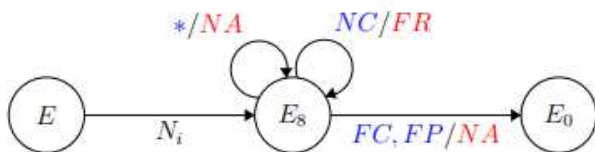


Figure 5. Assimilation of the E_8 state, which detects false resources.

In that way, the strategy based on patterns recognition is finished, which, along with the strategy based on Matching, constitute a hybrid solution to be able to identify resources in social aid texts.

3.3. The Extraction Process

Once the method has been already defined, and in order to get the relevant information from texts, the next step is to carry out the extraction process. By doing so, the algorithms described in the previous section are applied and the results provided by all of them are matched. As can be seen in Figure 6, the matching algorithm shows a series of resources identified by an external source knowledge. For its part, the information showed by the algorithm based on the patterns recognition consists of a pair series of $\{resource, quantity\}$, along with a list of those false resources found in the text.

Then, the process of normalization of the resources begins, which is in charge of carrying out the following post-processing tasks:

- To unite those resources extracted by both algorithms that are similar morphologically, to avoid the repetition of them. For this, a syntactic comparison algorithm is

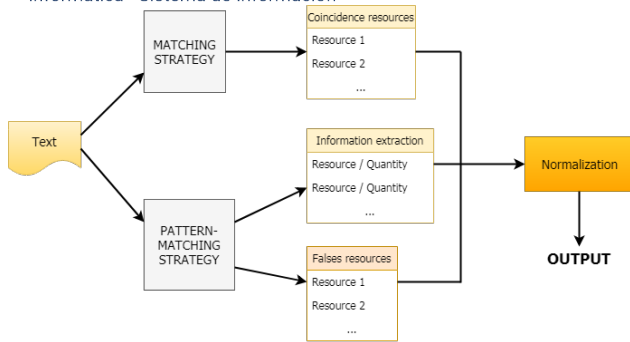


Figure 6. Information extraction process.

applied.

- Remove all false resources detected by the pattern recognition algorithm.

4. Experimental evaluation

The proposed method was evaluated using a text test corpus extracted from a donation blog of the newspaper “La Nación” [24] and the results were measured using the recall, precision and F-measure. *Recall* refers to the percentage of the correct answers that the system successfully extracted and *precision* refers to the percentage of answers extracted by the system that were actually correct.

All texts found in this corpus are written in Spanish and had been previously studied to identify resources and quantities. Then, they shall be compared to the results given by the approach. Table 4 sums up a characterization of such corpus, where it can be seen the many resources found in each of them. All those texts that have been used as tests for the evaluation of the approach, can be found in [25].

Many tests carried out on the system evaluation of the IE have been done. We had studied the information extracted from every text we have used as a test, comparing them with their real features. For instance, Table 5 shows the real output of the text showed in Figure 7.

The text have 6 resources (máquina de cortar césped, estufa de tiro balanceado, cajonera, juego de sillón y puff) and 2 false resources (bolsa recolectora, teléfono). When checking the approach solution, it can be seen that some issues have been detected while extracting the relevant information. For instance, the term ‘Teléfono’ has been identified as a valid resource. Nevertheless, it is a false resource because it is not going to be donated. On the one hand, it is important to note that the system does not identify the quantity associated to this resource in the text because it is not precede by a word showing quantity. On the other hand, the word ‘puff’ was not taken as a valid resource, because (1) this term is not stored in the database and, therefore, the Matching algorithm was not able to find the match and (2) the morphosyntactic tagger used by the strategy based on the patterns recognition does not consider ‘puff’ as a Spanish word (its grammatical aspect cannot be specified because it is a borrowing from English). In conclusion, it can be said that of all the extracted resources,

Table 4: Characterization of texts used as a test.

Text	Resource Quantities	False Resource Quantities
T1	16	1
T2	3	1
T3	2	0
T4	6	0
T5	1	2
T6	2	0
T7	2	0
T8	4	0
T9	4	0
T10	1	2
T11	14	0
T12	6	0
T13	2	3
T14	4	0
T15	1	0
T16	2	0
T17	2	2
T18	6	2
T19	3	2
T20	1	1
TOTAL	81	16

Tengo para donar una máquina de cortar césped sin bolsa recolectora, una estufa de tiro balanceado, dos cajoneras grandes, un juego de sillones, un televisor y un puff. Soy de la ciudad de Azul y necesitaría que lo vengan a retirar a mi domicilio. Cualquier interesado por favor comunicarse por teléfono. Gracias.

Figure 7. Text used as a test.

5 are right, while just 1 does not match. Moreover, there is 1 resource related to the term that was not extracted from the text.

The following sections will show the outcome of the texts we have used as tests.

4.1. Results

Out of the 81 resources found in the corpus used a test, 66 of them were correctly identified and only 15 failed to be extracted. In equation 1, the calculation of the recall measure is displayed, based on the data obtained from the test corpus.

$$Recall = \frac{66}{66 + 15} = 0,814 \quad (1)$$

Similarly, it is possible to calculate the precision of the system. In equation 2 the calculation of the precision of the system is presented, considering that 22 elements were erroneously extracted from the test corpus.

$$Precision = \frac{66}{66 + 22} = 0,75 \quad (2)$$

The precision value in this case is high, so the extracted information is correct for the most part. However, the recall value achieved is slightly higher than the precision value.

Table 5: Real output approach for text used as test.

Resource	Quantity
Televisor	1
Cajonera	2
Sillón	1
Teléfono	INDEFINIDO
Máquina	1
Estufa	1

This means that the system has a greater capacity to extract the resources that really must be extracted than to identify only the correct elements.

From the metrics shown above, it is possible to calculate the F-measure² (F_1), which combines precision and recall in a single measurement. In this case, because both values are high, the F_1 also reaches a high value. The calculation of the measure is presented below.

$$F_1 = \frac{2 * 0,75 * 0,814}{0,75 + 0,814} \equiv 0,78 \quad (3)$$

5. Conclusions and Future Work

This article describes a method for extracting relevant information in texts written in Spanish regarding social aids. The main contribution of this work is the possibility of automating the process of identifying and extracting information associated with donations received by social organizations.

The method reaches a precision of 75% and an average recall of approximately 81%. In general, these measures are reduced if the texts contain lexical and/or grammatical errors. Regarding the results of the concrete application of the solution to the tool AYUD@RG, taking into account the features of the target population of potential users, the proposal has greater practicality and feasibility than any other alternative studied based on structured texts.

As a future work, on the one hand, it is planned to improve and refine information extraction patterns to extract more syntactic content. On the other hand, the use of automatic learning techniques will be studied to combine them with the proposed method. Lastly, the system will be translated into English, a task that poses a significantly small cost and that aims to evaluate the extraction techniques in the multilingual context.

Acknowledgements

The fulfillment of this work has been possible thanks to the financing of the project "TICs en la gestión solidaria" (TICs in solidary management), within the framework of the "Universidad, Cultura y Sociedad" (University, Culture and Society) Program of the Secretariat of University Policies (SPU-16).

²For the calculation of the F-measure, $\beta = 1$ has been taken, which means to value precision and recall equally.

References

- [1] Marianne Gloet and Milé Terziovski. Exploring the relationship between knowledge management practices and innovation performance. *Journal of manufacturing technology management*, 15(5):402–409, 2004.
- [2] Jim Cowie and Wendy Lehnert. Information extraction. *Communications of the ACM*, 39(1):80–91, 1996.
- [3] Hamish Cunningham. Information extraction, automatic. *Encyclopedia of language and linguistics*, pages 665–677, 2005.
- [4] Ralph Grishman. Information extraction: Techniques and challenges. In *International Summer School on Information Extraction*, pages 10–27. Springer, 1997.
- [5] Cesar Aguilar, Olga Acosta, Gerardo Sierra, Sergio Juarez, and Tomas Infante. Extraction of definitional contexts from biomedical corpora. *PROCESAMIENTO DEL LENGUAJE NATURAL*, (57):167–170, 2016.
- [6] Guillermo de la Calle Velasco. *Modelo basado en técnicas de procesamiento de lenguaje natural para extraer y anotar información de publicaciones científicas*. PhD thesis, ETSI-Informática, 2014.
- [7] Walter Koza Orellana. Propuesta de extracción automática de candidatos a término del dominio médico procesando información lingüística. descripción y evaluación de resultados. *ALFA: Revista de Lingüística*, 59(1), 2015.
- [8] Proyecto koinonía. <http://www.proyektokoinonia.org.ar/ayudarg/>. [Online; accessed 19-July-2018].
- [9] Darian Benito, Cristián Pereyra, Cristián Verzi, María Rosa Dos Reis, and Moisés Bueno. Conocimiento en acción: Construcción de una herramienta de gestión web para dar soporte a una agrupación de organizaciones no gubernamentales de carácter social. *Anales del XXV ENDIO–XXIII EPIO*. ISBN, pages 978–987, 2012.
- [10] Maria Teresa Pazienza. *Information Extraction: A multidisciplinary approach to an emerging information technology*, volume 1299. Springer Heidelberg, 1997.
- [11] Martin Rajman and Romaric Besançon. Text mining: natural language techniques and text mining applications. In *Data mining and reverse engineering*, pages 50–64. Springer, 1998.
- [12] Dan Tufis and Oliver Mason. Tagging romanian texts: a case study for qtg, a language independent probabilistic tagger. In *Proceedings of the First International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC)*, volume 1, pages 589–596, 1998.
- [13] M Tech Scholar Rajat Verma. Natural language processing (nlp): A comprehensive study. 2018.
- [14] Aditya Joshi, Pushpak Bhattacharyya, and Mark J Carman. Sarcasm detection using incongruity within target text. In *Investigations in Computational Sarcasm*, pages 59–91. Springer, 2018.
- [15] Robert Dale. Symbolic approaches to natural language processing. *Handbook of Natural Language Processing*, pages 1–9, 2000.
- [16] Peter Jackson and Isabelle Moulinier. *Natural language processing for online applications: Text retrieval, extraction and categorization*, volume 5. John Benjamins Publishing, 2007.
- [17] Marti A Hearst. Automatic acquisition of hyponyms from large text corpora. In *Proceedings of the 14th conference on Computational linguistics-Volume 2*, pages 539–545. Association for Computational Linguistics, 1992.
- [18] Julius T Tou and Rafael C Gonzalez. *Pattern recognition principles*. 1974.
- [19] William A Woods. Transition network grammars for natural language analysis. *Communications of the ACM*, 13(10):591–606, 1970.
- [20] Marie-Francine Moens. *Information extraction: algorithms and prospects in a retrieval context*, volume 21. Springer Science & Business Media, 2006.
- [21] Deepali Virmani and Shweta Taneja. A text preprocessing approach for efficacious information retrieval. In *Smart Innovations in Communication and Computational Sciences*, pages 13–22. Springer, 2019.
- [22] Elke Teich, Stefania Degaetano-Ortlieb, Peter Fankhauser, Hannah Kermes, and Ekaterina Lapshinova-Koltunski. The linguistic construal of disciplinarity: A data-mining approach using register features. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 67(7):1668–1678, 2016.
- [23] Jacinto Ruiz Catalán. *Compiladores: teoría e implementación*. RC Libros, 2010.
- [24] Blog diario "la nación". <http://blogs.lanacion.com.ar/vaso-medio-lleno/click-compromiso/lugares-donde-ayudar-donando-y-comprando/>. [Online; accessed 5-July-2018].
- [25] Braian Raúl Varona. Un enfoque híbrido para la detección automática de recursos en textos cortos. pages 87–89, 2018.

Juegos Serios como Herramienta De Interacción y Participación en el Aprendizaje: Propuesta “Proyecto 1810”

Christian Parkinson, Roxana Martinez

Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI).
Universidad Abierta Interamericana, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
{Christian.Parkinson; Roxana.Martinez} @uai.edu.ar

Abstract

A lo largo de estos años, fue notorio el incremento de la utilización de los juegos en distintas áreas como ser: Gobiernos, Sistemas de Salud, Marketing y Comunicaciones, Educación, Empresas e Industria. Estos juegos tienen como característica fundamental la adquisición de alguna habilidad, experiencia o conocimiento en su implementación. A los juegos que tratan este tipo de temática se los conoce como juegos serios. Este trabajo se basa en este tipo de juegos, que están orientados a la taxonomía de la educación.

Nuestra propuesta enfoca dos puntos fundamentales, por un lado, la elaboración y desarrollo de un prototipo como herramienta extracurricular de aprendizaje de la historia Argentina, y por otro lado, el desarrollo de una plataforma web, en la que se fomenta la participación e invitación de docentes y alumnos pertenecientes a distintas Instituciones educativas. El prototipo llamado “Proyecto 1810”, aborda los contenidos de la asignatura “Historia” en las unidades de La “guerra de la Independencia”, centrando la atención en el contexto de las batallas, detallando próceres, participantes, resultados, y toda documentación histórica relevante. Esta herramienta es sencilla y posee un diseño amigable e interactivo, tanto para los alumnos como para los docentes. Se muestra además, cómo mediante la ayuda de un software lúdico, se pueden adquirir conocimientos educativos y adquirir un mecanismo de enseñanza, destacando el trabajo en equipo de los alumnos, e incentivar la adquisición de conocimientos para el logro de objetivos.

Palabras Clave: Juegos Serios, Educación, Videojuegos, Aprendizaje Lúdico.

1. Introducción

Hoy en día, la utilización de los juegos está cada vez más en auge entre los hábitos más comunes de las personas. Es un ámbito en el que, desde niños de temprana edad hasta personas adultas, se sienten cómodos con esta forma de interacción mediante una aplicación de software. La inclusión de los juegos cobra cada vez más visibilidad en el mundo informático, desde juegos en PC, mediante formas en modo local o bien en red, participando con otras personas desde distintos lugares. Estas aplicaciones, permiten ser accedidas desde tablets, notebooks y varios dispositivos móviles más, que hoy por hoy, son de gran novedad tecnológica, teniendo así, una amplia gama de categorías para escoger.

Cada uno de los juegos existentes, pueden ser orientados o abocados a distintas categorías, como ser distintas taxonomías, con el fin de identificar en cada rama, una temática de juego distinta y así obtener mejores investigaciones fundamenta sobre esa.

Este trabajo se basa sobre la rama de educación, en la que se opta por utilizar una estrategia de software lúdico, discriminado por dos objetivos centrales: a) La función y rol del docente para la participación, que tiene como principal objetivo la integración de la herramienta extracurricular, tanto para refuerzo de contenidos para los alumnos, como para el seguimiento y supervisión de éstos y, b) Los alumnos utilizando el prototipo en el que ellos podrán interactuar con una herramienta de software, la cual es el juego educativo, llamado Proyecto 1810. Este proyecto tiene como fin, incorporar conocimientos sobre distintas batallas y mediante el pasaje de pantallas e interacciones varias, lograr incorporar conocimientos de la historia Argentina.

A continuación, se tratan los conceptos más relevantes del trabajo, como ser: Juegos serios, orientados a la educación, la importancia de educar mediante los juegos

en la actualidad y el concepto y contexto de software lúdico que trataremos en nuestro trabajo.

1.1. Juegos Serios aplicados a la educación

“Los juegos serios (JS) experimentan en la actualidad un gran auge y su popularidad ha ido en constante aumento en los últimos años. Sus áreas de aplicación se extienden no sólo a la educación, sino a los sectores militar, sanitario, empresarial, etc.” [1].

La utilización de los juegos serios, se orienta cada vez más en las distintas áreas de nuestra vida, siendo importante la inclusión de los mismos, en la *“práctica de videojuegos se están adquiriendo las habilidades y destrezas necesarias para desempeñarse con éxito en los ambientes digitales que están creciendo de manera exponencial en todos los campos de la sociedad actual (por ejemplo, en la medicina hay manejo de sofisticados equipos de imagenología, intervenciones quirúrgicas mediante láser y a distancia; en el área deportiva, existe manejo de vehículos de carreras con los múltiples controles” [2].*

La Serious Game Initiative (SGI) [3], ha sido un líder en el campo de los juegos serios bajo el programa de Innovación de Ciencia y Tecnología, que a través de los autores Sawyer y Smith [4] permiten reconocer varios tipos de juegos serios, que ha elaborado una taxonomía de juegos serios. En la Tabla 1, se muestran las siete modalidades diferentes que están asociadas a siete sectores (Gobiernos y ONG; Defensa; Sistemas de Salud; Marketing y Comunicaciones; Educación; Empresas e Industria).

Tabla 1. Taxonomía de Juegos Serios [4].

	Juegos para la Salud	Juegos publicitarios	Juegos para la Formación	Juegos para la Educación	Juegos para la Ciencia y la Investigación	Producción	Juegos como Entorno
Gobiernos y ONGs	Educación para la Salud Respuesta a problemas de salud masivos.	Juegos políticos (campañas de partidos políticos).	Formación de empleados	Información pública	Recopilación de datos - Planificación	Planificación de políticas y estrategia	Diplomacia - Estudios de opinión
Defensa	Rehabilitación y Bienestar psicológico	Reclutamiento y propaganda	Formación de apoyo a los soldados	Educación en la seguridad y el hogar	Juegos de guerra - Planificación	Planificación de la guerra e investigación armamentística	Mando y control
Sistemas de Salud	Obtenibilidad y Viajes para hacer deporte e ejercicio físico	Política de Salud Pública - Comisión de Concertación Social	Juegos formativos para profesionales de la salud	Juegos para educación de los pacientes y para la gestión de la enfermedad	Visualización y epidemiología	Diseño y fabricación de tecnologías	Planificación y Logística de planes de salud pública
Marketing y Comunicaciones	Publicidad de tratamientos médicos	Publicidad, marketing con juegos, publicidad interactiva (publicidad por empacamiento)	Uso de productos	Información de productos	Estudios de opinión	Máquina (como de animación que sea un videojuego)	Estudios de opinión
Educación	Informar sobre enfermedades y riesgos sanitarios	Juegos sobre temática social	Formación de Profesional - Entrenamiento de competencias específicas	Aprendizaje	Ciencias de la Computación y recrutamiento	Aprendizaje PEP Constructivista	Formación on-line
Empresas	Información a empleados del sistema sanitario - Sensor para los empleados.	Educación y Concertación del cliente	Formación de empleados	Formación Continua - Calificación profesional	Publicidad - Visualización	Planificación estratégica	Mando y control
Industria	Prevención de riesgos laborales	Ventas y contratación	Formación de empleados	Formación profesional	Procesos de optimización mediante simulación	Diseño (nanobiotech)	Mando y control

Actualmente, existen muchas propuestas y actividades para llevar a cabo en las aulas desde los alumnos más pequeños en grados inferiores en el nivel primario, hasta la educación secundaria en nuestro país. Muchos docentes, están utilizando los juegos, como medio de llegada a los alumnos con el fin de transmitir un conocimiento

específico y que éstos puedan prestar atención el mayor tiempo posible. Es por ello que, el juego comienza a tener un protagonismo esencial dentro del aula, para brindar educación mediante un proceso constante y evolutivo.

El valor educativo que puede provenir de los juegos es muy alto, ya que los alumnos aprenden mediante la interacción de diversas tareas mediante una plataforma de juego. A través de esta modalidad, nace el concepto de juegos serios. Algunos autores, denominan a los juegos serios como, *“unas herramientas de aprendizaje muy poderosas que permiten que los participantes experimenten, aprendan de sus errores y adquieran experiencia, de forma segura, en entornos peligrosos o de alto riesgo” [5].* Otros autores, los definen como *“una competición mental jugada en un ordenador de acuerdo a reglas específicas que utiliza el entretenimiento para alcanzar objetivos en la formación empresarial, en la educación, en la salud, en la política pública y en la comunicación estratégica” [6].*

La utilización de los JS permite identificar varios beneficios a la hora de utilizar un método de enseñanza, ya que, en algunos aspectos, supera la enseñanza tradicional en cuanto a la formación de las habilidades cognitivas en lo que respecta a los alumnos. Mediante esa habilidad, se permite que los alumnos puedan desarrollar una mejor capacidad de recepción de los conceptos aprendidos y experimentados, permitiendo así, una mayor atención por parte de los chicos, sobre todo en edades inferiores, como ser nivel de educación primario.

1.2. Educar mediante Videojuegos

“La utilización de los Juegos Serios está justificada por la capacidad que ofrecen de simular la realidad, lo que los convierten en una herramienta clave para promover el aprendizaje y transferir el conocimiento, estimulando la participación de los estudiantes en escenarios virtuales, lo que sin ninguna duda fomenta la generación y manejo de expectativas, comenzando por la voluntad de los participantes, por aprender” [7].

Mucho se dice sobre la intervención de los chicos en los juegos, pero cabe destacar que, *“el juego es una actividad fundamental para el desarrollo humano. Comúnmente se juega para divertirse, para entretenerse; sin embargo, hay quien afirma, que se juega principalmente para aprender, aunque ésta sea una intención inconsciente” [8].* En el último tiempo, *“están surgiendo nuevos diseños en los videojuegos en los que predomina el carácter formativo y, aunque utilizan la arquitectura de los videojuegos, su intención pasa casi exclusivamente a ser un nuevo formato emergente para la educación” [9].*

Mediante este paradigma se desglosan diferentes tipos de juegos que, a lo largo del tiempo, fueron generados para ofrecer diferentes *“servicios en instituciones públicas y*

privadas, en el área de salud, de emergencia, de educación, la industria comercial e instituciones de desarrollos científicos” [10].

Si bien existen distintas áreas para la aplicación de juegos serios, como vimos anteriormente, este trabajo, se orienta a acompañar el proceso educativo en las aulas con el fin que sea más efectivo, por lo que se propone una formación tecnodigital orientada a juegos serios para la taxonomía de Educación.

1.3. Aprendizaje Lúdico

El aprendizaje lúdico se enfoca al aprendizaje mediante técnicas de juego, básicamente se plantean dos conceptos fundamentales, siendo estos: en la libertad de los alumnos de utilizar un juego para aprender y por el otro lado, en que los alumnos puedan ser guiados en diversas actividades por sus docentes.

“El aprendizaje lúdico enriquece la capacitación mediante un espacio dinámico y virtual que propicia lo significativo de aquello que se aprende al combinar la participación, la colectividad, la comunicación, el entretenimiento, la creatividad, la competición, el trabajo cooperativo, el análisis, la reflexión, el uso positivo del tiempo y la obtención de resultados en situaciones problemáticas reales; el resultado: un proceso de enseñanza-aprendizaje efectivo” [11].

Hoy en día cada vez son más los colegios que implementan estas técnicas basadas en el aprendizaje lúdico, con el fin de fomentar a los alumnos a la interacción y participación continua e incremental. En general, *“los juegos usan las características de diversión, inhibición de la realidad y un sentido de curiosidad para invitar a los niños y mantenerlos comprometidos. Estos elementos se hacen eco de la mayoría de los ingredientes clave en oportunidades de aprendizaje lúdico”* [12].

A continuación, se indican las características del aprendizaje lúdico discriminadas por tipo de juego lúdico, extraída de [12].

Tabla 2. Características del aprendizaje lúdico (juego libre, juego guiado, juegos reglados) y de la Instrucción directa [12].

Características	Aprendizaje lúdico			Instrucción directa
	Juego libre	Juego guiado	Juegos reglados	
Activo	✓	✓	✓	x
Entretenido	✓	✓	✓	?
Significativo	✓	✓	✓	?
Interactivo	✓	✓	✓	x
Inhibición de la realidad	✓	✓	✓	x
Divertido	✓	✓	✓	x
Agencia/Control del niño	✓	✓	✓	x
Genera curiosidad	✓	✓	✓	x
Desafío	?	✓	✓	?
Imparte contenido explícito	x	✓	✓	✓
Sistema basado en normas	x	x	✓	x

Según los autores Ochoa, G., & Bersabeth, A. [13], las ventajas más significativas que se encuentran en estas técnicas son:

- Permite la autogestión por parte de los alumnos.
- Desarrolla altos niveles de participación e iniciativa personal, como así también da la opción de compartir experiencias entre los participantes.
- Parte de las actividades de los alumnos, tiene que ver con el sentido de hacer lo que se desea conocer, por parte de los estudiantes.
- El rol del docente, se mantiene con este modelo, ya que continúan motivando a los alumnos mediante el deseo de curiosidad de aprender, asegurando la inclusión del conocimiento en las distintas tareas que se desarrollan dentro del aula.
- Permite una evaluación integral y objetiva, realizada en forma libre, creativa y participativa.
- Regula mejor la autodisciplina, ya que es el mismo alumno que se exige y asume el reto de aprender.
- Permite a cada estudiante manifestar lo que desea y piensa, ya que ellos definen en qué parte del juego, pueden trabajar, de igual forma, se da la oportunidad de avanzar de acuerdo al propio ritmo de aprendizaje de cada estudiante.

El rol del juego en el aula es indispensable, *“los buenos videojuegos son máquinas para aprender puesto que incorporan algunos de los principios de aprendizaje más importantes postulados por la ciencia cognitiva actual”* [14]. Según Ordonez [15], los videojuegos de contenido histórico evocan en su mayoría bien guerras o bien épocas concretas. La Segunda Guerra Mundial es uno de los temas más prolíficos del primero de estos dos grupos, e incluye títulos como Combat Flight Simulator (Microsoft Game Studios, 1998) o Company of Heroes (Relic Entertainment/THQ, 2006).

2. Trabajos Relacionados

En base a la temática de juegos serios orientados al aprendizaje, se encuentran algunos trabajos relacionados. A continuación, se muestran algunos ejemplos de distintas áreas en esta temática.

2.1. Microsoft Flight Simulator

Según Marcano [10], la experiencia sobre el uso de un simulador de vuelo de un aspirante a piloto, requiere una cierta cantidad de horas de vuelo para superar la primera parte de su entrenamiento formal, pudiendo abarcar tanto en campo civil como el militar, mediante ANAC (Autoridad Nacional de Aviación Civil) [16] que es la entidad encargada de regular y coordinar la aviación civil en los distintos países contratantes del Convenio de Chicago, mejor conocido como Convenio sobre Aviación Civil Internacional [17]. Debido a la importancia de

respetar las normativas sobre convenios establecidos, existen softwares como Microsoft Flight Simulator [18] que respetan y contribuyen al aprendizaje de las VFR (Reglas de Vuelo), especificadas en el Reglamento de Circulación Aérea, que indican las normas necesarias para que el piloto pueda conducir su avión de forma segura en el campo visual. Para lograr este fin, el simulador recrea los escenarios con diferentes situaciones de catástrofe simulando fallas de vuelo, condiciones climáticas que serían imposibles de poder practicarse en un vuelo real. En la Figura 1, se muestra una captura del simulador de vuelo.



Figura 1. Pantalla del software de aprendizaje - Microsoft Flight Simulator [18].

Sin más, este software de simulación es utilizado en clases de carreras orientadas a la Ingeniería de Técnica Aeronáutica, como ser el caso de un trabajo final realizado por la Escuela Politécnica Superior de Castelldefels (EPSC) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC). Dichas prácticas “se desarrollan en grupos de dos estudiantes mediante el simulador de vuelo, lo que permite al alumno, profundizar en los diferentes aspectos tratados en las clases teóricas de una manera próxima a la realidad y muy amigable” [19].

Otros trabajos orientados bajo esta misma categoría es el Simulador de vuelos de la empresa AeroTablada, S.L. de Sevilla, España [20], en la que ofrece cursos sobre simuladores de vuelo.

2.2. Simulador “Arriva Bus&Greenline Simulator”

De la misma forma que existen simuladores de vuelo para la capacitación de pilotos, también se entrena conductores de vehículos terrestres, para automóviles, colectivos, micros, trenes, etc. Podemos citar al simulador “Arriva Bus & Greenline Simulator” [21] para el aprendizaje manejo de colectivos.

De manera importante, el simulador permitirá al conductor conocer los límites de operación de los

vehículos, sin sufrir las consecuencias de un siniestro, afirma Navarrete [22].

En la Figura 2, se muestra una captura del simulador de Arriva Bus&Greenline.

2.3. Simuladores para prácticas médicas

En el campo de la medicina los estudiantes poseen también una serie de simuladores que le permiten realizar prácticas de entrenamiento para las diferentes especialidades, como por ejemplo obstetricia.

Cae Healthcare [23], es una empresa que se especializa en el desarrollo de simuladores en el área de la medicina. Este software permiten simular diferentes reacciones fisiológicas y farmacológicas de un paciente en función de las distintas intervenciones de los estudiantes.

Empresas como Medical Simulator [24], se dedican a comercializar diferentes simuladores orientados al aprendizaje y prácticas medicinales.

En la Figura 3, se muestra una captura del simulador del paciente iStan.



Figura 2. Pantalla del simulador de conducción - Arriva Bus&Greenline Simulator [21].



Figura 3. Simulador del Paciente iStan [24].

2.4. Juegos basados en acontecimientos históricos

Dentro de todo el abanico de juegos es necesario mencionar a la saga de juegos “Age of Empires” [25], desarrollados por Ensemble Studios, son juegos de estrategia basados en acontecimientos históricos con la posibilidad de jugar varios jugadores en la misma partida en forma simultánea, ya sea desde una red privada o Internet.

Las campañas que se recrean se basan en hitos históricos y establecen objetivos específicos, además proporciona la información histórica correspondiente al período y a la campaña que se está jugando.

En la Figura 4. Se muestra una pantalla del juego Ages of Empires III.



Figura 4. Pantalla de juego Ages of Empires III [25].

3. Problemática encontrada

Como se detalló anteriormente, la saga de juegos Age of Empires son aquellos que pueden compararse con la temática de “1810”, desde el punto de vista del abordaje claro y preciso de contenidos históricos, cuyos objetivos se basan en vencer a los enemigos dentro de una batalla.

A pesar de la gran aceptación por parte de los usuarios y su extensa distribución y popularidad, los contenidos históricos abordados no son necesarios para poder avanzar a lo largo del juego, y tampoco es obligatoria su lectura, por lo cual, dejan el aprendizaje en un segundo plano.

Por otra parte, Age of Empires permite jugar en modo multiusuario hasta 8 jugadores, armando equipos triunfando aquel equipo que quede último en el campo de batalla.

“1810” propone la integración y participación activa de docentes de historia para la supervisión y acompañamiento de los jugadores/alumnos. Por otra parte, se premia el conocimiento adquirido, donde cada jugador recibe una recompensa en la medida que supere los objetivos tanto del juego como así, propuestos por el docente. Estos premios permiten ir avanzando en el transcurso del juego.

4. Nuestra Propuesta

Dentro del encuadre de la taxonomía de aprendizaje en Juegos Serios para la Educación, el Proyecto 1810 es una herramienta desarrollada para chicos de tercer año del colegio secundario, para mejorar la asimilación de conocimientos de la asignatura Historia, cuyos contenidos abordan el contexto, próceres, resultados y consecuencias de las batallas de la Guerra de la Independencia.

Esta propuesta consiste en el desarrollo de videojuego serio como herramienta escolar con una arquitectura distribuida que consta de los siguientes elementos:

- 1) Una plataforma web con información de la herramienta, donde todos los usuarios se pueden registrar libremente, con su correo electrónico, contraseña y un nombre único de usuario (Nick), e información específica para su perfil. Cada usuario registrado cuenta con privilegios de invitado, que solamente le permite descargar el juego junto con sus actualizaciones, consultar las estadísticas generales y las novedades que se van comunicando.
- 2) El segundo elemento es el juego en sí, consta de un aplicativo de PC de escritorio desarrollado para Microsoft Windows 8 ó superior, descargable desde el sitio web, con previo registro. El prototipo desarrollado permite jugar sin la necesidad de estar conectado a Internet.

Proyecto 1810 entra dentro de la categoría de videojuegos de Rol, esto quiere decir que se pueden adquirir varios perfiles, donde el jugador tiene que cumplir determinadas misiones, y dentro de cada misión determinados objetivos. Ésto produce que el usuario vaya adquiriendo puntaje e ítems como recompensa.

El jugador además, tiene un nivel que en función los puntos de experiencia que va adquiriendo se va incrementando, cada vez que sube de nivel puede repartir puntos sobre las diferentes habilidades que posee: fuerza, vida, defensa, que influyen proporcionalmente sobre el daño causado y recibido en la batallas. Cada misión se lleva adelante en el contexto de una batalla, donde se realiza primero una presentación oral y escrita del contexto en el que ocurrió enfrentamiento, explicando los antecedentes que ocasionaron el suceso, detallando la participación de los comandantes junto con el rol que cumplían en dicho período, detalles de las tácticas militares durante el combate y el resultado y consecuencias posteriores al evento, además, se simula el escenario respetando la geografía del lugar, condiciones climáticas y horario del encuentro.

Por otro lado, los objetivos de la misión están íntimamente ligados con el resultado de la batalla que se está jugando, donde un combate haya finalizado de derrota del ejército patriota los objetivos serán de rescate de

soldados, defensa de recursos y municiones, y resistencia durante lapsos de tiempo, en cambio, en el caso de batallas con victoria, los objetivos rondaran a la toma de recursos españoles, ocupación de territorios, o vencer al ejército contrario.

A lo largo del juego hay determinados ítems que mejoran las habilidades del jugador, espadas, pistolas y fusiles, botiquines que regeneran la vida, y balas para recargar las armas de fuego, éstos ítems, son premios por el cumplimiento de misiones y objetivos. Todo el progreso obtenido por el jugador se actualiza en el servidor del sitio web, dando lugar a la participación en la tabla de posiciones.

Dependiendo del nivel de privilegios, dentro del sitio web se van a llevar a cabo actividades que se pueden agrupar en 4 modalidades: Moderador, Institución Educativa, Alumno y Jugador Básico.

A continuación se describen cada una de éstas.

4.1. Modo Jugador Básico

Dentro de la herramienta es el jugador que no posee privilegio alguno, únicamente posee sus credenciales para acceder al escritorio, consultar el ranking, recibir novedades, y también recibir invitaciones para participar de alguna comisión, además puede descargar el instalador del juego y jugarlo. Todas las opciones que requieran de algún tipo de privilegio permanecerán ocultas.

4.2. Modo Moderador

La modalidad moderador es la máxima autoridad dentro del herramienta, posee responsabilidades críticas que comprometen a las configuraciones del juego y las instituciones educativas que participan de la propuesta.

Cuenta en primer lugar con un super administrador que no posee restricción de permisos. Éste tipo de usuario puede otorgar privilegios a otros usuarios de la plataforma, transformándolos en administradores o personal autorizado dentro de una institución. Cada administrador se encarga de la configuración del juego, gestionando las batallas, misiones, habilidades de los personajes, ítems del juego con sus beneficios y los premios de las misiones y objetivos. Además, de la administración de diferentes instituciones educativas, donde gestiona los turnos disponibles, los cargos, los distritos escolares las escuelas, y las autoridades que pueden gestionar el personal dentro de una escuela específica.

Para asignar un responsable dentro de un colegio el administrador debe conocer el correo electrónico del usuario, al buscarlo y aplicar los cambios la plataforma le enviará un correo informando de la asignación, la misma, el usuario podrá aceptarla o rechazarla ingresando a la plataforma.

Por último, como parte de la seguridad del sistema puede crear grupos de permisos para asignar a otro usuario.

4.3. Modo Institución Educativa

Bajo esta modalidad un usuario directivo de un colegio ingresa con sus credenciales, y posee una serie de privilegios especiales otorgados por el administrador para gestionar, administrar y realizar el seguimiento de su personal. Para crear un docente primero debe conocer el correo electrónico del mismo, con ello desde el sistema le enviará una invitación al usuario, y se lo informará por email, el usuario podrá aceptar o rechazar la invitación ingresando en el sistema. Cuando un usuario acepta la invitación como docente, se habilita un menú de opciones enfocados a la administración de cursos y formulación de exámenes.

En el momento que el docente lo desee puede crear un curso seleccionando el ciclo lectivo actual, el año y el turno, una vez creado, invitará a los alumnos a participar del curso, para ello, debe conocer el nombre de usuario dentro del sistema, e internamente el sitio le comunicará al invitado vía email, pudiendo aceptarse o declinarse dentro del sitio.

Además, también cuenta con un sector de evaluaciones, donde dispone de un repositorio de preguntas, respuestas y exámenes personalizadas, que utilizará posteriormente para formular evaluaciones.

Una vez finalizada la confección evaluación, se le establece un un valor a cada pregunta, el porcentaje de aprobación, el tiempo de desarrollo y la cantidad de veces que puede reintentar realizar el examen, a partir de ahí, el usuario docente puede asignarla a uno o más cursos, donde selecciona un período de vigencia para poder ser resuelta por los participantes, por último, el docente seleccionará el premio en el caso que el alumno apruebe el examen, que se tratará de un ítem, puntuación o experiencia dentro del juego. En la medida que los cursos del docente vayan progresando se premia al docente con mejores premios para repartir entre sus alumnos. De igual forma, el docente puede ir supervisando el desarrollo de las evaluaciones de cada uno de sus alumnos, como feedback para tener conocimiento de cuáles son los temas o conceptos que mayor dificultad presentaron y que requieran de una explicación en el aula adicional.

Cada curso además, ingresa dentro de un ranking escolar y cada colegio en otro interescolar. Esta modalidad tiene como principal objetivo la integración de la herramienta extracurricular, es decir, no es una herramienta de uso en clase sino hogareño, tanto para refuerzo de contenidos, como para el seguimiento y supervisión de alumnos, y docentes, a fin de potenciar y mejorar las capacidades en la transferencia de

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

conocimientos, además, promover el trabajo en equipo, e incentivar y premiar la adquisición de conocimientos.

4.4. Modo Alumno en el Rol Jugador

Un jugador para acceder la modalidad de alumno debe recibir una invitación de participación a un curso por parte del docente de la escuela en la que asiste.

Una vez aceptada la invitación al usuario se le presentan nuevas opciones de menú, la primera opción es la de cursos, en la cual puede visualizar todos los cursos en la que el alumno se encuentra vigente, también desde ahí puede darse de baja del mismo; la segunda opción es la de evaluaciones, donde se dispone de todo el historial de evaluaciones previas y las vigentes, para poder ser respondidas, y reclamo de recompensas para poder mejorar las habilidades del personaje dentro del juego. Así mismo, los exámenes se responden desde el sitio web sin intervención del aplicativo, brindando la posibilidad de acceder a los chicos desde cualquier navegador de cualquier dispositivo. Los exámenes aprobados mejoran el ranking del alumno, del curso y de la institución.

En esta modalidad el objetivo que se persigue es que el usuario vaya incorporando conocimientos mientras se encuentra jugando o con los desafíos que el docente pueda llegar a presentarle mediante el uso de la herramienta extracurricular. Además, incentivar mediante los premios los logros adicionales que las evaluaciones proporcionan, y la colaboración entre compañeros para que las los cursos y las escuelas se encuentren en una buena posición dentro de sus respectivos rankings.

5. Resultados: Construcción de Prototipos

Como resultado obtenido se desarrolló un prototipo funcional del videojuego de rol, llevado a cabo como el Proyecto 1810, que responde a los lineamientos planteados en la propuesta, basados en la simulación escenarios personajes, misiones y objetivos.

También se desarrolló un prototipo del sitio web, que permite el registro y acceso de los participantes, con el fin de cumplir con las distintas invitaciones para las diversas instituciones.

A continuación, se describen cada elemento desarrollado con sus correspondientes características.

5.1. Plataforma web - participación de jugadores alumnos/docentes

El desarrollo de la plataforma web fue realizado en ASP.NET, C#, Bootstrap y CSS3, posee un diseño adaptativo para ser utilizado desde cualquier dispositivo. Utiliza una base de datos centralizada que almacena toda la información de los usuarios, instituciones, permisos, etc. Cada jugador tiene la posibilidad de registrarse

proporcionando un mail válido, que servirá a futuro para recibir notificaciones de invitaciones importantes referentes a los privilegios e invitaciones dentro del sitio.

Una vez que el usuario ingresa a la plataforma tiene un panel general que contiene información general sobre el usuario, avances del personaje en el juego, mensajes y notificaciones de la plataforma e invitaciones. También como punto importante a destacar, dentro del sitio permite descargar el instalador del Proyecto 1810 para PC.

La cuenta no tiene una fecha límite de caducidad, por lo cual, no es necesario ingresar con una determinada frecuencia para que se mantenga en el tiempo.

En nuestro sitio web [26] se encuentra el prototipo llevado a cabo para el Proyecto 1810.

En la Figura 5. Se muestra una pantalla de la plataforma web.

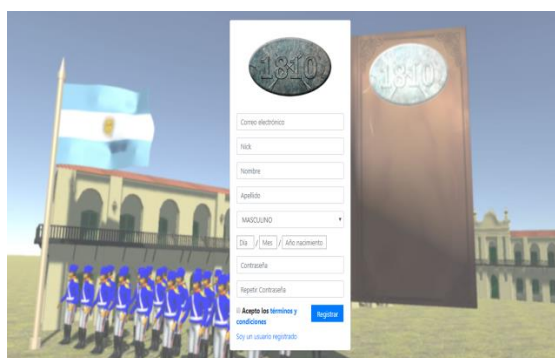


Figura 5. Pantalla de registro de 1810 [26].

5.2. Prototipo Juego – Proyecto 1810

EL prototipo de 1810 es un aplicativo desarrollado con el motor de videojuegos Unity 3D, cada modelo fue diseñado y animado con Blender Studio y las texturas con Photoshop.

A continuación, se simulan 6 escenarios que se detallan en la Tabla 3:

Tabla 3. Listado detallado de escenarios desarrollados en 1810

Batalla	Fecha	Resultado
Batalla de Suipacha	7 de noviembre 1810	Victoria Patriota
Batalla de Paraguarí	19 de enero de 1811	Derrota Patriota
Combate de San Lorenzo	3 de febrero de 1813	Victoria Patriota

Batalla	Fecha	Resultado
Batalla de Chacabuco	12 de febrero de 1817	Victoria Patriota
Sorpresa de Cancha Rayada	19 de marzo de 1818	Derrota Patriota
Combate naval de Callao	2 de mayo de 1866	Indeterminado, ambos ejércitos se adjudican la victoria

Cada pantalla recrea una de las batallas mencionadas anteriormente, al iniciar comienza una narración acompañada de un texto que describe todo el contexto del combate que se está por jugar.

El jugador tiene un personaje granadero armado con una espada, que puede desplazarse por el terreno utilizando el Mouse, cada terreno tiene un área de desplazamiento que evita que el personaje quede fuera de los límites de pantalla, haciendo clic en cualquier parte permitida el granadero se trasladará hacia ese lugar, en caso de llegar a algún obstáculo, detendrá su avance esperando la nueva orden del jugador. Los obstáculos más predominantes en el juego son:

- Carpas militares y tiendas médicas
- Barricadas de piedra
- Barricadas de bolsas
- Barriles
- Cofres
- Caballo
- Cañones
- Ejércitos
- Árboles

Dentro del territorio se encuentran determinados puntos de "spawn" donde se crean nuevos soldados autónomos para que el combate sea más concurrido y realista.

Cada punto de generación está ubicado tanto en los campamentos como en las filas de los ejércitos, camuflando la aparición de un nuevo soldado, a su vez, cuenta con un cupo máximo de soldados generados activos, cuando un soldado muere se vuelve a crear uno nuevo en el mismo campamento que lo generó. Cada soldado creado pertenece a un bando, realista o patriota, se desplazará a través del territorio en ciertos puntos de patrulla, que recorrerá de forma aleatoria, asimismo, cuenta con un campo de visión que le permite detectar y perseguir a un enemigo hasta que lo alcanza o quede fuera de su rango de visión.

Cuando un soldado autónomo se encuentra a una distancia apta para el ataque comienza a combatir contra el enemigo, y seguirá combatiendo hasta que el enemigo

huya y salga de su alcance de golpe para continuar persiguiendo o hasta que el adversario sea derrotado, y comienza nuevamente su trayecto de patrulla.

Cuando el personaje principal derrota a un adversario gana puntos de experiencia.

La interfaz gráfica del juego tiene diferentes indicadores y ayudas para facilitar el uso y control del personaje, los elementos en pantalla son:

- Barra de vida con el valor máximo y el actual
- Barra de experiencia, con el valor máximo esperado y el actual.
- Nivel del jugador
- Cuadro de ayuda de movimientos
- Barra de ítems con la tecla numérica para activarlos.
- Botón de salida de la pantalla.

Cada vez que la barra de experiencia del jugador se completa incrementa el nivel del usuario y sus propiedades internas de fuerza, defensa y daños.

En la Figura 6, se muestra una Pantalla del Proyecto 1810 [26].



Figura 6. Pantalla del Proyecto 1810 [26].

5.2.1. Jugabilidad

El jugador se desplaza en la pantalla haciendo clic en el lugar del terreno que desee ir, un círculo celeste se muestra en el destino, y desaparece al llegar al lugar.

Para golpear, el usuario debe presionar "shift" y hacer clic izquierdo en el objetivo.

En la parte inferior de la pantalla se encuentra el inventario, donde los botones del 1 al 4 del teclado permiten utilizar el objeto que se encuentre en el interior. Para agarrar los objetos el personaje simplemente debe pasar por encima del mismo.

6. Equipo de Trabajo

La metodología de trabajo a lo largo del desarrollo del Proyecto fue la siguiente: se llevaron a cabo distintos talleres de 6 horas los días sábados, desde que inició el Proyecto 1810 (abril 2016).

Los alumnos lograron conformar un equipo de trabajo que no sólo permite día a día diseñar e implementar las tareas planificadas por el docente guía, sino que, además, esto contribuyó y hoy en día contribuye a la capacitación en esta área educativa. También cuenta con una página en Facebook [27] para compartir los avances de cada una de las reuniones, y así mantenerse comunicados y organizados. Finalmente, se hace uso de dos herramientas colaborativas, la primera para compartir documentos: Google drive, y la segunda a nivel almacenamiento de proyectos de código fuente, se utiliza una aplicación que permite el correcto control de versionado de software para el Proyecto 1810, llamada Bitbucket [28].

Durante los tres años de desarrollo fueron participando del proyecto 4 docentes y 20 alumnos de la Universidad Abierta Interamericana (UAI) de las carreras: Tecnicatura Universitaria en Desarrollo de VideoJuegos y la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos.

Cabe mencionar que este Proyecto tuvo una mención y un stand en el Congreso CIITI - Congreso Internacional en Innovación Tecnologías Informática, organizado por la Universidad Abierta Interamericana.

En la Figura 7, se muestra el stand en el Congreso, y en la Figura 8, el momento en que se recibe la mención de Proyecto de destaque.



Figura 7. Fotos del stand en el CIITI 2016.



Figura 8. Foto tomada en el momento de la mención recibida en el Congreso CIITI 2016.

Por otra parte, actualmente este trabajo forma parte de una tesis de maestría en tecnología informática.

7. Líneas Futuras

A partir de este trabajo se enfatizará el desarrollo de misiones multijugador donde los alumnos de un curso puedan jugar de forma simultánea y colaborativa para fomentar y promover el trabajo en equipo. A partir de la siguiente versión del prototipo, se trabajará en la incorporación de las siguientes batallas:

- Batalla de Salta
- Batalla de San Nicolás
- Batalla de Tucumán
- Batalla de Maipú

En cuanto a la seguridad se trabajará en la privacidad de los datos de los participantes.

Por último, se estará incorporando un ranking con mejores puntajes entre los cursos del colegio, y un ranking de colegios, junto con encuestas de opinión a cada uno de los actores (jugadores, alumnos, docentes e instituciones) para relevar información sobre el uso y mejoras para el uso de la herramienta.

Una vez terminada estas modificaciones, se llevarán a cabo las pruebas necesarias con los prototipos desarrollados con dos comisiones en el colegio "Escuela Normal Superior Nro 8 Julio Argentino Roca", situada en la Ciudad de Buenos Aires.

8. Conclusiones

Como se ha visto en el desarrollo de este trabajo, hoy en día, los juegos en el área del aprendizaje se encuentran en pleno crecimiento e inclusión dentro del campo formal académico. Cada vez es más viable el concepto de considerar la incorporación de esta metodología de enseñanza en las aulas tanto para los niños desde temprana edad, como hasta las personas adultas en el campo de educación superior, como ser, los simuladores de vuelo para los futuros pilotos tanto civiles como militares.

Sin embargo, queda un largo camino por recorrer para considerar la inclusión formal en los planes y programas académicos que ofrecen hoy por hoy las Escuelas y Universidades. Pero cabe destacar que, cada vez es más cercano este concepto, mediante trabajos formales de cátedra, como se vió en el caso de universidades.

Es importante, considerar la utilización de juegos serios en el aprendizaje, para utilizar los distintos beneficios educativos que brinda esta metodología de enseñanza, fomentando así, la creatividad, el pensamiento de la resolución de problemas, la evaluación de actividades y la generación de nuevas capacidades en base a los distintos escenarios que se presentan.

Nuestra propuesta, Proyecto 1810, se enfoca no sólo en un juego participativo mediante una herramienta de aprendizaje como un juego serio, sino que, además, proporciona un software de aprendizaje para adquirir conocimientos de los eventos históricos, que logra que el docente pueda trabajar desde un enfoque tecnológico con un mecanismo de enseñanza, y de esta manera, fomentar el trabajo en equipo, e incentivar la adquisición de conocimientos para el logro de objetivos. Finalmente, otro de los objetivos importantes, es la invitación a que participen distintas instituciones educativas.

9. Referencias Bibliográficas

- [1] García-Mundo, L., Vargas-Enríquez, J., Genero, M., & Piattini, M. (2014). ¿ Contribuye el Uso de Juegos Serios a Mejorar el Aprendizaje en el Área de la Informática? Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (20es: 2014: Oviedo).
- [2] Tejada, C. R., Peña, D. A. G., & Valencia, P. A. O. (2017). Estado del arte de los juegos serios sobre plataforma móvil android para el aprendizaje del modelado de software. *Journal of Engineering and Education*, 13(23).
- [3] Wilson Center. (s.f.). Serious Games Initiative. Consultado en septiembre 2018. <https://www.wilsoncenter.org/about-the-serious-games-initiative>
- [4] Sawyer, B., & Smith, P. (2008). Serious games taxonomy. Serious Games. Consultado en septiembre 2018. <http://www.seriousgames.org>
- [5] Gros Salvat, B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje. *Revista Internacional de Comunicación Audiovisual, Publicidad y Literatura*, 251-264.
- [6] García-Mundo, L., Genero, M., & Piattini, M. (2015). Refinamiento de un Modelo de Calidad para Juegos Serios. In *CoSECivi* (pp. 68-79).
- [7] Poy-Castro, R., Mendaña-Cuervo, C., & González, B. (2015). Diseño y evaluación de un juego serio para la formación de estudiantes universitarios en habilidades de trabajo en equipo. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (SPE3), 71-83.
- [8] Crawford, C. (1982). *The art of game desing*. e-book [Online].
- [9] Etxeberria, F. (9 de Noviembre de 2008). Videojuegos, consumo y educación. *Teoría de la Educación. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*.
- [10] Marcano, B. (2008). Juegos serios y entretenimiento en la sociedad digital. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 9(3), 93-107.
- [11] *El Aprendizaje Lúdico: Una Novedosa Estrategia de Capacitación* (2016). Consultado en septiembre 2018. <https://smilepill.mx/aprendizaje-1%C3%BAdico.html>
- [12] Hassinger-Das, B., Toub, T. S., Zosh, J. M., Michnick, J., Golinkoff, R., & Hirsh-Pasek, K. (2017). More than just fun: a place for games in playful learning/Más que diversión: el lugar de los juegos reglados en el aprendizaje lúdico. *Infancia y Aprendizaje*, 40(2), 191-218.
- [13] Ochoa, G., & Bersabeth, A. (2015). Estrategias lúdicas en la adquisición del aprendizaje significativo para niños y niñas de 4 a 5 años, del Centro de Educación Inicial Luceritos del Amanecer durante los meses de agosto-noviembre del año lectivo 2015-2016.
- [14] González, C. S., & Blanco, F. (2008). Emociones con videojuegos: incrementando la motivación para el aprendizaje. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 9(3).
- [15] Ordóñez, I. S. (2017). La traducción de videojuegos de contenido histórico, o documentarse para traducir historia. *TRANS. Revista de traductología*, (15), 103-114. Consultado en septiembre 2018. <http://www.revistas.uma.es/index.php/trans/article/view/3199/2949>
- [16] Aviación Argentina Civil (ANAC). Consultado en septiembre 2018. <http://www.anac.gov.ar/anac/web/#&panel1-1>
- [17] ANAC. Convenio de Chicago - Convention on International Civil Aviation. Consultado en septiembre 2018. http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/7300_conf_s.pdf
- [18] Microsoft: Flight Simulator: Plane Pilot. Consultado en septiembre 2018. <https://www.microsoft.com/es-ar/p/flight-simulator-plane-pilot/9wzdnrd8s11?activetab=pivot%3aoverviewtab>
- [19] Prats Menéndez, X. (2005). Prácticas docentes con simuladores de vuelo. Consultado en septiembre 2018. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/647/PratsX_PracticasSimulador.pdf;sequence=1
- [20] Aero-Tablada. Consultado en septiembre 2018. <http://www.aerotablada.com/es/simulador-vuelo>
- [21] Arriva Bus&Greenline Simulator. Consultado en septiembre de 2018. <https://www.roblox.com/games/75456582/Arriva-Bus-Greenline-Simulator>
- [22] Romero Navarrete, J. A., Martínez Urquiza, E., Valencia Hernández, M., & Martínez Madrid, M. (2004). Generalidades sobre el entrenamiento de conductores y el desarrollo de simuladores de manejo. *Publicación Técnica*, (240).
- [23] Cae Healthcare. Consultado en septiembre 2018. <https://caehealthcare.com/>
- [24] Medical Simulator. Consultado en septiembre de 2018. <http://www.medical-simulator.com/base.asp?idProducto=1090&idFamilia=448&idFamiliaPadre=134>
- [25] Age of empires. Consultado en septiembre 2018. <https://www.ageofempires.com>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[26] Prototipo Proyecto 1810. Consultado en septiembre 2018.
<http://1810.uai.edu.ar>

[27] Página Oficial del Proyecto 1810 con Alumnos. Proyecto
1810. Consultado en septiembre 2018.
<https://www.facebook.com/groups/443552075838872/>

[28] Bitbucket, Consultado en septiembre 2018.
<https://bitbucket.org/> Conference on Software Engineering
(ICSE'03), Portland, OR, May 3-10 2003, pp. 125-137.

Predicción de la frecuencia fundamental de la voz con redes neuronales convolucionales

Mario Alejandro García, Eduardo Destéfanis,
José Santiago Cerrutti
Departamento de Sistemas
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
mgarcia@frc.utn.edu.ar

Lorena Rosset, Valeria Pereyra
Escuela de Fonoaudiología
Facultad de Ciencias Médicas
Universidad Nacional de Córdoba

Abstract

La frecuencia fundamental (F0), es una estimación de la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales. Dicha estimación es un tema vigente de investigación y hay distintas técnicas para calcularla. En este trabajo se busca determinar si una red neuronal es capaz de predecir el valor de F0. Con este objetivo se diseña un modelo neuronal convolucional y se entrena con grabaciones de audio. El diseño tiene como enfoque principal la detección de la distancia entre los armónicos en la representación espectral de los audios analizados. El modelo se entrena para predecir dos atributos distintos que aproximan la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales. En ambos casos la predicción es igualmente satisfactoria para la cantidad de datos utilizados. Se concluye que una red neuronal como la propuesta es capaz de predecir F0.

1. Introducción

En el análisis acústico de la voz, la frecuencia fundamental (F0) se utiliza como un estimador de la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales. F0 es fácil de definir para funciones sinusoidales y periódicas, pero este no es el caso de la voz, ni siquiera para segmentos muy cortos de tiempo [1-2]. Para señales no periódicas la noción de frecuencia es ambigua y muchas veces confusa, lo que ha dado lugar a una multitud de técnicas para medirla y la consecuente discrepancia entre las medidas.

El cálculo de F0 continúa siendo un tema de investigación. [1-6]. Un análisis completo de las dificultades para calcular la frecuencia fundamental se puede ver en [7]. En [8], Little et al estudian diez

métodos de cálculo de F0. En [3] se usa un correlograma, gráfico basado en la correlación de dos ventanas de la señal. Esta técnica no es automática. Tiene una etapa de generación de candidatos para F0 y otra de selección. En [5], se utiliza la descomposición de modo empírico, un método para descomponer una señal sin salir del dominio del tiempo. Si bien este método necesita que se elijan manualmente las funciones intrínsecas de modo, los autores proponen una técnica para la elección automática. En [6] se propone el uso del método RAPT, basado en correlaciones cruzadas normalizadas, para generar candidatos de F0 y programación dinámica para elegir el valor definitivo. Tsanas et al en [1] compara los resultados de diez métodos distintos sobre los mismos datos y realiza una combinación de los resultados mediante cuatro técnicas. El mejor resultado se obtiene fusionando los cálculos de los diez métodos a través de filtrado adaptativo de Kalman.

No se han encontrado aplicaciones de redes neuronales artificiales sobre el cálculo de F0.

F0 está relacionada con el pitch, o percepción del tono de la voz. Las medidas acústicas más comunes de la voz, como shimmer, jitter y harmonics-to-noise ratio (HNR) dependen del valor calculado de F0. Por lo tanto, para un sistema que mida la calidad de la voz (tal como es percibida por los humanos), es fundamental la predicción de F0 [9].

1.1. Objetivos

Este trabajo se realiza en el marco de un proyecto de clasificación de la calidad vocal con redes neuronales artificiales. Es lógico pensar que, una red neuronal que recibe audio como entrada y es capaz de clasificar la

calidad de la voz, debe calcular en alguna parte de su arquitectura información relacionada con F0.

El objetivo principal del trabajo es determinar si una red neuronal es capaz de predecir F0 a partir de la información espectral de grabaciones de voz. Por otro lado, se desea conocer las características que debe tener este modelo neuronal de predicción de F0 para incorporar esta capacidad a una red neuronal mayor que calcule la calidad vocal.

1.2. Producción de la voz

La glotis es la apertura laríngea delimitada por las cuerdas vocales. Músculos y cartílagos en la laringe proveen varias dimensiones de ajuste de las cuerdas, incluyendo el grado de cierre, la tensión longitudinal y la rigidez. Cuando las cuerdas vocales se encuentran ajustadas de forma correcta y el flujo de aire que va desde los pulmones hasta la subglótis tiene la velocidad suficiente, las cuerdas oscilan. Como las cuerdas vocales oscilan, varía el grado de apertura glótica, lo que produce una modulación en el volumen de aire que pasa a través de la glotis. Esta modulación periódica del flujo de aire sirve de excitación para el tracto vocal durante el habla [7].

La colisión de las cuerdas vocales y la energía acústica retroalimentada por el tracto vocal hacia la glotis alteran el flujo de aire y generan armónicos (múltiplos de la frecuencia de vibración de las cuerdas vocales) [10]. Estos armónicos son filtrados y/o amplificados por el tracto vocal permitiendo, entre otras cosas, la producción de las vocales, cada una identificada con una modulación diferente de los armónicos.

En la Fig. 1 se puede ver la estructura de armónicos de la pronunciación de una vocal /a/ sostenida. Para el caso de la figura, las cuerdas vocales vibran aproximadamente a la frecuencia $F_0 = 204$ Hz (primer pico). Los demás picos que se muestran en el espectro de frecuencias corresponden a los armónicos.

Es importante notar en la Fig. 1, que los armónicos, al ser múltiplos F_0 , se encuentran separados entre sí por una distancia igual a F_0 .

1.3. Separación entre armónicos

Se podría pensar que es posible obtener F0 a partir del espectro de frecuencias identificando el primer pico o el pico más alto. En el ejemplo de la Fig. 1 esta idea funcionaría correctamente, pero es posible que el primer armónico (F_0) se atenúe parcial o totalmente en el tracto vocal.

Una de las estrategias para calcular F0 es medir la separación entre los armónicos. Para lograrlo se puede calcular el cepstrum de la señal y buscar su pico máximo

[11]. El cepstrum es la Transformada de Fourier (FT) del logaritmo del módulo del espectro de la señal. El logaritmo se calcula para que las magnitudes de los diferentes armónicos se vuelvan más parecidas. En la Fig. 2 se muestra el efecto del logaritmo sobre el espectro de la Fig. 1.

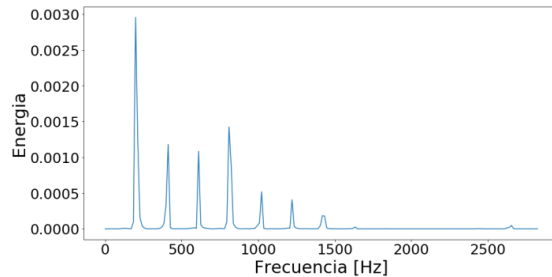


Figura 1. Espectro de frecuencias de una vocal /a/ sostenida.

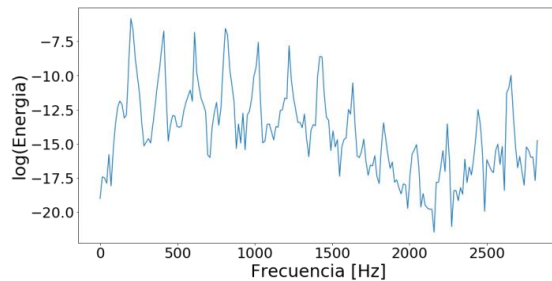


Figura 2. Logaritmo del espectro de frecuencias de una vocal /a/ sostenida.

Para datos discretos, el cepstrum se calcula con la Transformada Discreta de Fourier (DFT):

$$cepstrum = DFT(\log(abs(espectro)))$$

La posición del valor máximo del cepstrum (sin considerar el primer elemento) indica la frecuencia con la que ocurren los armónicos. A partir de ese valor, se puede estimar F_0 .

El modelo neuronal propuesto en este trabajo no calcula el cepstrum, pero utiliza una capa de convolución para lograr un efecto similar.

2. Materiales y métodos

2.1. Datos

La red neuronal se creó para predecir F0 en señales de audio de dos segundos de duración.

Los audios son parte de la Voice Disorders Database (VDD) [12], grabados por la Universidad Politécnica de Madrid en colaboración con el Hospital Universitario Príncipe de Asturias. Estas grabaciones se realizaron sobre personas sanas y personas con patologías vocales pronunciando una vocal /a/ sostenida durante aproximadamente dos segundos. Además de los audios, la VDD contiene, entre otros atributos, una estimación de F_0 , la valoración de la calidad vocal, estado de salud (normal/patológico) e información sobre la persona, como por ejemplo edad y sexo.

2.1.1. Entradas

Los audios se encuentran en formato WAV con una tasa de 25000 muestras por segundo. Se seleccionaron todos los archivos de duración ≥ 2 segundos datos muestras normales (no patológicos) y se tomaron las 50000 muestras centrales.

Sobre todas las secuencias de 50000 muestras se calculó el logaritmo del módulo de la Transformada de Fourier de Tiempo Reducido (STFT) con una ventana de tipo Tukey(0,25) de ancho 1760 y superposición de 1540 elementos. El resultado es un espectrograma formado por 220 espectros de frecuencia de longitud 880. La mayor parte de la energía se concentra en las primeras 200 columnas del espectrograma, por lo tanto, las últimas 680 columnas no se utilizan como entradas al modelo de predicción. En la Fig. 3 se puede ver el espectrograma (entrada al modelo) de la misma señal que se utilizó para calcular el espectro de la Fig. 1.

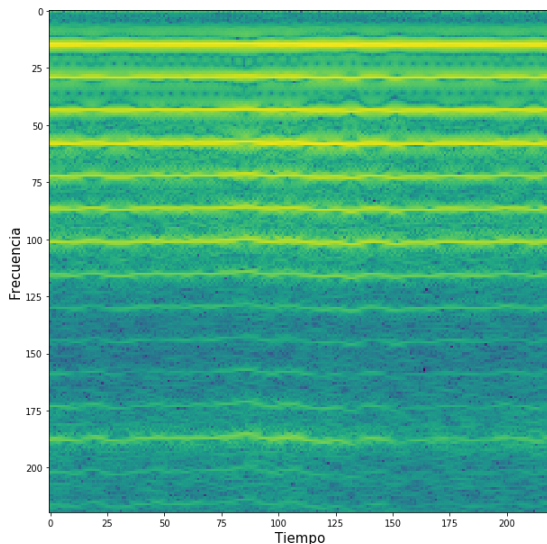


Figura 3. Logaritmo de la magnitud del espectrograma de una vocal /a/ sostenida.

2.1.2. Salidas

Se entrenó la red para predecir dos estimaciones distintas de F_0 , la del atributo F_0 (siempre que se haga referencia al “atributo” F_0 , se escribirá en *itálica*) en la VDD y la frecuencia del pico del cepstrum calculada para los archivos seleccionados. Este último valor fue llamado *cepsPeak*.

Tal como se esperaba, los atributos F_0 y *cepsPeak* contienen estimaciones de F_0 diferentes. En la Fig. 4 se muestra el histograma de la diferencia F_0 -*cepsPeak* para todos los archivos de audio. La curva se asemeja a la de una distribución normal y la diferencia máxima entre estimaciones es de 10 Hz, salvo por tres outliers, los archivos *Isia.wav*, *Raaa.wav* y *Bgpna.wav*. Estos tres casos fueron eliminados de los juegos de datos.

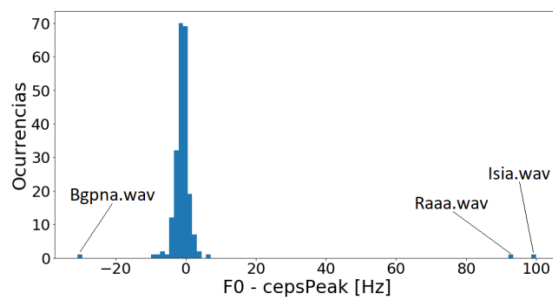


Figura 4. Distribución de la diferencia entre F_0 y *cepsPeak*.

El juego de datos resultante está compuesto por 217 casos. Contiene espectrogramas de tamaño 200x220 como entradas y los atributos F_0 y *cepsPeak* como salidas.

Para el entrenamiento, los datos se dividieron en conjuntos de entrenamiento y validación según el método de validación cruzada k-fold para $k = 4$. De esta forma, todos los datos se utilizan tanto para entrenamiento como para validación y el error se calcula como la media de los 4 entrenamientos. El tamaño del set de validación es de aproximadamente el 25% de la cantidad total de datos.

El valor de las salidas, F_0 y *cepsPeak*, se normalizó entre 0 y 1.

2.2. Red neuronal

La red neuronal propuesta para predecir F_0 está formada por una capa de convolución, una capa de *max pooling*, una capa de *average pooling* y por último una capa densamente conectada con una neurona lineal. El diseño de la red permite realizar un cálculo similar al cómputo del cepstrum, pero más simple. Notar que la

operación matemática utilizada en la DFT es también una convolución discreta.

Debido a que la distancia entre el primer armónico (F_0) y el origen de coordenadas no puede variar (es siempre F_0), es posible encontrar una representación menos compleja que el cepstrum (con menos coeficientes) pero igualmente útil. Como en este caso la señal (espectro) no se puede desplazar, no es necesario tener en cuenta la fase y, por lo tanto, la base ortogonal de senos y cosenos que utiliza la DFT se puede reemplazar por otra con dimensión menor y perteneciente a \mathbb{R} . La red fue diseñada bajo este concepto. Los pesos de la capa de convolución son los elementos de los vectores que forman la nueva base.

A continuación se realizará una sintética, pero más intuitiva, del funcionamiento de la red propuesta. Cada uno de los kernels de convolución representa una frecuencia (o una separación entre armónicos). La salida de la capa de *max pooling* contiene el valor máximo de la convolución entre un kernel determinado y los datos de entrada. En otras palabras, esta capa indica el nivel de correspondencia entre cada kernel y el espectro de frecuencias para cada segmento temporal. La capa de *average pooling* calcula la media de cada kernel en el tiempo. Finalmente, la neurona lineal de salida recibe como entradas a los valores de soporte que cada kernel tiene en el espectrograma y realiza una ponderación para el cálculo de la frecuencia fundamental.

2.3. Elección de hiperparámetros

Para la arquitectura planteada, se buscaron los valores óptimos para la cantidad de kernels de la capa de convolución y también para el tamaño del campo receptivo de las neuronas de la misma capa.

Para el primer caso se analizó el comportamiento de la red con cantidad de kernels entre 1 y 20, mientras que el tamaño de la ventana se hizo variar de 20 a 200 con un paso de tamaño 10, para después disminuir el paso a tamaño 1 entre las configuraciones con menor error.

3. Resultados

Los mejores resultados se obtuvieron con el siguiente modelo (Fig. 5).

Capa de convolución. Esta capa tiene dos kernels de tamaño 25×1 y desplazamiento de una unidad en ambos sentidos. Para estos valores, la salida de la capa tiene las dimensiones $176 \times 220 \times 2$. La función de activación es lineal.

Capa de *max pooling*. Con ventana de tamaño 176×1 (alto completo de la capa anterior) y

desplazamiento de un elemento. La salida resultante tiene la forma $1 \times 220 \times 2$.

Capa de *average pooling*. Con ventana de tamaño 1×220 (ancho completo de la capa anterior). Esta capa tiene dos salidas que corresponden a los 2 kernels.

Capa de densa. La red termina en una neurona de activación lineal.

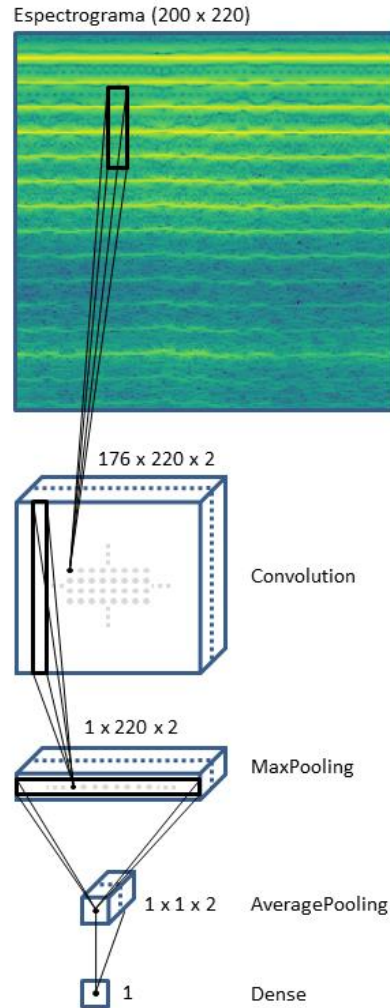


Figura 5. Modelo neuronal de predicción de F_0 para datos espectrales de entrada.

Los pesos se inicializaron con valores aleatorios uniformemente distribuidos entre -10^6 y 10^6 . Se utilizó el método de optimización Adam [13] con los parámetros provistos por los autores y las actualizaciones de los

pesos se realizaron en lotes del tamaño total de los datos de entrenamiento.

Con esta configuración del experimento, se logró un MSE medio de validación igual a 0,00141319 para F_0 y 0,00141343 para $cepsPeak$, correspondientes a un error absoluto de 6,32 Hz y 6,39 Hz respectivamente. En la Fig. 6 se muestran las predicciones para uno de los dataset de validación.

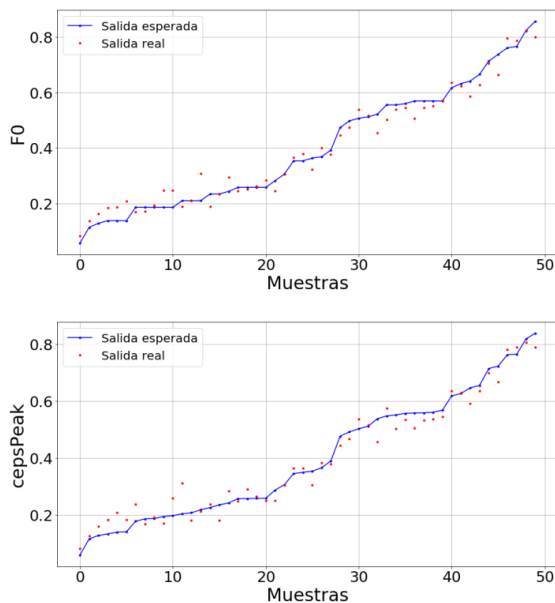


Figura 6. Predicción de F_0 (arriba) y $cepsPeak$ (abajo) para datos de validación. Los datos se encuentran en orden ascendente según el valor esperado para facilitar la visualización.

La red neuronal se implementó en Python utilizando las librerías de deep learning Keras y Theano. Los cálculos se realizaron en una GPU NVIDIA Titan Xp, donada a través del GPU Grant Program de NVIDIA.

Si se incrementa la cantidad de kernels de la capa de convolución, el modelo sobreentrena. Es posible que con más datos de entrenamiento se pueda utilizar un modelo más complejo y mejorar la precisión de la predicción.

4. Conclusiones

No se han publicado otros trabajos de predicción automática de F_0 para la base de datos utilizada. En [1] se comparan diez métodos de predicción de F_0 y se obtiene un error absoluto medio de 23,8 Hz, con solo un caso de error < 6 Hz. Desde este punto de vista los resultados parecen alentadores, aunque no es correcto

realizar una comparación directa ya que se utilizaron bases de datos diferentes.

Se concluye que un modelo neuronal con las características planteadas es capaz de predecir el valor de F_0 para ambas variantes de cálculo (F_0 y $cepsPeak$) y se considera que, para la cantidad de datos utilizados en el entrenamiento, el resultado es satisfactorio.

El modelo propuesto podría ser utilizado como parte de un modelo mayor que calcule la calidad vocal.

5. Trabajos futuros

En el futuro se planea repetir este trabajo sobre una base de datos más amplia y desarrollar un modelo neuronal que, basado en el propuesto, calcule otras medidas acústicas.

La base de datos se ampliará con grabaciones locales. Se espera que al aumentar la cantidad de datos de entrenamiento, el modelo tenga menor tendencia al sobreentrenamiento y, por lo tanto, se pueda aumentar la cantidad de kernels de la capa de convolución para mejorar la precisión de la predicción.

Con respecto al diseño de nuevas redes neuronales, se desarrollarán modelos de predicción de shimmer, (tal como se realizó en [14-15] sobre datos sintetizados) y jitter sobre la voz basados en el modelo propuesto en este trabajo. Shimmer y jitter son indicadores de modulación en amplitud y frecuencia respectivamente. Dado que una red neuronal es capaz de calcular el espectrograma de una señal [16], para los nuevos desarrollos las entradas serán directamente los archivos de audio y el espectrograma se calculará en el interior de la red.

6. Referencias

- [1] Tsanas, A., Zañartu, M., Little, M. A., Fox, C., Ramig, L. O., and Clifford, G. D. "Robust fundamental frequency estimation in sustained vowels: detailed algorithmic comparisons and information fusion with adaptive Kalman filtering." *The Journal of the Acoustical Society of America* 135.5. 2014: 2885-2901.
- [2] Kane, J., and Gobl, C. "Identifying regions of non-modal phonation using features of the wavelet transform." *Twelfth Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2011.
- [3] Granqvist, S., and Hammarberg, B. "The correlogram: a visual display of periodicity." *The Journal of the Acoustical Society of America* 114.5. 2003: 2934-2945.
- [4] Roark, R.M. "Frequency and voice: perspectives in the time domain." *Journal of Voice* 20.3. 2006: 325-354.
- [5] Schlotthauer, G., Torres, M.E., and Rufiner, H.L. "A new algorithm for instantaneous F_0 speech extraction based on ensemble empirical mode decomposition." *Signal Processing Conference, 2009 17th European*. IEEE. 2009.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [6] Gladis, D., and Dalvi, U. "A study of F0 estimation based on RAPT framework using sustained vowel." *Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2015 International Conference on*. IEEE, 2015.
- [7] Talkin, D. "A robust algorithm for pitch tracking." *Speech Coding and Synthesis*. 1995.
- [8] Little, M., McSharry, P., and Howell, P. "Accurate telemonitoring of Parkinson's disease symptom severity using nonlinear speech signal processing and statistical machine learning." *Diss. Oxford University*, UK, 2012
- [9] Buder, E.H. "Acoustic analysis of voice quality: A tabulation of algorithms 1902–1990." *Voice quality measurement*. 2000: 119-244.
- [10] Titze, I. R. "How are harmonics produced at the voice source?" *Journal of Singing* 65.5. 2009: 575.
- [11] Noll, M.A. "Cepstrum pitch determination." *The journal of the acoustical society of America* 41.2. 1967: 293-309.
- [12] Arias-Londoño, J. D., Godino-Llorente, J. I., Markaki, M., and Stylianou, Y. "On combining information from modulation spectra and mel-frequency cepstral coefficients for automatic detection of pathological voices". *Logopedics Phoniatrics Vocology* 36.2. 2011: 60-69.
- [13] Kinga, D., and Adam, J.B. "A method for stochastic optimization." *International Conference on Learning Representations (ICLR)*. Vol. 5. 2015.
- [14] García, M.A. and Destéfanis, E.A. "Deep Neural Networks for Shimmer Approximation in Synthesized Audio Signal." *Argentine Congress of Computer Science*. Springer, Cham, 2017.
- [15] García, M.A., Rosset, L., Destéfanis, D.A., Moyano, M., Carrillo, F. and Cerrutti, J.S. "Ajuste de Distribución de Datos para Aproximación de Shimmer en Audio con Deep Neural Networks." *5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información*. 2017.
- [16] García, M.A. and Destéfanis, E.A. "Spectrogram Prediction with Neural Networks." *Argentine Congress of Computer Science (CACIC)* 2018.

Coprocesador FPGA para la Aceleración del Diagnóstico Precoz en Cáncer de Mama

Lucas Leiva
Facultad de Ingeniería
Universidad FASTA
Facultad de Ciencias Exactas
UNICEN
Pinto 399, Tandil, 7000
lleiva@exa.unicen.edu.ar

Jordina Torrents-Barrena
Departamento de Ingeniería
Informática y Matemáticas
Universidad Rovira i Virgili
Ctra. de Valls, s/n, 43007,
Tarragona, España
jordina.torrents@urv.cat

Martín Vázquez
Facultad de Ingeniería
Universidad FASTA
Facultad de Ciencias Exactas
UNICEN
Pinto 399, Tandil, 7000
mvazquez@exa.unicen.edu.ar

La inteligencia artificial en tiempo real es la siguiente frontera en el análisis y procesamiento de datos. Las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) son algoritmos de aprendizaje automático empleados en multitud de tareas clínicas gracias al alto rendimiento que proporcionan. El uso de las SVM aceleradas mediante coprocesadores FPGA resulta desafiante debido a la complejidad computacional requerida. Por tanto, surge la necesidad de migrar las SVM a plataformas hardware con el fin de alcanzar un alto rendimiento con costes y consumos de energía bajos. Asimismo, el surgimiento de herramientas de síntesis de alto nivel (HLS) ofrece soporte flexible para la configuración de arquitecturas sobre dichas plataformas. La contribución del presente artículo es doble: 1) se analizan exhaustivamente todas las rutinas que componen la librería LIBSVM en búsqueda de secciones de código paralelizables y/o optimizables, y 2) se propone una metodología de aceleración para LIBSVM mediante tecnología FPGA teniendo en cuenta el caso de estudio. Dicho estudio se basará en la detección y segmentación de masas en cáncer de mama, cuyo objetivo será acelerar el diagnóstico precoz de la enfermedad. La optimización presentada fue desarrollada utilizando Vivado HLS, y ofrece una aceleración del 4.4X respecto al método original implementado en Matlab.

1. Introducción

El cáncer de mama es el tipo de cáncer con mayor incidencia dentro de la población femenina. Según la *American Cancer Society*, el cáncer de mama representa el 25% de todos los nuevos diagnósticos de cáncer en mujeres a nivel mundial. En 2012, se diagnosticaron casi 1,7 millones de casos nuevos a nivel mundial. Las tasas de supervivencia varían en todo el mundo, pero están mejorando en general. En los países con atención

avanzada, la tasa es del 80-90% para diagnósticos precoces, y del 24% si el diagnóstico se produce en una etapa posterior. La mamografía es uno de los métodos más confiables para detectar microcalcificaciones de mama [1-2] en su etapa más temprana y más tratable. Además, permite la detección de otras patologías como masas y alteraciones de densidad, y puede sugerir la naturaleza del tumor (benigno o maligno).

La inspección realizada por radiólogos en busca de indicios tempranos de la enfermedad, es una tarea altamente demandante. En este sentido, el factor humano involucrado en el proceso de diagnóstico es propenso a tasas de error que se encuentran entre el 10% y el 30% [3]. En estos diagnósticos erróneos, las pacientes son sometidas a biopsias que generan un gasto económico y una situación de estrés innecesaria.

Los sistemas de diagnóstico asistido por computadora (CAD) [4] tienen como objetivo dar soporte a los radiólogos favoreciendo la detección temprana de lesiones mamográficas [5]. Estos sistemas pueden alertar al especialista mediante el marcado de regiones sospechosas, la detección de anomalías y su posterior categorización. Estudios recientes han demostrado que los sistemas CAD mejoran la precisión de los radiólogos en la detección del cáncer de mama [6-7].

Los sistemas CAD empleados durante la identificación de anomalías mamográficas generalmente comprenden las siguientes etapas: i) pre-procesamiento de las imágenes para mejorar su calidad y eliminar el ruido procedente de la adquisición, ii) extracción de características para identificar regiones sospechosas o de interés (ROI), y iii) categorización de dichas ROIs como benignas o malignas mediante un clasificador [8].

Es posible encontrar en la literatura distintas alternativas con respecto a las etapas mencionadas anteriormente, cuyas variantes pueden ser comparadas en rendimiento, precisión, sensibilidad y especificidad [9-10]. Los clasificadores empleados usan herramientas estadísticas, o técnicas de inteligencia artificial como redes neuronales artificiales (ANN) [11], Decision Trees (DT) [12], Support Vector Machines (SVM) [13], Convolutional Neural networks (CNN) [14], Algoritmos genéticos (GA) [15], Particle Swarm Optimization (PSO) [16], y Deep Belief Networks (DBN) [17].

Generalmente existe una solución intermedia entre la precisión de los resultados CAD, y el rendimiento (o latencia del sistema). Si bien los clasificadores SVM resultan adecuados para ser utilizados en este campo de investigación, su principal inconveniente está determinado por la alta tasa de cómputo, y por ende la demora asociada. El modelo resultante de la fase de entrenamiento es computacionalmente caro y consume mucho tiempo, especialmente para los problemas cuya solución se encuentra en un espacio no lineal. Las SVM ofrecen alta precisión, sin embargo, la intensidad computacional requerida plantea un desafío en el diseño de estructuras hardware capaces de realizar clasificaciones en tiempo real mientras se mantiene un consumo bajo de energía [18]. Dichas plataformas dedicadas limitan la utilización de recursos y el consumo de energía. En este sentido, la lógica reconfigurable (FPGAs) proporciona plataformas de alto rendimiento (HPC) a un bajo costo [19], superando así a los *General-Purpose-Processors* (GPP) en una gran variedad de áreas [20-22]. Alternativamente, surge el uso de unidades de procesamiento gráfico (GPU) como hardware de soporte a aplicaciones de cómputo intensivo [23]. Sin embargo, el mapeo de algoritmos puede ser complejo en GPUs debido a su estructura de hardware fija y a las limitaciones de recursos disponibles (memoria, registros, caché y núcleos), motivando un movimiento hacia las implementaciones en FPGA [24]. En particular, se puede encontrar una amplia literatura de aceleración de aplicaciones SVM basadas tanto en GPU [25], como en FPGA [26-29]. En [18] se presenta que la aceleración promedio de FPGAs respecto a CPUs alcanza hasta el 53x, y respecto a GPUs hasta 23x.

Si bien el ciclo de desarrollo en FPGA resulta más extenso respecto al de GPU, los fabricantes de FPGAs han empezado a brindar soporte para síntesis de alto nivel (HLS), permitiendo generar arquitecturas hardware a partir de código C o C++. En [30], por ejemplo, se presenta la aceleración de un sistema basado en SVM utilizando HLS aplicado a la detección de melanomas.

En este trabajo se presenta una metodología que permite acelerar (sin pérdida de precisión) un sistema inteligente de detección de tumores en mamografías, basado en el uso de características estadísticas, filtros de

Gabor y clasificadores SVM. El desarrollo comprende un análisis integral de tiempos del sistema, y la definición de una metodología para aceleración de sistemas complejos a partir del caso de estudio. En esta solución se utiliza una FPGA como hardware de soporte del sistema principal de cómputo, y herramientas HLS.

En la sección 2, se presentan las condiciones iniciales del problema, detallando el algoritmo base a acelerar. La sección 3 detalla los pasos realizados para lograr la aceleración, contemplando la detección de función crítica, partición hardware / software, migración a hardware y optimización del coprocesador. Los resultados experimentales de la aceleración se presentan en la sección 4. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones y líneas futuras de este trabajo.

2. Análisis del Problema

La metodología de aceleración propuesta se aplica al algoritmo presentado en [31], cuyos pasos detallan un método eficiente basado en píxeles para la identificación de tumores en mamografías. El trabajo comprende cuatro fases: pre-procesamiento, extracción de características, selección de características y clasificación (Fig. 1).

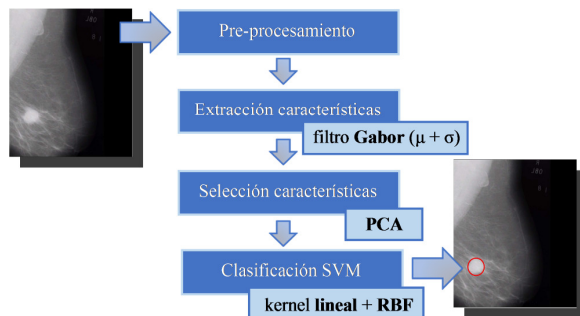


Figura 1. Etapas del sistema base

Esta aproximación define un banco de filtros de Gabor en dos dimensiones para capturar patrones de textura en mamografías, siendo éstos útiles para obtener descriptores que contienen información del espacio y la frecuencia, además de ser robustos al ruido.

La extracción de características de textura de un píxel respecto a su vecindario (ventana de 7x7) está basada en la media y la desviación estándar del módulo de los coeficientes wavelet de Gabor. El banco de filtros de Gabor utilizado fue configurado con cuatro escalas y seis orientaciones en un rango de frecuencia entre 0.05 y 0.4. De esta forma, cada vector característico posee una dimensión de 48: 4 (escalas) x 6 (orientaciones) x 2 (características: media, desviación estándar).

Los vectores de características son utilizados, tanto en la fase de entrenamiento como en la etapa de predicción, por un clasificador SVM. Las funciones empleadas para

implementar dichas máquinas de soporte fueron provistas por la librería libSVM [32].

El algoritmo propuesto ha sido entrenado y evaluado utilizando la base de datos mini-MIAS [33] que comprende 322 imágenes de 1024×1024 píxeles. Cada imagen incluye información sobre las anomalías existentes (ubicación de la lesión y radio aproximado que delimita la lesión).

Si bien el método comprende dos etapas: entrenamiento y predicción, se considera la premisa de que el sistema se encuentra en un estado operativo, es decir, con un modelo previamente entrenado. Esto se fundamenta en base a que la fase de entrenamiento solo se ejecuta una vez, y no implica una tarea crítica en cuanto a tiempo de respuesta, a pesar de su costo computacional [34]. Además, resulta de interés particular a los especialistas de diagnóstico, la posibilidad de tener una localización aproximada del tumor en tiempo real, por tanto, minutos después de realizarse la mamografía.

En la Fig. 2 se presenta el pseudocódigo de la etapa de predicción que se corresponde con el código original implementado en Matlab. Se han resaltado las funciones de interés para el posterior análisis.

Función principal (<i>run.m</i>)	
1.	Configuración variables
2.	Configuración Filtro de Gabor
3.	Creación directorios temporales
4.	Extracción de características (<i>fcngmsdfeat.m</i>)
5.	Generación caso de test
6.	Clasificación de características + validación experimental (<i>classificationSVM.m</i>)
a.	Carga del modelo
b.	Preparar modelo de test
c.	Uso del modelo para la clasificación (<i>svmpredict.c</i>)
d.	Almacenamiento resultados

Figura 2. Pseudo algoritmo de predicción.

Dentro de los parámetros de configuración se establecen las rutas a los archivos donde se encuentran las imágenes a analizar, así como también del modelo entrenado. La configuración de los parámetros del filtro de Gabor permite escoger el tipo de frecuencia (baja o alta), escalas, orientaciones, tamaño de ventana (estrechamente relacionado con el radio promedio de los tumores), el número de características (media, desvío estándar, sesgo y curtosis), y el kernel a utilizar (no lineal, lineal, polinomial, sigmoideo). Posteriormente se realiza la creación de los directorios que almacenarán los archivos temporales, se extraen las características de la imagen que se desea analizar (función *fcngmsdfeat*), y se generan los archivos necesarios para el caso de testeo. La

ejecución continúa con el llamado a la función *classificationSVM* en el paso 6, la cual realiza la carga y preparación del modelo, la clasificación mediante la función *svmpredict* (asociada a la librería libSVM) y el almacenamiento de los resultados computados.

Se realizaron pruebas de tiempos de respuesta del sistema teniendo en cuenta un modelo previamente entrenado con 36 imágenes, que contiene un total de 86402 vectores de soporte. La imagen utilizada para las pruebas se corresponde con la imagen "imb001" de la base de datos Mini-MIAS.

Las pruebas se realizaron sobre los cuatro tipos de kernels disponibles en la librería libSVM: no lineal, lineal, polinómico y sigmoideo. El programa fue ejecutando sobre una PC con un procesador Intel I5, con 8Gb de memoria RAM. La versión de Matlab utilizada fue 7.12.0 (R2011a) y el sistema operativo Windows 7. Los parámetros utilizados durante la generación de los modelos y el tiempo de respuesta del sistema según el kernel utilizado se presentan en la Tabla 1. Los tiempos fueron obtenidos del promedio de 10 ejecuciones por cada caso.

Tabla 1. Configuración de kernels y tiempos de ejecución en la etapa de predicción.

Kernel	Configuración	Tiempo (minutos)
No lineal	costo = 0.0312 gamma = 64	56.1
Lineal	costo = 0.5	32..3
Polinómico	costo = 1 coeficiente 0 = 0 grado = 1	43.9
Sigmoideo	costo = 0.0312 gamma = 64 coeficiente 0 = 0	31.1

Los resultados demuestran que el tiempo de clasificación para el mejor de los casos es superior a los 31.1 minutos. Este inconveniente provoca que la solución resulte poco práctica de aplicar en un entorno clínico real.

3. Migración a coprocesador FPGA

Se plantea como solución la implementación de un sistema CAD sobre una arquitectura heterogénea, utilizando a la PC como módulo principal de ejecución de la aplicación. Se propone el uso de un coprocesador FPGA que permita asistir al núcleo central en la computación intensiva (Fig. 3).

La metodología propuesta para el proceso de aceleración, involucra una secuencia de pasos: i) detectar las rutinas críticas del sistema, sobre las cuales es beneficioso aplicar una técnica de aceleración, ii) delimitar la partición hardware / software, para definir

cuales se implementarán en hardware, iii) migración a hardware, aprovechando la predisposición a la paralelización de la plataforma FPGA (este paso requiere de una adaptación del código fuente para que sea sintetizable), y iv) aplicación de directivas a la arquitectura generada que permitan aumentar el rendimiento del acelerador.

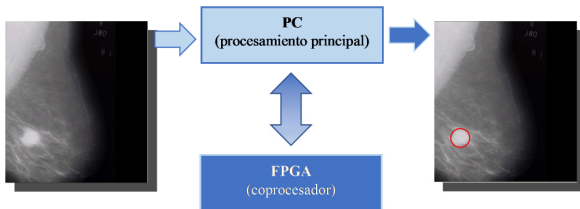


Figura 3: Arquitectura de aceleración propuesta

3.1. Detección de funciones críticas

En primera instancia, y con el fin de lograr la máxima aceleración posible, es necesario detectar la sección crítica del algoritmo que provoca la mayor demora. Considerando que el desarrollo original fue realizado en Matlab, se aprovechó el uso de herramientas de *profiling*. La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos (en segundos) en cada una de las pruebas, representando el tiempo consumido durante la ejecución para cada una de las funciones. Dicha tabla solo muestra las cuatro funciones con mayor retardo.

Tabla 2. Funciones implementadas en Matlab con mayor retardo (en segundos).

	No lineal	Lineal	Polinómico	Sigmoideo
svmpredict (MEX-file)	3345.1	1925.4	2616.5	1855.1
classificationS VM	16.1	4.8	9.3	3.7
run	4.6	5.6	8.6	4.7
fcngmsdfeat	1.4	1.7	2.4	1.5
Tiempo total de ejecución	3368.7	1939.6	2639.3	1868.2

A pesar de que los resultados presentados contienen el gasto generado por la herramienta de *profiling*, en todos los casos se observa que el mayor retardo está asociado a la rutina de predicción de la misma libSVM (*svmpredict*), indicando que el tiempo de ejecución para el resto de funciones es de 20 segundos aproximadamente (carga de trabajo inferior al 1% del total). Por ello, el tiempo consumido por el código en Matlab puede considerarse irrelevante en comparación con el introducido por la función mencionada.

En consecuencia, se realizaron análisis de consumo de memoria de la aplicación para verificar el origen de la latencia presentada. Se observó que dichas latencias no eran provocadas por dependencias de datos, sino por la alta demanda de cómputo que requiere la aplicación.

La función *svm_predict* está descrita en C en el archivo *svmpredict.c* y es compilada como una función MEX, permitiendo un mejor rendimiento en tiempo de ejecución para la clasificación. Contiene declaraciones propias de Matlab que hace que el código no sea portable a otros compiladores GNU. En esta función, cada uno de los vectores de características es clasificado mediante la función *svm_predict_values*, la cual retorna los valores de decisión (etiqueta de clasificación). Dependiendo del kernel, se aplica una función de distancia u otra (*kernel::k_function*) calculadas mediante el producto escalar (función *dot*) entre el vector de soporte del modelo y el vector a clasificar. Este cálculo se puede aplicar a todos los casos exceptuando la función de base radial (RBF).

En la Fig. 4 se presenta un pseudocódigo del camino crítico de la ejecución de la rutina, detallando las funciones involucradas. En este caso, se presta especial atención a los lazos, ya que estos son los que generalmente definen la latencia de ejecución de un programa.

```

void mexFunction (...)
→ svm_predict (...)
  por cada vector a predecir
  // testing_instance_number iteraciones
  {
    // cálculo de kvalues
    → svm_predict_values (...)
      por cada support vector del
      modelo
      // 1 iteraciones
      {
        → Kernel::k_function (...)
          si kernel = RBF
            por cada valor del vector a
            predecir
            // sv_size iteraciones
            {
              CALCULO DE DISTANCIA
            }
          sino
            → dot (...)
              por cada valor del
              vector a predecir
              // sv_size iteraciones
              {
                PRODUCTO ESCALAR
              }
            }
          // predicción
        }
      }
  }

```

Figura 4: Funciones involucradas en la rutina *svm_predict*.

El método *predict* realiza una iteración por cada vector a clasificar, e invoca a la función *svm_predict_values* por cada instancia. En el caso particular analizado, el número de llamadas a esta función es de 156867. La función *svm_predict_values* realiza el cálculo de la distancia con cada uno de los vectores almacenados en el modelo, siendo 86402 el número total de invocaciones. Dicha función también realiza una única llamada a la rutina *k_value*, la cual puede invocar, dependiendo del tipo de kernel, a la función *dot*. La Fig. 5 muestra un diagrama de invocaciones durante la ejecución de la función *predict*.

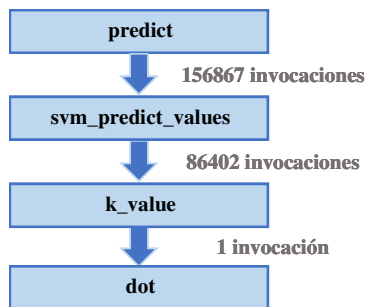


Figura 5: Funciones involucradas en el camino crítico del software.

El número de ejecuciones para las funciones *k_value* y *dot* resulta excesiva, reafirmando la hipótesis formulada: la latencia está asociada de forma directa con el número de iteraciones durante la ejecución (Tabla 3).

Tabla 3: Número de iteraciones por función.

Función	Número de iteraciones
predict	1
svm_predict_values	156.867
k_value	13.553.622.534
Dot	13.553.622.534

3.2. Partición Hardware / Software

Los resultados obtenidos en el análisis temporal demuestran que el cuello de botella en la ejecución se encuentra asociado a la función de predicción. Si bien una aceleración en la función *dot* puede resultar altamente beneficiosa, se propone que el acelerador contenga toda la funcionalidad de la librería para la fase de predicción, permitiendo la configuración del coprocesador de libSVM.

A pesar de que el modelo generado está altamente asociado al caso de estudio, debe considerarse que el coprocesador se genera desde una herramienta de síntesis de alto nivel, por lo que el impacto de desarrollo es prácticamente nulo. Una modificación, tanto del modelo

como de las dimensiones de los vectores de entrada, solo requiere variar las constantes y su posterior síntesis.

3.3. Migración a Hardware

La herramienta de diseño utilizada para la generación del coprocesador (Vivado HLS [35]) permite el ingreso de código de alto nivel (C y C++), compartiendo el lenguaje con las descripciones de las funciones asociadas a libSVM. Sin embargo, existen construcciones que deben modificarse para que el algoritmo sea sintetizable. Para ello, los archivos de código fuente de la librería fueron modificados asumiendo la instanciación de algunos parámetros.

Dentro de las modificaciones requeridas se encuentra las asignaciones dinámicas de memoria. La función *malloc* no es una función válida para síntesis debido a que los recursos de memoria deben estar definidos antes del proceso de síntesis y por este motivo debe ser eliminada del código fuente [35]. Esta modificación obliga a que cada variable con tamaño dinámico sea definida con una dimensión constante, incidiendo considerablemente en el código. Por otra parte, las iteraciones con índices variables tampoco son soportadas por Vivado HLS y esto obliga a que todos los bucles del código sean establecidos en un número de iteraciones fijo.

Asimismo, el código original utiliza el tipo de datos *mxArray* que permite el traspaso de información de una aplicación Matlab a un proceso MEX. Este tipo de dato es propietario de Matlab y su definición no es abierta [36], obligando a convertir los datos *mxArray* en construcciones soportadas. El tipo de dato *mxArray* puede contener diferentes vectores de distintas longitudes, y debe ser particionado en diferentes variables. Por ejemplo, la estructura *mxArray *tplhs[3]* se reemplazaría por:

```

double tplhs_0[testing_instance_number];
double tplhs_1[3];
double tplhs_2[testing_instance_number][1]
  
```

Una vez adaptado el código para ser soportado por Vivado HLS, se analizó su cobertura a través de simulaciones, permitiendo la eliminación de aquellas secciones innecesarias. El código eliminado originalmente se encuentra dentro de la librería por la flexibilidad de parametrización con la que cuenta. Si bien, se pretende mantener la mayor flexibilidad posible para que pueda ser utilizada en otras aplicaciones. Es necesario resaltar que el principal objetivo de este trabajo es la aceleración del método presentado en [31], y ante un balance entre rendimiento y flexibilidad prevalecerá el rendimiento (los sistemas CAD deben ser precisos, ante todo).

El diseño fue validado a través del uso de *testbench* y su simulación en Vivado HLS, el cual realiza la carga del modelo y vectores, para posteriormente ejecutar la rutina de clasificación. Los resultados fueron comparados con los obtenidos en Matlab, demostrando así la equivalencia entre ambos.

3.4. Optimización de la arquitectura Hardware

Las optimizaciones realizadas al coprocesador fueron abordadas incrementalmente. En soluciones intermedias se analizaron y verificaron incrementos paulatinos del rendimiento del sistema hasta alcanzar un tiempo de respuesta aceptable. Dichas soluciones abarcan tanto el uso de directivas de la herramienta (*loop unrolling*, *pipeline* e *inline*), como las optimizaciones del código que proporcionaron los resultados obtenidos.

La directiva *pipeline* se aplica en bucles permitiendo una ejecución concurrente de las instrucciones. El desenrollamiento de bucles (*loop unrolling*) permite explotar el paralelismo entre iteraciones, creando múltiples copias del cuerpo del bucle y ajustando el contador de iteración. Por otra parte, las funciones descritas en C/C++ son interpretadas por la herramienta de síntesis como un bloque RTL. A través de la directiva *inline*, la función deja de ser interpretada como un bloque logrando una mejor organización en la ejecución de las instrucciones.

Se generaron seis soluciones, donde cada una de ellas utiliza directivas de síntesis particulares (Tabla 4). Tanto los tiempos como las aceleraciones parciales y acumuladas se presentan en la sección de resultados experimentales.

Tabla 4: Directivas de síntesis aplicadas a cada solución.

	Optimizaciones
Solución 1	Directiva <i>pipeline</i> en bucle de función <i>dot</i> y en bucle de cálculo de rbf de la función <i>k_function</i> .
Solución 2	Directiva <i>unroll</i> de bucle en función <i>dot</i> con factor 4
Solución 3	Eliminación del código de cálculo de distancia RBF en <i>k_function</i>
Solución 4	Directiva <i>pipeline</i> a bucles internos de la función <i>svm_predict_values</i>
Solución 5	Directiva <i>pipeline</i> a bucles internos de la función <i>predict</i>
Solución 6	Directiva <i>inline</i> en funciones <i>dot</i> y <i>k_function</i>

4. Resultados experimentales

La herramienta utilizada para el diseño del acelerador fue Vivado HLS versión 2017.2, y para la

implementación del sistema se optó por un dispositivo FPGA Virtex UltraScale xcvu190-flgc2104-2-e.

La Tabla 5 detalla tanto el tiempo (minutos), como las aceleraciones parciales de una solución respecto a la previa, y la aceleración total respecto a la versión original.

Tabla 5: Tiempos de ejecución, aceleraciones parciales y totales obtenidas de las soluciones generadas.

	Tiempo (minutos)	Aceleración parcial	Aceleración acumulada
Versión Inicial	204.6	-	-
Solución 1	62.5	3.271	3.271
Solución 3	45.4	1.376	4.507
Solución 4	33.8	1.340	6.040
Solución 5	30.9	1.095	6.613
Solución 6	18.0	1.712	11.325
Solución 7	7.2	2.500	28.310

En la tabla se puede observar que a partir de la herramienta pudo lograrse una aceleración considerable respecto a primera versión de síntesis. El haber conseguido una aceleración de 28.3x respecto a la arquitectura inicial generada, indica que el soporte brindado por las herramientas para el análisis de la generación de la arquitectura es adecuado y logra resultados considerables. Además, se observa que el factor de la aceleración logrado, concuerda con los valores de aceleración obtenidos en otros trabajos [37], considerando que el uso de plataformas heterogéneas con utilización de FPGAs puede alcanzar un incremento entre 2.3x y 5.7x de rendimiento respecto a implementaciones en CPU. Si bien, existen aplicaciones que superan el orden de magnitud [21], estas soluciones están basadas en arquitecturas específicas.

De todas las directivas empleadas, las mejoras más significativas fueron la aplicación *pipeline* al bucle de la función *dot* y al bucle correspondiente al cálculo del kernel rbf de la función *k_function*. Con estos cambios se logró aumentar el rendimiento en 3.2X. La directiva *inline* sobre las funciones *dot* y *k_function* también permitió acelerar el código en 2.5X. Se probaron otras directivas, tales como *dataflow*, *loop_merge* y *loop_flatten*, sin mejores resultados, y se confirma que los mejores beneficios de aceleración utilizando Vivado HLS se presentan a través de aplicar *pipeline* y *unroll* a los bucles internos de las funciones, e *inline* a las funciones [38].

Por otra parte, se realizaron pruebas conservando el segmento de código que calcula la función rbf del kernel, y los resultados indicaron una latencia final de 7.23 minutos, con una diferencia menor a 1 segundo respecto a la mejor versión obtenida.

La Tabla 5 presenta una latencia inicial de 204.6 minutos, y el tiempo es muy superior al presentado en la versión ejecutada solo en PC (31.1 minutos), sin embargo, se destaca que la frecuencia de operación para el coprocesador (100 MHz) no es comparable con el de la PC (2.5 GHz). Por tanto, no se obtiene buen beneficio sin aprovechar la capacidad de paralelismo del FPGA. Considerando el tiempo de ejecución total detallado en la Sección 2, se concluye que la mejora presentada permite una aceleración de 4.4X.

Se destaca que en los tiempos presentados no se tiene en cuenta la transferencia de datos entre el procesador y el acelerador, pero se espera que el tiempo ocupado por esta tarea sea menor de 24 minutos. En este sentido, analizando opciones de transferencias para el caso particular, resulta que la transferencia de datos desde el procesador central al coprocesador (1.715.280 valores \approx 13,08 MB en 64 bits) y la transferencia de resultados desde el coprocesador (377.335*3 valores \approx 8,63 MB en 64 bits) no es un factor limitante del sistema. Considerando diferentes alternativas de transferencia, el tiempo de ocupación de esta tarea es inferior al minuto (PCI Express 1.0 x1 = 250MB/s, PCI Express 3.0 x1 = 984,6MB/s, USB 2.0 = 60MB/s, RS232 = 1.25MB/s). Esto demuestra que incluso utilizando una alternativa de bajas prestaciones como el RS232, el tiempo ocupado por la transferencia será de 18 minutos. Asimismo, la transferencia de datos permite ser ejecutada de forma solapada con el procesamiento, aumentando el rendimiento total del sistema.

Respecto al consumo de área, en la Tabla 6 se presenta la utilización de recursos para la implementación del sistema en la plataforma seleccionada. Los resultados muestran que la capacidad de este dispositivo permite su implementación con un amplio margen de desocupación de recursos.

Tabla 6: Recursos utilizados por la solución 7.

Name	BRAM_18K	DSP48E	FF	LUT
Total	322	210	32789	35826
Disponible	7560	1800	2148480	1074240
Disponible SLR	2520	600	716160	358080
Utilización (%)	4	11	1	3
Utilización SLR (%)	12	35	4	10

5. Conclusiones

Las aplicaciones CAD requieren que el tiempo de diagnóstico sea mínimo. En el caso de estudio presentado se demostró que el principal cuello de botella de la aplicación en la fase de predicción estaba asociado al uso de una máquina de soporte vectorial implementada en la librería LIBSVM. Los resultados obtenidos, no sólo

demuestran que su aceleración es posible, sino que además proporcionan una solución aplicable a otros campos de investigación. Si bien el objetivo principal del trabajo se centra en el caso de estudio, se mantuvo el mayor grado de flexibilidad con respecto a la funcionalidad de la librería.

Asimismo, el trabajo presenta una metodología de aceleración que puede aplicarse a una gran variedad de problemas de cómputo intensivo. En particular, se establece que el uso de herramientas de profiling es fundamental a la hora de determinar las mayores latencias del sistema. Además, la migración de aplicaciones soportadas por las herramientas HLS (en este caso Vivado HLS) no siempre es directa, y el código fuente debe ser modificado para ser sintetizable. Finalmente, se demuestra que tanto el uso de directivas, como el soporte brindado por la herramienta de síntesis permiten una exploración del espacio de diseño en corto plazo. En el caso de estudio presentado se observa que los mejores resultados fueron obtenidos a través del uso de las directivas *pipeline*, *unroll* e *inline*, que permitieron lograr una aceleración de 4.4x respecto a la versión original, sin pérdida de precisión.

Se pretende continuar con la definición de métricas que describan los límites de aceleración en base al número de vectores a clasificar, el número de vectores de soporte, las dimensiones de los vectores y el tipo de kernel. Estas métricas permitirán una estimación a priori de la máxima aceleración posible para otras aplicaciones que utilicen LIBSVM. Además, se analizará y profundizará la metodología presentada en otros campos de aplicación.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por la Secretaría de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Universidad FASTA.

7. Referencias

- [1] Yufeng, Z.: Breast Cancer Detection with Gabor Features from Digital Mammograms. Algorithms, Vol. 3: 44-62 (2010)
- [2] Ioan, B., Gacsadi, A.: Directional Features for Automatic Tumor Classification of Mammogram Images. Biomedical Signal Processing and Control, Vol. 6 (4): 370-378 (2011)
- [3] K. Kerlikowske, P. A. Carney, B. Geller, M. T. Mandelson, S. H. Taplin, K. Malvin, V. Ernster, N. Urban, G. Cutter, R. Rosenberg, and R. B. Barbash: Performance of screening mammography among Women with and without a first-degree relative with breast cancer. Ann. Intern. Med., Vol. 133: 855-863 (2000)
- [4] Tang, J., Rangayyan, R. M., Xu, J., El Naqa, I.: Computer-Aided Detection and Diagnosis of Breast Cancer with

Mammography: Recent Advances. *IEEE Trans. Information Technology in Biomedicine*, Vol. 13(2): 236-251 (2009)

[5] Giger, M. L., Karssemeijer, N., Armato, S. G.: Computer-aided diagnosis in medical imaging. *IEEE Trans. Med. Imag.*, Vol. 20: 1205-1208 (2001)

[6] Henriksen, E. L., Carlsen, J. F., Vejborg, I. M., Nielsen, M. B., Lauridsen, C. A.: The efficacy of using computer-aided detection (CAD) for detection of breast cancer in mammography screening: a systematic review. *Acta Radiologica*, (2018)

[7] Brem, R.: Potential Benefits of Computer-Aided Detection for Cancer Identification and Treatment. *JAMA internal medicine*, Vol: 176.3: 410-410 (2016).

[8] Menom, R., Raha, P., Chakrabarti, I.: Classification of Breast Mass in Ultrasound Images using CAD: A Survey. *Proceedings of 2016 International Conference on Systems in Medicine and Biology*, 4-7 (2016)

[9] Ganesan, K., Acharya, U. R., Chua, C. K., Min, L. C., Abraham, K. T., Ng, K.: Computer-aided breast cancer detection using mammograms: a review. *IEEE Reviews in biomedical engineering*, Vol. 6: 77-98 (2013)

[10] Sérvulo de Oliveira, F. S., Oseas de Carvalho Filho, A., Silva, A. C., Cardoso de Paiva, A., Gattass, M.: Classification of breast regions as mass and non-mass based on digital mammograms using taxonomic indexes and SVM. *Computers in biology and medicine*, Vol. 57: 42-53 (2015)

[11] Karabatak, M., Ince, M.C.: An expert system for detection of breast cancer based on association rules and neural network. *Expert systems with Applications*, Vol. 36: 3465-3469 (2009).

[12] Kuo, W.J., Chang, R.F., Chen, D. R., Lee, C.C.: Data mining with decision trees for diagnosis of breast tumor in medical ultrasonic images. *Breast cancer research and treatment*, Vol. 66(1): 51-57 (2001).

[13] Araújo, T., Aresta, G., Castro, E., Rouco, J., Aguiar, P., Eloy, C., Polónia, A., Campilho, A.: Classification of breast cancer histology images using convolutional neural networks. *PLoS One*, Vol. 12.6: e0177544 (2017)

[14] Qayyum, A., Basit, A.: Automatic breast segmentation and cancer detection via SVM in mammograms. *IEEE international conference on Emerging technologies (ICET)*, (2016)

[15] Pereira, D.C., Pereira Ramos, R., Zanchetta Do Nascimento, M.: Segmentation and detection of breast cancer in mammograms combining wavelet analysis and genetic algorithm. *Computer methods and programs in biomedicine*. Vol. 114.1: 88-101(2014).

[16] Sousa, T., Silva, A., Neves, A.: Particle swarm based data mining algorithms for classification tasks. *Parallel Computing*, Vol. 30: 767-83 (2004).

[17] Abdel-Zaher, A. M., Eldeib, A. M.: Breast cancer classification using deep belief networks. *Expert Systems with Applications*, Vol. 46: 139-144 (2016)

[18] Jason, K., Hernandez, R., Yang, Q: A reconfigurable multiclass support vector machine architecture for real-time embedded systems classification. *Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM)*, 2015 IEEE 23rd Annual International Symposium on. *IEEE*, (2015)

[19] Véstias, M., P.: High-Performance Reconfigurable Computing Granularity. *Encyclopaedia of Information Science and Technology*, pp. 3558-3567, (2015).

[20] Wielgosz, M., Jamro, E., Zurek, D., and Wiatr, K.: FPGA Implementation of the Selected Parts of the Fast Image Segmentation. *Studies in Computational Intelligence*, 390, pp. 203-216, (2012).

[21] Hussain, H., M., Benkrid, K., and Seker, H.: The Role of FPGAs as High Performance Computing Solution to Bioinformatics and Computational Biology Data. *AIHLS2013*, pp. 102, (2013).

[22] Nagarajan, K., Holland, B., George, A., D., Slatton, K., C., and Lam, H.: Accelerating Machine-Learning Algorithms on FPGAs using Pattern-Based Decomposition. *Journal of Signal Processing Systems*, Vol. 62.: 43-63, (2011).

[23] Eklund, A., Dufort, P., Forsberg, D., LaConte, S., M.: Medical Image Processing on the GPU-Past, Present and Future. *Medical Image Analysis*, Vol. 17:1073-1094, (2013).

[24] Maghazeh, A., Bordoloi, U., D., Eles, P., Peng, Z.: General Purpose Computing on Low-Power Embedded GPUs: Has It Come of Age?. *2013 International Conference on Embedded Computer Systems: Architectures, Modeling, and Simulation (SAMOS XIII)*, pp. 1-10, (2013).

[25] Drozda, P., Krzysztof S.: Accelerating SVM with GPU: The state of the art. *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing*. Springer, Cham, (2016).

[26] Patil, R., Gupta, G., Sahula V., Mandal, A.: Power Aware Hardware Prototyping of Multiclass SVM Classifier Through Reconfiguration. *25th International Conference on VLSI Design (VLSID)*, pp. 62-67, (2012).

[27] Hussain, H., M., Benkrid, K., Seker, H.: Reconfiguration-Based Implementation of SVM Classifier on FPGA for Classifying Microarray Data. *35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pp. 3058-3061, (2013).

[28] Ago, Y., Nakano, K., Ito, Y.: A Classification Processor for a Support Vector Machine with Embedded DSP Slices and Block RAMs in the FPGA. *IEEE 7th International Symposium on Embedded Multicore Socs (MCSoc)*, pp. 91-96, (2013).

[29] Mahmoodi, D., Soleimani, A., Khosravi, H., and Taghizadeh, M.: FPGA Simulation of Linear and Nonlinear Support Vector Machine. *Journal of Software Engineering and Applications*, Vol. 4: 320-328, (2011).

[30] Afifi, S., GholamHosseini, H., Sinha, R.: A low-cost FPGA-based SVM classifier for melanoma detection. *IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)*, (2016)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [31] Torrents-Barrena, J., Puig, D., Melendez, J., Valls, A.: Computer-aided diagnosis of breast cancer via Gabor wavelet bank and binary-class SVM in mammographic images. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, Vol. 28.1-2: 295-311 (2016)
- [32] Chang, C. C., Lin, C. J.: LIBSVM: A Library for Support Vector Machines. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, Vol. 2(3): Article 27 (2011)
- [33] The mini-MIAS database of mammograms:
<http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html>
- [34] S. Tang, S., Li, X., Zhang, H., TelosCAM: Identifying Burglar through Networked Sensor-Camera Mates with Privacy Protection. *IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)*, pp. 327-336, (2011)
- [35] Xilinx, Vivado Design Suite User Guide High-Level Synthesis, 2017.2 (2017), [Online]. Available: www.xilinx.com
- [36] MATLAB, MATLAB® External Interfaces, (2018), Available:
https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/apiext.pdf
- [37] Afifi, S. M., Gholamhosseini, H., Poopak, S.: Hardware Implementations of SVM on FPGA: A State-of-the-Art Review of Current Practice. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology (IJSET)*, Vol. 2: 733-752 (2015)
- [38] Georgopoulos, K., Chrysos, G., Malakonakis, P., Nikitakis, A., Tampouratzis, N., Dollas, A., Pnevmatikatos, D., Papaefstathiou, Y.: An evaluation of vivado HLS for efficient system design. *IEEE international symposium on ELMAR*, (2016)

Método para la construcción de un Corpus periodístico mediante Expresiones Regulares

Oswaldo Sposito, Gastón Procopio y Julio Bossero.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza

Florencio Varela 1902, San Justo, Prov. Buenos Aires, Argentina
sposito@unlam.edu.ar, gprocopio@unlam.edu.ar, jbossero@unlam.edu.ar

Resumen

Desde hace tiempo la utilización de Corpus lingüísticos ha experimentado una gran evolución, entre otros factores por el uso creciente en proyectos de investigación en torno a los Sistemas de Recuperación de Información (SRI). El Corpus de Noticias en la Web (CONOWEB) se compone de noticias periodísticas de portales nacionales e internacionales, y tiene como objetivo servir como recurso para ser utilizado con algoritmos de minería de datos en un SRI. Este texto presenta los procedimientos lingüísticos y computacionales que se realizaron para el desarrollo del CONOWEB, desde la recolección de textos hasta la construcción de la herramienta. Se buscó basamento teórico-metodológico en la Lingüística Computacional y en las expresiones regulares. El principal propósito de este trabajo es, por tanto, hacer accesible una metodología para la construcción de un Corpus a toda la comunidad investigadora, poco experta en la materia.

1. Introducción

La recuperación de información (RI o IR por sus siglas en inglés Information Retrieval) es un área de investigación que se inició con los trabajos de Salton en los años 60 [1] y recientemente ha experimentado un desarrollo significativo motivado principalmente por el crecimiento de Internet, el incremento de documentación que se puede obtener de ella y la urgencia para localizar respuestas relevantes. Una característica muy importante de la RI es que se ocupa de los problemas de recuperar información por su contenido y no por sus metadatos. Es por este motivo que existen técnicas para recuperar información de diversos tipos: textos, imágenes, archivos de sonido y vídeo, etc. [2].

De la variada cantidad de definiciones sobre RI en este trabajo se adoptará la que dice: "...la recuperación de información es la búsqueda de material de información (generalmente documentos) de naturaleza no estructurada (generalmente textos) que satisface una

necesidad de información a partir de una gran colección de datos (generalmente en los servidores de computadoras locales o en Internet)." [3]. Por otra parte, Salton en [4] refuerza la idea de que: "...la recuperación de información se entiende mejor cuando uno recuerda que la información procesada son documentos...". Otra definición que se utilizará en este trabajo dice que RI es "...el proceso por el cual las demandas informativas y documentales del usuario son resueltas en un sistema de información, compuesto por un Corpus documental de volumen variable, cuyo tratamiento de indexación y almacenamiento hacen posible su estructuración, interrogación y representación, por medio del empleo de algoritmos matemáticos, estadísticos y semánticos..." [5].

La construcción de un Corpus Lingüístico (CL) es una metodología de investigación que ha ganado protagonismo en el área de la RI [6 y 7]. Este marco metodológico permite el estudio empírico de grandes bases de datos lingüísticas fundadas en el uso real de la lengua, y la cuantificación del uso de la lengua utilizando métodos estadísticos. Por eso se lo puede concebir como un conjunto amplio y estructurado de ejemplos reales de uso de la lengua. Estos ejemplos pueden ser textos (los más comunes), o muestras orales (generalmente transcripciones).

La Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), a través del DIIT¹ desarrolló en los últimos años varios proyectos de investigación que se enmarcan dentro del Programa de investigación PROINCE (Programa de Incentivos a Docentes Investigadores SPU-ME). Para conseguir llevar adelante estos trabajos fue necesario construir diversos CL. Para los primeros dos trabajos de investigación se elaboró un Corpus con más de 12.000 documentos jurídicos [8].

Para el último proyecto, se construyó uno mediante el acceso a periódicos que se pueden encontrar en Internet de forma gratuita. Sobre la construcción de éste, es el desarrollo de este documento.

¹ Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

2. ¿Qué es un Corpus?

Según Joan Torruella y Joaquim Llisterri en [6], afirman que J. Sinclair, uno de los grandes especialistas en el campo de los Corpus modernos, define un Corpus como: "...una colección de piezas de lenguaje que se seleccionan y ordenan de acuerdo con criterios lingüísticos explícitos con el fin de ser utilizados como una muestra del idioma...". Según esta definición, la informática no tiene que ver con el concepto de "Corpus", lo cual es válido, pero hoy en día la informática facilita tanto la organización y la explotación de grandes cantidades de datos que sería impensable crear un Corpus prescindiendo de este medio o herramienta. Por esto, hoy más que hablar de Corpus hay que hablar de Corpus Informatizado, ya que son dos conceptos íntimamente ligados. Así, según el mismo J. Sinclair, un Corpus Lingüístico Informatizado es: "...un Corpus que está codificado de manera homogénea y estandarizada para tareas de recuperación abiertas. Sus partes constitutivas del lenguaje están documentadas en cuanto a sus orígenes y procedencia..." [5].

Victoria López Sanjuán, en su trabajo sobre Corpus [9], enumera las ventajas que ofrecen los Corpus, de las que destaca:

- La exactitud del contenido, pues representan datos reales, no datos inventados.
- La facilidad de procesamiento, potencia y eficacia (sobre todo si se los compara con los estudios manuales).
- La obtención de afirmaciones más objetivas que las que se consiguen con la introspección.
- La aportación de evidencia objetiva y de un modo útil de analizarla. Son fuentes de información esenciales para áreas de la lingüística aplicada como la enseñanza de lenguas, traducción automática, reconocimiento del habla, correctores gramaticales o de estilo y un largo etcétera.
- Sirven de asistencia a hablantes no nativos de una lengua.

2.1. Corpus y los SRI

Un Corpus entonces, se puede ver como parte de un conjunto de documentos de texto, los cuales están compuestos por sucesiones de palabras que forman estructuras gramaticales (por ejemplo, oraciones y párrafos). Tales documentos están escritos en lenguaje natural y expresan ideas de su autor sobre un determinado tema. En los SRI para poder realizar operaciones sobre un Corpus, es necesario obtener primero una representación lógica de todos sus documentos, la cual puede consistir en un conjunto de términos, frases u otras unidades (sintácticas o

semánticas) que permitan – de alguna manera – caracterizarlos [7].

Para poder ser usado en un SRI, a este Corpus original se le debe aplicar la técnica del Análisis de la Semántica Latente (ASL o LSA por sus siglas en inglés Latent Semantic Analysis), que funciona aproximadamente de la siguiente manera:

El LSA comienza procesando un texto de grandes dimensiones. Este texto contiene miles e, incluso, millones de párrafos (o frases). El Corpus se representa en una matriz cuyas filas contiene todos los términos distintos del Corpus (palabras) y las columnas representan una ventana contextual en la que aparecen esos términos (habitualmente párrafos). De este modo, la matriz contiene sencillamente el número de veces que cada término aparece en un documento. Sobre esta matriz de frecuencias se efectúa una ponderación, con el objetivo de restar importancia a las palabras excesivamente frecuentes y aumentarla a las palabras moderadamente infrecuentes. La razón de esta ponderación es sencilla: las palabras demasiado frecuentes no sirven para discriminar bien la información importante del párrafo y las moderadamente infrecuentes, sí.

El siguiente paso es someter a esta matriz ponderada a un algoritmo llamado Descomposición en Valores Singulares (DVS o SVD por sus siglas en inglés: Singular Value Decomposition). DVS es una técnica de reducción de dimensiones como es el análisis factorial. Este algoritmo se aplica con la idea de reducir el número de dimensiones de la matriz original en un número mucho más manejable (en torno a 300), sin que se pierda la información sustancial de la matriz original.

LSA es una herramienta eficiente para la evaluación de respuestas en los SRI y así lo han demostrado una gran cantidad de investigaciones. Para tener una compilación de estos trabajos se puede leer el escrito de Gabriel H. Tolosa y Fernando Bordignon de la Universidad Nacional de Luján [7].

3. El Corpus de Noticias en la Web.

El Corpus de Noticias en la Web (CONOWEB) nace, como ya se mencionó, dentro de un proyecto de investigación PROInce de la UNLaM, bajo el título: "Uso de Minería de Datos para acelerar la recuperación de documentos". Dentro de las tareas de este proyecto se encuentra la construcción de un Corpus voluminoso en español de textos de diversas temáticas, para ser utilizado en un SRI que emplee algoritmos K-Means y Redes Neuronales Artificiales para la recuperación de documentos dada una consulta determinada.

Como se sabe, la World Wide Web o Web, es una colección de documentos hipertextos vinculados entre sí,

creando un mundo de información digital que involucra texto, imágenes y sonidos, constituyéndose en uno de los mayores acervos multimedia que integra las tecnologías de comunicación, transmisión de imágenes y sonidos, construyendo una verdadera red de difusión de conocimiento [6]. Estos documentos llamados "páginas", son archivos digitales con variados tamaños (número de caracteres) y presentan las siguientes características:

- *Un direccionamiento.* Conocido como Uniform Resource Locator (URL), localiza el archivo en un equipo conectado a la red.
- *Un protocolo de transferencia.* El Protocolo de transferencia de hipertexto (http) que hace interconexión entre el equipo del usuario y la ubicación donde se encuentra la página (servidor o host)
- *Un lenguaje de marcado estándar.* El mismo estructura y define los componentes de las páginas web, como el Hipertext Markup Language (HTML).
- Utiliza un programa Navegador o Browser. Un tipo de software que permite la visualización de los contenidos que presenta una página web. Estos pueden recorrer una red de documentos vinculados e interpretar el lenguaje HTML para luego mostrarlo en la pantalla.

Las direcciones URL contienen varias partes. Por ejemplo <http://www.unlam.edu.ar>, la dirección tiene: la primera parte - a http: // - detalla qué protocolo de Internet utiliza. La segunda - la parte que generalmente tiene un "www" -, informa qué tipo de recurso de Internet está siendo conectado. La tercera parte - "unb" puede variar en longitud, e identifica el servidor de red a conectar. La parte final identifica un directorio específico en el servidor y una casilla página, documento u otro objeto de Internet.

La mayoría de las páginas están escritas en lenguaje HTML. Este lenguaje es una evolución del lenguaje SGML- Standard Generalized Markup Language, un lenguaje estandarizado que utilizó por primera vez las "marcas", "tags" o "etiquetas", un conjunto de códigos preestablecidos que definen componentes relacionados con la apariencia y la funcionalidad de la página, además de indicar el inicio y el final de la estructura que compone el documento.

Este lenguaje se construye de un número fijo de etiquetas que definen la apariencia de la página. HTML es un lenguaje muy simple y se puede crear utilizando cualquier editor de texto. Su simplicidad no la limita, pues la misma logra utilizar una gran cantidad de recursos como el uso de marcos (ventanas), y otros recursos multimedia. Una página HTML puede contener etiquetas que especifican direcciones URL de otras páginas, que constituyen los conocidos enlaces o link.

Un ejemplo de código básico HTML es el siguiente:

```
<html>
<head>
  <title> Esto es un ejemplo </title>
</head>
<body>
  <div class="branding-data clearfix">
    <h1> Hola Mundo </h1>
  </div>
</body>
</html>
```

Los códigos de composición se acotan con unos caracteres especiales, que permiten diferenciarlos del texto del documento propiamente dicho. Estos símbolos son los corchetes angulares <y>. Estos códigos no distinguen entre mayúsculas y minúsculas aunque la normalización W3C indique que se debe usar minúsculas.

3.1. Marcadores o etiquetas HTML obligatorios.

Tabla 1. Algunos marcadores HTML.

Marcador	Descripción
<html> </html>	Todos y cada uno de los documentos HTML deben empezar y terminar con este marcador, que sirve para indicar que se trata de un documento HTML.
<!DOCTYPE html>	En html 5 es obligatoria en la primera línea.
<head> </head>	Los documentos HTML se dividen en dos partes, la cabecera y el cuerpo. Los navegadores Web necesitan distinguir entre ambas para poder interpretar correctamente los documentos. En la cabecera se incluye la información general sobre el documento.
<body> </body>	Incluye el contenido real del documento (body o cuerpo). Este marcador tiene también su marcador de terminación con la barra inclinada

Para llevar adelante esta construcción fue necesario contar con un lenguaje computacional para definir exactamente lo que se necesita buscar en la Web [10]. Las expresiones regulares (ER) son un recurso muy utilizado por gran cantidad de programas en los que se hace imprescindible la búsqueda y reemplazo de información.

El resultado más relevante esperado es que a través de las ER, la herramienta sea capaz de hacer una recuperación de la información de forma automática, o sea, que sin necesidad de teclear nuevamente, el algoritmo se encargue de abastecer al Corpus.

4. Expresiones Regulares

Las Expresiones Regulares son patrones utilizados para encontrar una determinada combinación de caracteres dentro de una cadena de texto. En algunos lenguajes como JavaScript, las expresiones regulares también son objetos. Estos patrones se utilizan en los métodos `exec` y `test` de `RegExp`, así como los métodos `match`, `replace`, `search` y `split` de `String`. En las siguientes tablas se pueden ver ejemplos de las formas abreviadas y completas y consultas de expresiones regulares [11].

Tabla 2. Formas abreviadas de ER.

Forma abreviada	Forma completa	Resultado
<code>#filename</code> <code>*.avi</code>	<code>{prop name=filename}</code> <code>{regex}*.avi</code>	Cualquier archivo con extensión <code>.avi</code> (suelen ser archivos de sonido e imágenes en movimiento)

Nota

Si una consulta de propiedad contiene un asterisco (*), un signo de interrogación (?) o una barra vertical (|), se tratará de forma automática como una expresión regular, independientemente del modo que se indique.

Tabla 3. Ejemplos de consultas mediante ER.

Ejemplo	Consulta	Resultado
Grupo	<code>#filename = *(ss ing).cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que acaben en "ss" o "ing" y que tengan la extensión "cxx."
Operador NO T (^)	<code>#filename = [^f]*.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que empiecen por cualquier letra distinta de "f" y que tengan la extensión "cxx."
Operador de rango (-)	<code>#filename = [a-c]*.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que empiecen por una letra comprendida en el rango a-c y que tengan la extensión "cxx."
Coincidencia de número exacto	<code>#filename = *s{2}.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que acaben exactamente con dos caracteres "s" y que tengan la extensión "cxx."
Una coincidencia como mínimo	<code>#filename = es{1,}.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que sean combinaciones de la cadena "es" y que tengan la extensión "cxx."
Coincidencias entre dos	<code>#filename = ci{2,4}.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que

variables determinadas		sean combinaciones de dos a cuatro ocurrencias de la cadena "ci" y que tengan la extensión "cxx."
Cero o más coincidencias	<code>#filename = c *ss.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que empiecen con cero o más caracteres "c", acaben en "ss" y tengan la extensión "cxx."
Cero o una coincidencia	<code>#filename = c ?ss.cxx</code>	Devuelve todos los documentos con nombres de archivo que empiecen por ningún o un carácter "c", que acaben en "ss" y que tengan la extensión "cxx."

4.1. Operadores de Expresiones Regulares

Existen unas normas para el uso de los operadores de expresiones regulares:

- En las consultas, los asteriscos (*), puntos (.) y signos de interrogación (?) se comportan igual que en Windows. El asterisco (*) representa cualquier número de caracteres. El punto (.) representa el final de una cadena y el signo de interrogación (?), cualquier carácter individual.
- Cualquier carácter, excepto el asterisco (*), el punto (.), el signo de interrogación (?) y la barra vertical (|), coincide de manera predeterminada consigo mismo.
- Las expresiones regulares pueden incluirse entre comillas (" ") de apertura y cierre y deben incluirse entre comillas, si contienen un espacio o paréntesis de cierre ().

En la tabla 3 se observan los caracteres que adquieren un significado especial, si van precedidos de una barra vertical (|).

Tabla 4. Caracteres con significado especial (|).

Carácter	Descripción
(Abre un grupo. Debe ir seguido del paréntesis de cierre correspondiente ().
)	Cierra un grupo. Debe ir precedido del paréntesis de apertura correspondiente (().
[Abre una clase de carácter. Debe ir seguido del corchete de cierre correspondiente (]).
]	Cierra una clase de carácter. Debe ir precedido del corchete de apertura correspondiente ([).
{	Abre una correspondencia exacta. Debe ir seguido de la llave de cierre correspondiente (}).
}	Cierra una correspondencia exacta. Debe ir precedido de la llave de apertura correspondiente ({).
,	Separa cláusulas OR.
*	Corresponde a cero o más ocurrencias de la

	expresión precedente.
?	Corresponde a cero o una ocurrencia de la expresión precedente.
+	Corresponde a una o más ocurrencias de la expresión precedente.
Todos los demás	Coinciden consigo mismos.

Corchetes: Si se utilizan entre corchetes ([]), los siguientes caracteres adquieren un significado especial:

Tabla 5. Caracteres con significado especial ([]).

Carácter	Descripción
^	Debe ser el primer carácter. Coincide con todo excepto con las clases siguientes.
]	Cierra la clase. Sólo puede ir precedido de un símbolo de intercalación (^).
-	Operador de rango. Precedido y seguido por otros caracteres.
Todos los demás	Coinciden consigo mismos, inician o acaban un rango.

Llaves: Si se escriben entre llaves ({ }), los siguientes caracteres adquieren los significados que se indican a continuación.

Tabla 6. Caracteres con significado especial ({ })

Carácter	Descripción
M	Coincide exactamente con m ocurrencias de la expresión precedente ($0 < m < 256$).
m,	Coincide como mínimo con m ocurrencias de la expresión precedente ($1 < m < 256$).
m,n	Coincide con entre m y n ocurrencias de la expresión precedente, ambas inclusive ($0 < m < 256$, $0 < n < 256$).

Para hacer que el asterisco (*), el punto (.) y el signo de interrogación (?) coincidan consigo mismos, se debe escribir entre corchetes. Por ejemplo, para buscar "hola?", se escribiría: hola[?] en la consulta.

5. Metodología.

Aunque hay muchos Corpora² disponibles tanto libremente como mediante algún pago, este grupo de investigación se propuso generar su propio Corpus a partir de la búsqueda de noticias en distintos portales gratuitos.

² Plural de Corpus.

La metodología que presenta este trabajo consta de cuatro etapas principales a seguir:

- 1) Selección de los portales para la obtención del texto.
- 2) Compilación (o captura), manipulación, nombramiento de los archivos de textos.
- 3) La anotación.
- 4) Almacenado del texto.

5.1. Selección de portales para la obtención del texto.

Como se explicó anteriormente, este artículo comunica la experiencia de compilación de notas periodísticas obtenidas de importantes portales de noticias nacionales y extranjeros. Noticias que datan del año 2017 y 2018 y que contienen, hasta ahora (mes de julio del corriente año), más de 43.578 artículos con un total de 23.281.580 de palabras. En la Tabla 6 se indican los distintos medios visitados y sus respectivas direcciones. Estos medios componen el Corpus desarrollado:

Tabla 7. Medios periodísticos consultados.

Medio	URL
Clarín	https://www.clarin.com.ar
Infobae	https://www.infobae.com
E11	https://www.diariouno.com.ar
La Nación	https://www.lanacion.com.ar
La Tercera	https://www.latercera.com
La Prensa	https://www.laprensa.com.ar
Perfil	https://www.perfil.com
El País	https://www.elpais.com
El Observador	https://www.elobservador.com.uy

Primeramente, se obtienen de la página inicial (portada) todos los links de las noticias más recientes y destacadas de todas las categorías o clasificación que posea dicho portal. Por lo tanto se lee el código html del portal y se busca reconocer las etiquetas (tags) que contengan href seguidos de un "=" y una secuencia de caracteres encerrados entre comillas ("").

De esta forma se obtienen las direcciones tanto de las noticias como también cualquier referencia a las páginas que el Sitio contenga como publicidades o referencias a otros sub-sitios. Por eso se debe tener precaución y realizar un análisis de cómo se conforma la dirección de las noticias. En ocasiones, la dirección contiene algún rubro, número de noticia o una fecha y el nombre del título.

5.2. La compilación

Dado que cada portal utiliza diferentes nomenclaturas para acceder a la noticia se puede observar que las direcciones son tratadas de diferentes maneras dentro de la portada principal para ingresar a las noticias, ya sea que estas se encuentren de forma relativa (utilizando la dirección actual y re-direcciona a la sección que se indica) o directa (se da un link completo).

Pudiendo entender el comportamiento de las direcciones, se almacenan en una lista para luego ser accedidas y extraer la información necesaria (Se eliminan las imágenes y los epígrafes en caso de que se encuentre en la noticia). Cada portal utiliza diferentes formas de etiquetar cada uno de los elementos de la noticia. Por lo cual, hay que obtener el código html y analizar los patrones de las etiquetas que identifican el título, día de creación, clasificación, copete, cuerpo y etiqueta relacionados de las noticias. En la creación de los documentos se usan una serie de tags para clasificar cada parte de la noticia, para ello se emplea el mismo sistema de html:

`<nombre identificador>`

...

`</nombre identificador>`

Las etiquetas que se usarán son para identificar el periódico, título, día de obtención, día el cual se generó el documento realizado por el sistema, clasificación que le otorga el portal a la noticia, copete, cuerpo y los tags (palabras claves) relacionados con la noticia. Sintácticamente poseerán la siguiente estructura:

Tabla 8. Caracteres con significado especial ({ })

Carácter	Descripción
<code><periodico></periodico></code>	nombre del periódico
<code><titulo></titulo></code>	título de la noticia
<code><url></url></code>	dirección del artículo.
<code><dia></dia></code>	día de emisión del artículo
<code><diaob> </diaob></code>	día de obtención por el sistema
<code><clasificacion></code> <code></clasificacion></code>	otorgada por el portal
<code><copete> </copete></code>	copete de la noticia
<code><cuerpo> </cuerpo></code>	el contenido del artículo
<code><tag> </tag></code>	palabras claves

5.3. La anotación

En primera instancia se creará un documento de texto que poseerá el nombre del artículo, de esta manera el sistema podrá verificar si el artículo ya está generado, así no se vuelva a crear o pisar.

Con el ingreso ya establecido al diario, a continuación, se inserta la etiqueta `<periódico>`.

Posteriormente la etiqueta de `<titulo>`. Los títulos se corresponden con la etiqueta "h1", a veces acompañada de una clase que le da un formato determinado.

Para ejemplificar, se toma el título de una de las noticias: **Cuáles son las fortunas familiares más grandes del mundo**. En la siguiente imagen se puede observar el código html respectivo.

```
<h1>Un policía que trabajaba como custodio mató a dos  
motochorros que quisieron asaltarlo</h1>
```

Imagen 1. Código en html del tag `<h1></h1>`

En lo que respecta a la etiqueta `<url>` se lo completa con el link de la dirección al cual pertenece el artículo seleccionado, `<dia>` y `<diaob>`. Ambas se componen con el formato de "dd de (mes correspondiente) de aaaa". En la imagen 2 se tiene el código correspondiente. Se debe mencionar que el formato de los días de publicación varía según el portal. En ocasiones se puede encontrar la notación que se ha utilizado y en otros donde se utiliza el formato dd/mm/aaaa hasta aaaa/mm/dd, por lo cual deben ser convertidos a la notación ya mencionada.

```
<span class="byline-date" style="border-left:none;"> 20  
de octubre de 2018 </span>
```

Imagen 2. Código en html de la fecha

El copete se lo puede encontrar mediante la etiqueta "h2", "span" y "p", al igual que el título, una clase que le da un formato determinado a esto se le adiciona la etiqueta de `<copete>`. Imagen 3.

```
<span class="subheadline">Ocurrió en la localidad  
bonaerense de Villa Bosch</span>
```

Imagen 3. Código en html del copete

En el caso del cuerpo, el mismo puede ser identificado con la etiqueta de "span" y "p" y un formato en caso de que este tuviera uno. Además, en la extracción de la noticia, algunos portales, contienen palabras o frases que se encuentran resaltadas (utilizando el formato de negrita, cursiva, subrayado o en negrita), como así también palabras que contienen una dirección a otra noticia por medio de una palabra clave o frases, incluso párrafos con un fondo de otro color mediante las etiquetas "strong", "span" o "a" y una clase según la función que se busca realizar.

El cuerpo podía encontrarse seccionado, lo que lleva a unificar cada parte la noticia. En dichas secciones se podían encontrar imágenes con un epígrafe, llamadas a otras noticias que podrían estar relacionadas. Esto se da

mayoritariamente cuando se trata un mismo tema varios días consecutivos o es un tema derivado de una situación o problema ocurrente. A lo obtenido se lo guarda bajo la etiqueta < cuerpo >. Por último, se buscan los tags con los nombres claves “Tag” o “Keywords” dentro del html. Estas son extraídas y etiquetadas con < tag >.

Para poder realizar todos estos procedimientos se utilizó Visual Studio 2015 (entorno de desarrollo que proporciona herramientas avanzadas para generar aplicaciones en cualquier tipo de arquitectura). Se programó en C#, lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado y estandarizado por Microsoft como parte de su plataforma .NET, que después fue aprobado como un estándar por la ECMA (ECMA-334) e ISO (ISO/IEC 23270). C# fue diseñado para la infraestructura de lenguaje común. Su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes. Las expresiones regulares son compatibles con la mayoría de los lenguajes de programación, por ejemplo, C#, Java, Perl, etc.

Desafortunadamente, cada idioma admite expresiones regulares ligeramente diferentes. Para obtener una breve introducción a este tema se puede consultar el portal de Microsoft³. En la siguiente imagen se puede ver parte del código de como se lo extrae de un medio determinado.

```
//Genero las variables de que contien la dir. del portal
var url = "http://www.infobae.com";
var textFromFile = (new
WebClient()).DownloadString(url);

//Genero el directorio en caso de que no exista.
if (!Directory.Exists(@"\tag\infobae"))
    Directory.CreateDirectory(@"\tag\infobae");

//Creo una Regex y obtengo los directorio de interés
Regex regex = new Regex("href=\"\\S+\"");

MatchCollection matches =
regex.Matches(textFromFile);

List<string> subsitios = new List<string>();
string[] fecha;

foreach (Match texto in matches)
    subsitios.Add(texto.Value.Replace("href=",
    "").Replace("\"", ""));

subsitios = subsitios.Distinct().ToList();

foreach (string subdireccion in subsitios)
{
```

³ <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/standard/base-types/regular-expression-language-quick-reference>

```
string[] cut = subdireccion.Split('/');
if (cut.Length > 3 && (cut[1] ==
"economia" || cut[1] == "sociedad" || cut[1] ==
"america" || cut[1] == "tecno" || cut[1] == "deportes - 2"
|| cut[1] == "politica"))
{
    var urlart = url + subdireccion;
    try
    {
        textFromFile = (new WebClient() {
Encoding = System.Text.Encoding.UTF8
}).DownloadString(urlart);
    }
    catch (Exception)
    {
        continue;
    }
}
//obtener el titulo
regex = new Regex("(?<=<h1>).*?(?=<\\h1>");
matches = regex.Matches(textFromFile);

string nombrearchivo = "";
regex = new Regex("[\",.:;?!;\\|]");
nombrearchivo = regex.Replace(matches[0].Value,
    "") + ".txt";

//Si el documento ya fue tratado, continuo
procesando
if (File.Exists(@"\tag\infobae\" + nombrearchivo))
    continue;
//Verifico el límite caracteres para el titulo del doc.
if ((Directory.GetCurrentDirectory() +
nombrearchivo).Length > 200)
    nombrearchivo = nombrearchivo.Substring(0, 197 -
Directory.GetCurrentDirectory().Length) + ".txt";

//Inserto tag de diario
escritor.WriteLine("<periodico>infobae</periodico>
");
//Inserto tag de título
escritor.WriteLine("<titulo>" +
matches[0].Value + "</titulo>");

//inserto tag de url
escritor.WriteLine("<url>" + urlart +
"</url>");
```

Imagen 4. Fragmento del código en C# utilizado

5.4. Almacenado del texto

Una vez esquematizado y obtenida la información necesaria de cada uno de los artículos que fueron procesados y completados serán almacenados en un

repositorio identificando a que diario que pertenece. En la imagen 5 se puede observar la estructura del mismo.

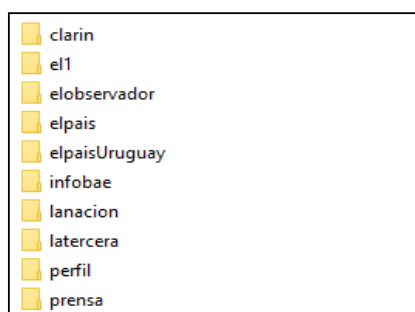


Imagen 5. Estructura de directorio.

Cada noticia será almacenada en un formato de texto plano. Como nombre identificativo será su título. El nombre de este no será superior a los 200 caracteres incluyendo su extensión.

Cada artículo se guardará de esa manera dado que, al momento de realizar un escaneo por un portal determinado, puede ocurrir que se haya tratado con ese artículo. Por lo tanto, no será tomado en cuenta para ser almacenado.

6. Otros recursos relacionados con los Corpus

Existen en la web múltiples recursos relacionados con esta temática. Estos van desde corpus ya construidos hasta herramientas informáticas para incorporar información lingüística a textos. Para obtener Corpus ya compilados en multitud de lenguas cabe destacar estas dos organizaciones [12]:

- ✓ ELRA: <http://www.elra.info>
- ✓ LDC: <http://www ldc.upenn.edu/>

También existen un cierto número de herramientas informáticas de uso libre que permiten añadir información lingüística a textos (p. ej. Información morfológica). Cabe señalar, sin embargo, que muchas de estas herramientas están diseñadas básicamente para el inglés. Su aplicación a otras lenguas es posible, aunque en la mayoría de casos, con un cierto esfuerzo. Los recursos más interesantes y con funcionalidades muy diversas son los siguientes:

1. GATE (<http://gate.ac.uk/>): entorno para el desarrollo de herramientas para el procesamiento del lenguaje.
2. APACHE UIMA: <http://incubator.apache.org/uima>: herramientas y entorno para desarrollo para el PLN (Procesamiento del Lenguaje Natural).

3. NLTK (<http://www.nltk.org/>): herramienta concebida para la enseñanza de técnicas de PLN. Incluye también recursos (Corpus, diccionarios, etc.)
4. BYU (Brigham Young University). Creado por Mark Davies, Recursos basados en Corpus. (<http://www.Corpusdelespanol.org/>)
5. RAE. Real Academia Española. <http://www.rae.es/recursos/banco-de-datos/corpes-xxi>). Catálogo sobre recursos, proyectos, organizaciones etc. relacionados con tecnologías de la lengua.
6. Inicios. (<https://inicios.es/Corpus>): Listado categorizado de Corpus lingüísticos de español e inglés. Aparece en cada colección en caso de conocerse.

7. Conclusión

Este texto busca mostrar los procedimientos adoptados durante la etapa de desarrollo del CONOWEB. El fin último es explicar a investigadores interesados en la construcción de un corpus lingüístico mediante ER, para ser utilizado en un SRI. Se espera, con ello, colaborar con la propagación de la Lingüística de Corpus como metodología para investigaciones en RI. Como conclusión se desea que esta metodología empleada colabore en la relación interdisciplinaria entre la Lingüística y la Computación, ya que esta última, ha demostrado ser cada vez más necesaria para la búsqueda y recuperación de documentos.

El desarrollo del CONOWEB se hizo a partir de la colaboración entre varios investigadores y docentes de variadas disciplinas en computación. Se les asignó a cada uno de ellos desde la programación de la aplicación y el levantamiento del Corpus, incluyendo el establecimiento de criterios para selección de leyendas y su categorización, formateo y etiquetado.

El propósito del Corpus, aunque no ha sido el foco de este texto, es el uso del mismo en el contexto de un SRI, sirviendo como recurso para la obtención de documentos utilizando técnicas de Minería de Datos. Este Corpus pretende ser usado de consulta para que profesores y alumnos puedan obtener ejemplos de uso de estructuras lingüísticas, en las distintas carreras del DIIT.

Se pretende a futuro, realizar mejoras tanto para el corpus como para la herramienta, con la inserción de nuevos recursos. Se tiene pensado recopilar nuevos portales de noticias para integrar el Corpus, aumentando su número total de palabras. También se hará una revisión cualitativa de los subtítulos en busca de la corrección de posibles errores de escritura, ortografía o de formato, que pueden perjudicar el funcionamiento del CONOWEB o limitar su uso.

8. Referencias

- [1] Salton, G. Automatic Information Organization and

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- Retrieval. McGraw-Hill, N.Y. (1968).
- [2] Seco Naveiras, Diego. Técnicas de indexación y recuperación de documentos utilizando referencias geográficas y textuales: Univ. de la Coruña. (2009). Disponible en: <https://citius.usc.es/sites/default/files/tesis/Tese_DiegoSeco.pdf>. Citado el: 29/07/2018.
- [3] Armando Plasencia Salgueiro, A; Ballagas Flores, B .Análisis comparativo de herramientas de recuperación y análisis de información de acceso libre desde una concepción docente. Disponible en: < <http://www.scielo.br/pdf/tinf/v26n3/0103-3786-tinf-26-03-00315.pdf>>. Citado el: 29/07/2018.
- [4] Salton, G.; McGill, M.J. Introduction to Modern Information Retrieval, New York: McGraw-Hill, (1983).
- [5] Blázquez Ochando, M. Técnicas avanzadas de recuperación de información. Universidad Complutense de Madrid. (2012). Disponible en: <<http://ccdoc-tecnicasrecuperacioninformacion.blogspot.com/2012/02/conceptos-basicos-en-recuperacion-de.html>> Citado el: 29/07/2018.
- [6] Andrade Figueredo, D. Recuperação da informação: uma análise sobre os sistemas de busca da web. U. de Brasília. (2006) Disponible en: < http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70270/Monografia_.pdf> Citado el: 29/07/2018.
- [7] Tolosa, G. y Bordignon, R. Introducción a la Recuperación de Información Conceptos, modelos y algoritmos básicos. U. N. de Luján, Argentina. (2007) Disponible en: <<http://eprints.rclis.org/12243/1/Introduccion-RI-v9f.pdf>> Citado el: 29/07/2018.
- [8] Resúmenes Extendidos 2013. UNLaM. ISBN: 978-987-3806-30-8.
- [9] López Sanjuán, V. Integración de los Corpus como herramienta de apoyo en la enseñanza de ESP. Madrid, (2008). Disponible en < http://www.ugr.es/~portalin/articulos/PL_numero10/9%20Victoria%20Lopez.pdf> ISSN: 1697-7467.Citado el: 29/07/2018.
- [10] Avendaño Pérez, C. Diseño e Implementación de un Sistema de Búsqueda en una Colección de Texto Comprimido. Tonantzintla, Puebla. (2004). Disponible en:<<https://www.dcc.uchile.cl/~gnavarro/mem/algoritmos/tesisAvendano.pdf>>. Citado el: 29/07/2018.
- [11] MDN Web Docs. Disponible en: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/Guide/Regular_Expressions>. Citado el: 29/07/2018.
- [12] Vivaldi, J. Catálogo de herramientas informáticas relacionadas con la creación, gestión y explotación de Corpus textuales. Tradumàtica: traducció i technologies de la informació i la comunicació [en línia], 2009,, Núm. 7 . Disponible en: <<https://www.raco.cat/index.php/Tradumatica/article/view/154837/206731>>. Citado el: 29/07/2018.

Aspectos legales y profesionales

Título	Autores	Institución
Caracterización de los Millennials y el desafío del mercado laboral	Valeria Ortiz Quiroz, Ivana Patricia Sosa	UTN Facultad Regional Córdoba, Consultora Phifactor
Protocolo de actuación para recolección y preservación de la evidencia digital móvil en el Sistema Procesal Penal de Santiago del Estero	Graciela Viaña, Liliana María Figueroa, Cecilia Cristina Lara, Alfredo Corvalán, Norma Beatriz Lesca Gomez.	Universidad Nacional de Santiago del Estero, Ministerio Público Fiscal de Santiago del Estero
Que el bosque no tape los árboles: el uso de software en la investigación criminal	Martín Rodríguez, Bruno Constanzo, Sebastián Lasia, Ariel Podestá, Ana Di Iorio	Universidad FASTA, Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, Municipio de General Pueyrredon.
Análisis de herramientas para protección de datos personales	Enzo Notario, Luz Clara Bibiana, Beatriz Parra de Gallo	Universidad Católica de Salta

Caracterización de los *Millennials* y el desafío del mercado laboral

Valeria Ortiz Quiroz
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba
valeoq@gmail.com

Ivana Sosa
Consultora Phifactor
contacto@phifactor.com.ar
ivanapsosa@gmail.com

Abstract

Los millennials representan hoy en día la mayor masa laboral activa. Su inserción en el mercado ha generado grandes cambios en cuanto a las relaciones laborales que se establecen. Estos jóvenes presentan ciertas características que traen aparejados cambios en cuanto a sus requerimientos para acceder a una oferta de trabajo.

Frente a las necesidades de las organizaciones, especialmente del mercado informático, atraer y retener a los mejores talentos del mercado, requiere que se identifiquen aquellas expectativas que ellos más priorizan.

Nuestra investigación analiza los requerimientos y expectativas de esta generación en el ámbito laboral, así como también las habilidades que presentan como propias, especialmente para la industria de TI.

Palabras Claves

MILLENNIALS, METODOLOGÍAS ÁGILES, HERRAMIENTAS COLABORATIVAS.

1. Introducción

No existen fechas exactas y estas pueden variar según la entidad que haya realizado el análisis, pero se puede decir que la mayoría de los consensos definen a los *millennials* como aquellos nacidos entre 1980 y 1995.[1] Los jóvenes quienes tienen entre 23 y 38 años, representan en nuestro país el 28% de la población y la mayor masa laboral solicitada.

Debido a la época en la que nacieron y se desarrollaron, los *millennials* están marcados por dos principales factores: la tecnología y las expectativas. En el mundo actual, esta generación representa una oportunidad, pero también un reto para el mercado laboral. Por un lado, son personas flexibles y creativas, y por otro, son impacientes y presentan una tendencia a la frustración cuando sus expectativas no son completamente cumplidas.[2]

“Las personas *millennials* se caracterizan por ser hijos de la globalización, es decir, tienen una

perspectiva más grande del mundo y aceptan los cambios de una manera más fácil que generaciones pasadas. Además, están mucho más abiertas a conocer e interactuar con otras culturas”, afirma Alejandro Perea, director del programa de Comunicación Social-Periodismo y maestro en tecnologías educativas de la Universidad Autónoma de Occidente (Cali, Colombia). Por su parte, la psicóloga Adriana Medina explica que a esta generación la caracteriza la inconformidad con los modelos tradicionales del mundo en cuanto a lo profesional, laboral, cultural y religioso. “Son inmigrantes digitales, pues nacieron en una época de tecnología análoga, pero saltaron de manera muy rápida a la digital. Suelen ser más prácticos frente a lo que les interesa, si algo no es de su interés lo desechan fácilmente. Tienen mayor conciencia de la globalización gracias a la tecnología, por lo que pueden relacionarse muy fácilmente con diversos grupos culturales al mismo tiempo”. [3]

Para los profesionales de TI se observa que han ganado terreno las llamadas metodologías ágiles que se enfocan en la agilidad y la efectividad.

Se pueden encontrar numerosos profesionales y entidades que pregonan las bondades de la agilidad y van introduciendo estas prácticas en variados ámbitos.

Como se menciona en un artículo de Replicante Legal [4]: “Cuando hablamos de agilidad en el contexto de desarrollo de proyectos nos referimos a una filosofía y unos procesos que persiguen la mejora continua y que se pueden aplicar en todos los ámbitos. Surge por la necesidad de optimizar y flexibilizar el desarrollo de sistemas informáticos complejos, cuando los clientes se dan cuenta de que tiene mucho más valor disponer en pocas semanas de un software con unas funcionalidades mínimas que puedan evolucionar frente a esperar dos años para la versión definitiva de un producto que posiblemente cumpla con los requerimientos establecidos inicialmente pero que es muy probable que algunas de sus funcionalidades ya no sean necesarias o útiles porque el mercado o la empresa han evolucionado en ese lapso de tiempo.”

De modo que resulta vital seguir estos tipos de métodos, capaces de adaptarse a las condiciones cambiantes de los requerimientos y del trabajo, consiguiendo flexibilidad e inmediatez en la

respuesta. Una de las técnicas más utilizadas dentro de las metodologías ágiles, en los proyectos de TI de nuestro país, es Scrum. Esta permite trabajar en periodos cortos, en pequeña escala, ofreciendo entregables de valor para el cliente de manera constante.

Nuestro interés surgió como consecuencia de analizar los requerimientos que realizaban los *millennials*, en una consultora de RRHH para empresas de desarrollo de TI de la ciudad de Córdoba, al momento de ser convocados para participar de selecciones de personal; cuáles son las habilidades blandas requeridas por el mercado; qué impacto tienen las metodologías ágiles en proyectos de TI donde participan *millennials* y cuáles serían los cambios en la cultura de trabajo que deben afrontar hoy en día las organizaciones que los contratan.

2. Elementos del Trabajo y metodología

Realizamos una búsqueda bibliográfica y de estadísticas sobre las características de los *millennials*, qué les ofrecen las empresas y las brechas existentes entre las expectativas de ambos.

También realizamos entrevistas y observaciones de campo en una consultora de RRHH, de la ciudad de Córdoba, para proyectos tecnológicos.

Los objetivos planteados son: describir la población y la problemática de las organizaciones para atraer y mantener jóvenes en los puestos de trabajo; y además, analizar el impacto de la aplicación de metodologías ágiles para optimizar la forma de trabajo en equipos de TI (Tecnologías de la información) multigeneracionales.

Esta investigación que se presenta forma parte del proyecto de investigación y desarrollo “Gestión del Conocimiento y Análisis de interacciones en un entorno de Aprendizaje Colaborativo”, UTN-4834, aprobado en fecha 29/06/2018 por la SCTyP N° 68/2018. Posee estos insumos como elementos iniciales de trabajo: gestión del conocimiento, entornos de aprendizaje colaborativo, metodologías ágiles particularmente Scrum y competencias generadas en los estudiantes que puedan ser aprovechadas en el mercado laboral.

3. Caracterización

“Están enojados, pero la palabra que mejor los define es ‘decepcionados’. Ese sería un rápido pero muy certero resumen de la edición 2018 del Millennialsurvey, una encuesta global que hace Deloitte entre 10.455 jóvenes de 36 países, incluida la Argentina. Los *millennials* son una parte central de la economía y la fuerza laboral del mundo, y muchos ya ocupan lugares de liderazgo, o

lo comenzarán a hacer en breve. Y lo que ocurre es que no están para nada conformes con lo que ven, con lo que economía les ofrece. Según Deloitte, el humor de esta generación recrudesció en el último año respecto de cómo se comportan los líderes empresarios en general: se trata de una fuerza laboral que valora mucho el impacto social de las empresas a la hora de evaluarlas. Mientras tanto, en términos personales, el sueldo sigue ocupando la primera posición como prioridad, pero siguen teniendo fuerza los temas de flexibilidad y cultura en el ámbito laboral.” [5]

A la hora de elegir trabajo siguen dependientes en primera instancia de la remuneración que pagan (63% de los encuestados la consideran la variable más importante), seguida de la cultura (52%) y la flexibilidad laboral (50%).

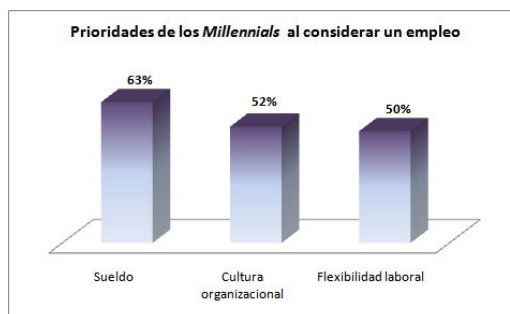


Figura 1. Prioridades al considerar un empleo (gráfico propio basado en datos de Deloitte)

Para retener talento de estas generaciones la cultura organizacional debe apoyarse en la innovación constante en cuanto a las tareas que realizan, debido a que este tipo de empleados necesitan sentir que desarrollan nuevos conocimientos y destrezas de forma constante. Esto surge porque los *millennials* se sienten poco preparados para el futuro, y desean que las empresas les ofrezcan aprendizaje para fortalecer y desarrollar sus competencias para afrontar con éxito los nuevos entornos e interacciones con la tecnología.

En cuanto a la fidelidad con la organización en la cual trabajan, entre esos *millennials* que voluntariamente dejarán a sus empleadores dentro de los próximos dos años, el 62 % considera que los trabajos temporales son una alternativa viable al empleo a tiempo completo, en comparación al 49 % de los que buscan quedarse en sus organizaciones actuales por más de cinco años.

Y el tirón no es algo que solo atraiga a aquellos en puestos junior; de hecho, todo lo contrario. Siete de cada 10 *millennials* que son miembros de equipos de gestión seniors o partes de un board (comité), considerarían asumir contratos a corto plazo o trabajo freelance como una alternativa al empleo a tiempo completo. Esto se compara con el 57 % de los que ocupan puestos juniors. [6]

¿Qué tiene el trabajo temporal que lo hace una opción tan atractiva? La respuesta corta es la promesa (o necesidad) de un ingreso más alto. Un 62 % de esos *millennials* que lo considerarían citan "aumento de dinero /ingresos" como un factor explicativo. Flexibilidad y libertad para decidir dónde y cuándo trabajar son consideraciones secundarias importantes.

Los *millennials* valoran la confianza que sus empleadores demuestran al otorgar flexibilidad a la hora de decidir dónde y cuándo trabajar. Entre los que pretenden permanecer con sus empleadores actuales durante al menos cinco años, el 55 por ciento dice que ahora hay más flexibilidad en cuanto a dónde y cuándo trabajan en comparación con hace tres años. Entre quienes buscan irse dentro de los próximos 24 meses, la cifra es de solo el 35 por ciento. Estas cifras varían en ámbitos donde no han notado cambios en la flexibilidad existente, a un 27 % para los que permanecerían 5 años y 33 % a los que cambiarían de trabajo. Para organizaciones en las que hay menos flexibilidad, con pocas opciones de cuándo y dónde trabajar, las cifras son de un 17% para el primer grupo y 31 % para el segundo. Esto demuestra que cuanto mayor flexibilidad laboral se ofrece, las organizaciones pueden aumentar el porcentaje de millenials que llegarían a permanecer en la organización más de 5 años. Los *millennials* continúan sugiriendo que los empleadores que ofrecen más flexibilidad están logrando una mayor rentabilidad y brindan entornos de trabajo más estimulantes, saludables y satisfactorios.

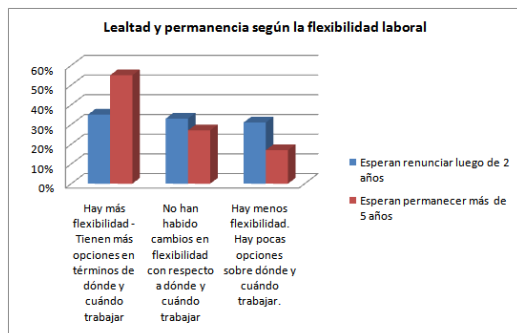


Figura 2. La flexibilidad en las prácticas de trabajo se correlacionan con la lealtad (gráfico propio basado en datos de Deloitte)

En la República Argentina, más de 300 jóvenes respondieron la investigación de Deloitte y lo que priorizan de un empleador está en línea con los resultados globales. "En primer lugar se encuentran salario y beneficios, en segundo lugar destacan la oportunidad de aprendizaje continuo (este punto difiere respecto de la tendencia global que lo ubica en cuarto lugar) y en tercer lugar priorizan la flexibilidad tanto respecto a horario como lugar", detalla el segmento local del trabajo. [5]

4. Aspectos psicológicos

“La generación del milenio o *millennials* quiere pasarlo bien en el trabajo. Ponen su foco en las personas, para desde ahí generar productividad y ganancias en las empresas. Les interesa las relaciones laborales y el desarrollo organizacional. Le gusta que haya un buen ambiente laboral, que los compañeros compartan un asado, se canten los cumpleaños, haya reuniones almuerzo y beneficios laborales más allá del sueldo, lo que es el salario emocional”, explica Claudia Cubillos, psicóloga laboral del área de Reclutamiento y Selección de profesionales de GrupoExpro.[7] Según la experta, los jóvenes de esta generación detestan trabajar solos y les encanta desarrollar la capacidad de trabajar en equipo, pues valoran escuchar a otros y ser escuchados.

Un análisis llevado a cabo por VoicesConsultancy, donde realizaron un estudio cuantitativo en el que entrevistaron a 1000 jóvenes en Argentina de ambos sexos, de entre 18 y 30 años (el rango de edad tomado por esta consultora difiere un poco de la corriente planteada al principio de este trabajo ya que además de los *millennials* incluye a parte de los centennials), de todos los niveles socio-económicos y residentes en todo el país, reveló que se pueden distinguir cinco grupos bien diferenciados de *millennials*. [8]

De acuerdo al estudio:

- El **18% es Idealista**: tiene en su cabeza vivir de lo que les gusta, ya sea fotografía, ser piloto de avión o hacer street art por las noches. Son los que más ayudan al prójimo (voluntariado) y cuidan el medio ambiente.
- El **37% es el de los Hedonistas**: se podría decir que tienen el disfrute y la fiesta en su cabeza. Es el grupo que más peso tiene en Argentina y que más representa al arquetipo de esta generación.
- Un **11% está compuesto por los Pragmáticos** que tratan de salir adelante por "las suyas". Saben que no han sido muy beneficiados respecto a lo que tienen pero son esforzados y muy realistas en sus posibilidades para superarse.
- El **10% está conformado por Ambiciosos**: claramente tienen la propia superación y su performance en su mente. Aprovechan su momento de vida porque detestan "la quietud" y la canalización en mejorarse.
- Y por último, un **24% de un perfil más Básico**: en su cabeza ven un futuro más complicado y enfrentan la vida actual desde un rol más pasivo.

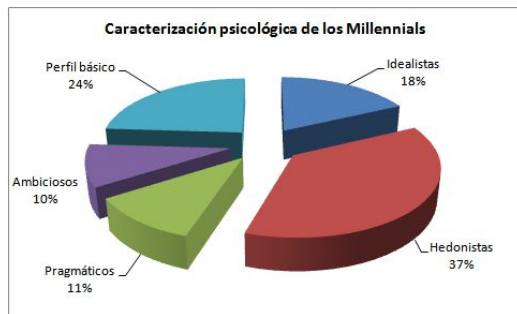


Figura 3. Caracterización psicológica (gráfico propio basado en datos de VoicesConsultancy)

Es necesario tener en cuenta, también, lo que se conoce como *contrato psicológico*. Existen diversas expectativas laborales que los *millennials* quieren satisfacer en sus trabajos. Todo contrato laboral, cuenta con partes explícitas de lo que se espera de parte del otro y que está definido en el perfil del puesto que se requiere, allí se establecen los conocimientos y habilidades que deberán poseer los postulantes. Pero existen también cuestiones implícitas que tratan sobre las expectativas detrás de toda relación.

“Muchos investigadores argumentan que el estudio del contenido de este contrato psicológico permite adquirir un mayor entendimiento sobre la compleja relación empleado y empleador, ya que se ha demostrado que una violación de parte de este contrato puede llevar a la ruptura de la relación laboral y/o a otras consecuencias. Ante esta evidencia se resalta entonces la importancia para las empresas de comprender mejor los factores que afectan el contrato psicológico y entender cómo influye sobre el comportamiento y actitudes del empleado frente a su trabajo y a su organización, para así permitir que se logren establecer contratos psicológicos positivos.”[9]

Entonces, ¿cómo una empresa puede maximizar sus beneficios (en cuanto a rendimiento laboral) y ofrecer incentivos para los *millennials*? Debe tener en cuenta las siguientes características y necesidades:

-Multidisciplinario: En generaciones anteriores, el trabajo en equipo era por áreas de la empresa. En cambio, los *millennials* valoran el trabajo en equipo multidisciplinario, es decir, que en las acciones y discusiones de la empresa colaboren trabajadores de distintas profesiones y departamentos. El uso masivo de las metodologías ágiles, en especial Scrum, implica justamente esta forma de trabajo en la conformación estos equipos.

-Iniciativa: No temen al jefe, pero lo respetan, y esperan que éste escuche sus planteamientos. El millennial posee iniciativa, pudiendo plantear al jefe la necesidad de convocar a un equipo multidisciplinario para abordar un proyecto que le interesa. A los *millennials* les gusta opinar e innovar. Quieren ser escuchados y que se respeten sus sugerencias. Conviene tener un sistema de

comunicación abierto en el que se puedan expresar y compartir sus ideas y conocimientos de forma colaborativa y ágil.[10]

-Horizontal: Valoran las relaciones horizontales, más allá de la jerarquía en una empresa. Prefieren amplias salas de reuniones, con mesas redondas u ovaladas donde el jefe se puede sentar en cualquier lugar, como reflejo de la relación horizontal. Esto también se puede observar en la aplicación de Scrum, donde el rol de Scrum Master suele ser rotado entre los miembros del equipo de un sprint a otro. [11]

-Familia laboral: Para el millennial, sus compañeros de trabajo son su “familia laboral”, por lo que se preocupa por el buen clima que exista en la organización..

-Reconocimiento: Para el millennial es fundamental que el equipo de trabajo sea reconocido por sus éxitos y repartir los méritos, lo que da sentimiento de pertenencia y fomenta la labor colaborativa en la empresa.

-Libertad de espacio y horaria: Debido a que son la generación que más disfruta de la movilidad (tanto física como tecnológica), no les gusta estar encerrados en un box y cumplir una jornada extendida sólo por el deber marcar un horario. A estos jóvenes les gusta -y pueden- trabajar desde cualquier lugar (mediante videoconferencias y accesos remotos) y en el horario que mejor les convenga. Darles la oportunidad de trabajar desde su hogar y también de compartir espacio con otros profesionales (como en los centros de coworking), impulsará su creatividad y productividad. La mayoría de los proyectos de sistemas son factibles de ser realizados de esta forma flexible.

-Tecnológicos y sociales: Se relacionan a través de redes sociales (Facebook, Twitter, Instagram, Whatsapp), estudian o estudiaron utilizando herramientas colaborativas (Moodle, Google drive) y desean seguir trabajando de la misma forma. Existen numerosas herramientas colaborativas que permiten el intercambio de archivos y una comunicación efectiva entre diferentes miembros y equipos de trabajo. Herramientas como TFS (TeamFoundationServer) o Jira son muy apreciadas en el mercado de desarrollo de software.

-Agilidad: A los *millennials* les gusta conseguir sus metas rápido y, además, se aburren fácilmente, por lo cual no tienen una alta tolerancia a los proyectos a largo plazo y pueden llegar a desmotivarse. Uno de los factores del auge del uso de metodologías ágiles en proyectos de sistemas, es porque los jóvenes se desarrollan mejor en este marco de trabajo de períodos cortos.

-Recreación: Cuestiones psicológicas como tener acceso a áreas de esparcimiento, donde puedan relajarse y/o jugar, son muy valoradas por los *millennials*.

5. Descripción de la situación en el ámbito laboral

Los *millennials* han cooptado la fuerza laboral en todo el mundo. Están obligando a las empresas a cambiar los esquemas de 10 horas de trabajo en pequeños boxes. Quieren ser "parte del equipo" y hasta sus propios jefes. Tienen ideas firmes sobre cómo, cuándo y dónde quieren trabajar. Quieren explorar sus habilidades y desarrollar todo su potencial.

"Muchas empresas en el mundo -especialmente las startups tecnológicas- han descubierto el valor de sumar a los *millennials* a su equipo de trabajo, e incluso, de convertirlos en la principal fuente de talento. Para atender a sus necesidades y ofrecerles un ambiente que los motive, grandes compañías como Google y Rackspace han construido increíbles oficinas y modelos de trabajo flexibles. En este espacio, los empleados pueden encontrar máquinas rellenas de dulces, refrescos y cafés, así como lugares de trabajo abiertos y zonas destinadas únicamente al descanso." [2]

Las empresas locales buscan imitar a Google en cuanto a las prestaciones a ofrecer: gimnasios, comidas gratis, peluquería, lavado de autos e incluso cuidado de la salud en el lugar. [12] Algunas empresas, como por ejemplo Globant, poseen mesas de ping pong para el esparcimiento de sus empleados, sala de música con instrumentos para relajarse, after frecuentes, viajes a Mendoza a esquiar para solo divertirse y crear ambiente grupal, entre otros.

Se puede ver que varias empresas del cluster cordobés están implementando estos beneficios esperados por los *millennials* en sus contratos psicológicos. Se van adaptando a brindar cada vez mayor cantidad de servicios, pero en su adaptación, siempre queda por debajo la cuestión salarial y es ahí cuando los *millennials* emprenden valijas y salen a buscar oportunidades al exterior, ya sea física o virtualmente (con el teletrabajo).

Ahora, volvamos a la relación *millennials*-agilidad-expectativas. Con los cambios en las formas de trabajo que conlleva la agilidad, hacen falta cambios también en los contratos laborales. En el "nuevo contrato ágil" debe primar la colaboración y flexibilidad entre las partes para conseguir que todos ganen. No es objetivo de este paper analizar cómo deberían ser esos contratos, pero aquellos interesados en profundizar en este tema pueden recurrir a la página oficial de proyectosagiles.org y leer las alternativas de contratos ágiles que propone el letrado Xavier Albaladejo. [13]

Como se observa en este análisis de la consultora Phifactor, un factor predominante en el rechazo de los *millennials* a una propuesta laboral se da porque el contrato ofrecido no refleja las necesidades por ellos pretendidas. Esta consultora

realiza búsqueda de candidatos para empresas, tanto nacionales como internacionales, en el rubro de la TI. En lo que va del 2018 han relevado que, de los candidatos seleccionados (todos *millennials*) los que terminan retirándose del proceso de reclutamiento lo hacen por los siguientes motivos:

- El candidato *millennial* se "cansa" o se "aburre" del proceso de selección y lo abandona. 30%
- La propuesta laboral no incluye semanas extras de vacaciones más allá de las correspondientes por antigüedad. 25%
- No está formalizado en el contrato laboral la modalidad de "Work from Home". 20%
- No está formalizado en el contrato laboral que la modalidad de la empresa que ofrece las vacantes trabaja con un calendario de otro país por lo tanto los feriados y/o fines de semana no son iguales a los de Argentina. 15%
- No está formalizado en el contrato laboral el beneficio de flexibilidad horaria. 10%

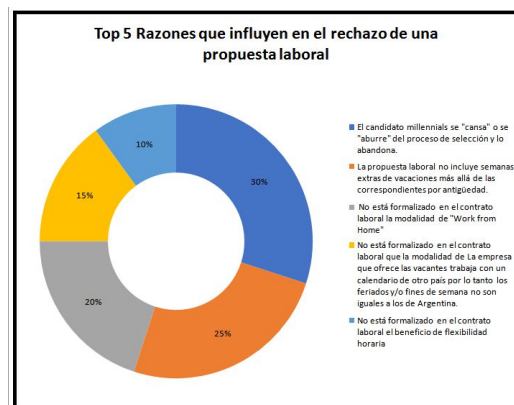


Figura 4. Razones que influyen en el rechazo de una propuesta laboral (gráfico propio basado en datos de Phifactor)

Los *millennials* se sienten cómodos con el cambio. Si trabajan en una compañía y empiezan a sentirse poco valorados o explotados, sin lugar a dudas, buscarán un nuevo empleo o emprender por su cuenta. Ciertamente no quieren estar encadenados a su escritorio más de 50 horas a la semana. Si una empresa puede ofrecer cosas como entrenamiento, esquemas flexibles o remotos, buena tecnología y algo de reconocimiento, esta generación se quedará a trabajar allí (al menos por un tiempo mayor a tres años). Es bueno revisar el concepto de trabajar de 8 am a 5 pm en un box. La tecnología nos permite trabajar dónde y cómo queramos. Los negocios progresivos deben aprovechar este potencial. [14]

En las consultoras de RRHH cada vez más nos encontramos con esta realidad. Asumen de antemano que las condiciones que ellos pretenden, las empresas 'las tienen que ofrecer'. En otras palabras, dan por descontado determinadas

prácticas y beneficios -teletrabajo, horario de ingreso flexible, vestimenta informal- y en el caso de que no sean brindados por la organización, ni siquiera escuchan la oferta salarial y desestiman la propuesta.

Según la consultora de recursos humanos HuCap, para el grupo de profesionales de sistemas, sus exigencias van un poco más allá que el promedio de los candidatos. A los expertos en tecnologías como "machine" y "deeplearning", inteligencia artificial, big data, entre otras, que reciben dos o tres propuestas por semana, les ofrecen como básicas determinadas condiciones que no están generalizadas para otras posiciones, como ser días de semana de teletrabajo, espacios abiertos y de distensión, mesas de ping pong y playstation. [15]

Los denominados "cazadores de talentos" (headhunters), o sea consultores o empresas con departamentos especializados en recursos humanos, se especializan en buscar candidatos a contratar para cubrir posiciones a menudo vacantes (no siempre, ya que a veces se necesita ir formando profesionales en un puesto determinado, atendiendo a la alta rotación de personal que poseen las empresas de TI). De pronto, ellos descubren que 1 de 3 CV (*currículum-vitae*) están repetidos entre quienes figuran ocupados y quienes se ofrecen para cubrir las vacantes. Estos llamados "candidatos continuos", son en especial *millennials* y se caracterizan en que, a pesar de tener trabajo, siempre están 'a la pesca' de una nueva oportunidad laboral. Esto se da porque a mayor experiencia acumulada, más propensos son a estar habitualmente en busca de empleo tratando de mejorar su desarrollo profesional, según la información distribuida por la empresa especializada en personal ManpowerGroup. [16]

La mayoría de los *millennials* cambia de trabajo para ganar más, tener más horas libres, más vacaciones, más prestaciones y que se los escuche y valore. Aún teniendo todo eso, no dudarán en aceptar una oferta mejor.

Tradicionalmente, los reclutadores tendían a rechazar a un aspirante de estas características; sin embargo, esta nueva camada de candidatos tiene mucho que ofrecer. Como ya mencionamos, en lo que a trabajo en TI compete hoy en día la mayoría de las empresas trabajan con metodologías ágiles. La entrega y el desarrollo rápido son por lo general el requerimiento fundamental de los sistemas de software, ya que se pretende obtener rápidamente un producto útil.

¿Por qué el proceso ágil es tan importante para los *millennials*? Según la revista Forbes [17] los *millennials* han crecido en un mundo de cambios constantes, donde las comunicaciones son instantáneas y globalizadas. Estas exigencias modernas hacen que las organizaciones estén en constante actualización. Bajo este contexto es que

las metodologías ágiles han pasado a ser las de mayor uso en los procesos de desarrollo de software. Además esta generación está más dispuesta a aceptar una reducción salarial si eso significa tener un propósito.

Las metodologías ágiles permiten ese entorno que propicia el rápido cumplimiento de los objetivos planteados y son justamente los *millennials* quienes más se adaptan a esta forma de trabajo que requiere de equipos proactivos, flexibles a los cambios, innovadores y con naturalización en el uso de herramientas colaborativas.

Suelen investigar y resolver problemas de software utilizando Google, Youtube, revisando código de proyectos públicos en Github, en páginas propias de herramientas open source, compartiendo conocimiento por redes sociales, blog, y LinkedIn (otro tipo de red social pero desde otra perspectiva) o en la techmeetup¹ donde debaten y se comparten conocimientos de diversos temas.

Los *millennials* se adaptan rápidamente de una herramienta a otra. Algunas de las más utilizadas en el mercado cordobés para trabajo colaborativo en el desarrollo de sistemas son TFS (TeamFoundationServer) y Jira. Esto se puede apreciar en las empresas privadas y rápidamente se extán expandiendo al ámbito público. Esta generación está constantemente analizando 'cómo sacar el jugo' de estas herramientas y configurarlas a sus necesidades de trabajo.

Se puede impulsar una cultura laboral que aproveche las ventajas de las TIC, las plataformas colaborativas que permiten el intercambio de archivos, para ofrecer un esquema de trabajo remoto. También, en cuanto a su necesidad de aumentar sus habilidades, se pueden aprovechar la gran variedad de herramientas de aprendizaje online. [18]

6. Conclusiones

Las metodologías ágiles surgen para gestionar y adaptar la forma del trabajo al contexto de los proyectos y su naturaleza cambiante. Son esencialmente flexibles y permiten el cumplimiento de objetivos rápidamente. Esto a dado respuesta al ritmo del mercado que es vertiginoso y la impaciencia de los clientes que quieren todo de forma inmediata. Las bases de la agilidad se fundan en el trabajo colaborativo y en equipo.

Las organizaciones de TI que han adoptado en sus prácticas las metodologías ágiles, saben que los *millennials* son los candidatos por excelencia para estos marcos de trabajo, ya que estos funcionan bien en equipos, están motivados para obtener

¹Es una excusa mensual para que los desarrolladores y la comunidad tecnológica se reúnan y aprendan cosas nuevas el uno del otro.

resultados rápidos en sus organizaciones, favorecen la comunicación abierta y frecuente con sus pares y supervisores, y se sienten cómodos con las tecnologías de la comunicación.

Pero así como los millennial ofrecen buenas cualidades laborales, sus exigencias para con las empresas están cambiando las culturas de las mismas y las condiciones que deben ofrecer para atraerlos (las cuales deben estar incluidas en el contrato legal).

El sentido de lealtad de esta generación va en descenso, buscan realizarse y satisfacer sus metas, por eso piensan primero en ellos y luego en la empresa. Los *millennials* tienen la percepción de que las empresas son más exitosas si tienen entornos de trabajo más estimulantes y hacen un mejor trabajo para desarrollar el talento.

Atraer y retener a los *millennials*, entonces, comienza con recompensas financieras, cultura organizacional tanto de ámbitos de camaradería como para desarrollar potencialidades y se mejora cuando el lugar de trabajo ofrece mayores grados de flexibilidad. Los menos satisfechos con su salario y flexibilidad laboral se sienten cada vez más atraídos por los trabajos temporales. Entonces será probable que aquellas organizaciones que puedan brindar servicios atraigan y retengan a los mejores empleados de la generación del milenio y fortalezcan potencialmente sus perspectivas de éxito a largo plazo.

En las consultoras se observa que los candidatos buscan cada vez más que sus empleadores les den las habilidades que necesitan para tener éxito en su desarrollo profesional. Si bien las habilidades técnicas son siempre necesarias, los *millennials* también están interesados en desarrollar habilidades interpersonales, confianza en su proactividad y comportamiento ético, todo lo que consideran esencial para que una empresa tenga éxito.

Tanto en los estudios analizados de distintas consultoras internacionales, nacionales y la que tomamos de referencia local, se puede concluir que los requerimientos de los candidatos (y lo que deberían ofrecer las empresas que quieran retenerlos) son siempre los mismos:

- flexibilidad horaria,
- trabajo remoto (en la comodidad del hogar),
- capacitación
- proyecto de crecimiento,
- salario ofrecido,
- liderazgo horizontal y dinámico,
- vacaciones previstas,
- compensaciones por objetivos conseguidos,
- vestimenta informal.

La presunción de NO contar con alguno de estos beneficios, sobre todo los candidatos más jóvenes, supone la declinación directa de su postulación. Si bien, en todos los casos esto está influenciado por cada realidad particular, se evidencia como

característica general de las búsquedas en TI en la actualidad.

Incluso se han podido constatar casos, en los que habiendo tomado el trabajo en el puesto para el que ha sido seleccionado, si un candidato al comenzar a desarrollar su tarea, con el transcurso de los meses, si éstas expectativas o beneficios prometidos no se cumplen, no tienen ningún inconveniente en tomar alguna otra opción de trabajo donde prevean pueden alcanzar mejor sus objetivos de corto plazo.

¿Cuál es entonces el balance entre lo que las organizaciones están dispuestas a brindar a los *millennials* y los beneficios que pueden obtener de estos? Para las empresas un camino importante es hacer incapié en la formación continua, la modernización tecnológica y adaptarse a una forma de trabajo ágil, donde se pueda alcanzar a ver el cumplimiento de objetivos logrados.

7. Referencias

[1] PwC; University of Southern California and the London Business School (2013). "PwC'sNextGen: A global generationalstudy"(PDF). PwC'sNextGen: A global generationalstudy. PwC. Disponible en Internet en: <https://www.pwc.com/gx/en/hr-management-services/pdf/pwc-nextgen-study-2013.pdf> Último acceso 08/09/2018

[2] Gómez Pereyra, Belén. "Cómo trabajar con *millennials*". Disponible en Internet en: <https://www.occ.com.mx/blog/como-trabajar-con-millennials/> Último acceso 08/09/2018

[3] Zapata, Anderson. *Vivir a lo 'Millennial', los retos laborales que enfrentarán estos jóvenes*. Disponible en Internet en: <http://otrasvoceseneducacion.org/archivos/274167> Último acceso 08/09/2018

[4] "Metodologías ágiles y contratos". Disponible en Internet en: <http://replicantelegal.com/metodologias-agiles-y-contratos/> Último acceso 18/10/2018

[5] Bueno, Francisco. *Los millennials están enojados con las empresas y decepcionados con sus trabajos y la economía*. Infobae. Disponible en Internet en: <https://www.infobae.com/economia/finanzas-y-negocios/2018/05/21/los-millennials-estan-enojados-con-las-empresas-y-decepcionados-con-sus-trabajos-y-la-economia/> Último acceso 08/09/2018

[6] 2018 DeloitteMillennialSurvey. Millennialsdisappointed in business, unpreparedforIndustry 4.0 Disponible en Internet en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/gx-2018-millennial-survey-report.pdf> Último acceso 08/09/2018

[7] Cubillos, Claudia. "Millennials instalan su forma de trabajo en equipo en las empresas". Revista AmericaEconomia. Disponible en Internet en: <https://mba.americaeconomia.com/articulos/notas/millennials-instalan-su-forma-de-trabajo-en-equipo-en-las-empresas> Último acceso 08/09/2018

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[8] Hacker, Daniela. “¿Qué tienen los millennials en la cabeza? Radiografía de una generación incomprensible.” Disponible en Internet en:

<https://www.infobae.com/tendencias/2017/11/21/que-tienen-los-millennials-en-la-cabeza-radiografia-de-una-generacion-incomprensible/> Último acceso 08/09/2018

[9] Pozzi, Sofia M. (2014). *Generación "Y", sus expectativas laborales: investigación acerca de los factores que buscan los jóvenes Millennials en sus trabajos y su impacto sobre el contrato psicológico: un estudio de las expectativas laborales de los graduados de la Universidad de San Andrés* (Doctoral dissertation).

[10] Rey, S., Lanza Castelli, S., Mac Williams, M., Barale, L., Ortiz Quiroz, V., Rodríguez Aleua, F., Strub, A., Herrera, D. (2016) “Un modelo práctico para la gestión de conocimiento aplicando scrum”.

[11] Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). *La guía de scrum: La guía definitiva de scrum, las reglas del juego.* Disponible en Internet en: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrumguide-es.pdf> Último acceso 08/09/2018

[12] Wright, Casey. “10 Things to know about Google’s awesome culture”. Disponible en Internet en: https://www.huffingtonpost.com/entry/10-things-to-know-about-googles-awesome-culture_us_59088802e4b03b105b44bbfd Último acceso 08/09/2018

[13] Albaladejo, Xavier. “Cómo cocinar tu contrato ágil”. Disponible en Internet en: <https://proyectosagiles.org/2011/12/13/como-cocinar-tu-contrato-agil/> Último acceso 18/10/2018

[14] Biro, Meghan M. “¿Los millennials destruyeron los horarios de trabajo?” Disponible en Internet en: <https://www.entrepreneur.com/article/273260> Último acceso 08/09/2018

[15] Krizanovic, Paula. “De Babyboomers a Centennials: por qué la falta de segmentación al comunicar puede ser un riesgo en empresas argentinas”. Disponible en Internet en: <https://www.iprofesional.com/management/261517-recursos-humanos-baby-boomers-carrera-De-Baby-boomers-a-Centennials-por-que-la-falta-de-segmentacion-al-comunicar-puede-ser-un-riesgo-en-empresas-argentinas> Último acceso 08/09/2018

[16] “Los millennials son un misterio tanto para Macri como para los headhunters”. Disponible en Internet en: <https://www.urgente24.com/257921-los-millennials-son-un-misterio-tanto-para-macri-como-para-los-headhunters> Último acceso 08/09/2018

[17] Alton, Larry. *Por qué la cultura de trabajo ágil es tan importante para los millennials.* Forbes. Disponible en internet en: <https://www.forbes.com/sites/larryalton/2017/10/17/why-agile-work-cultures-are-so-important-to-millennials/#7f2dd0212fd2> Último acceso 18/10/2018

[18] Lanza Castelli, S., Ortiz Quiroz, V., Rodríguez Aleua, F. (2017) “¿Cómo puede Scrum y las TIC mejorar el aprendizaje colaborativo en el ámbito universitario?”.

Protocolo de actuación para recolección y preservación de la evidencia digital móvil en el Sistema Procesal Penal de Santiago del Estero

Graciela Viaña¹, Liliana Figueroa¹, Cecilia Lara¹, Alfredo Corvalán², Norma Lesca¹

¹Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero

²Oficina de Informática Forense del Gabinete de Ciencias Forenses del Ministerio Público Fiscal de Santiago del Estero

gv857@hotmail.com; lmyfigueroa@yahoo.com.ar; clara@unse.edu.ar; acorvalan@jussantiago.gov.ar; norma.lesca@gmail.com

Resumen

Resulta relevante destacar los desafíos que genera el avance tecnológico para incorporar la utilización de la evidencia digital al sistema procesal penal, como prueba fundamental en la investigación de cualquier delito. Para ello, es necesaria una regulación adecuada de la misma, que permita su utilización eficiente en el proceso penal. Si bien, en algunas provincias de nuestro país existen guías de buenas prácticas plasmadas en protocolos de actuación que orientan la obtención de evidencias digitales, en la provincia de Santiago del Estero no se cuenta con normativa al respecto. Es por eso que este trabajo tiene como finalidad proponer un protocolo al que se puede recurrir al momento de la obtención de las evidencias digitales, a partir de un análisis y presentación del estado de avance de la legislación procesal argentina en el tratamiento de las pruebas digitales, específicamente en dispositivos móviles y durante la etapa de recolección y preservación. En particular, se describen con mayor detalle las dos primeras fases del protocolo.

Introducción

Los dispositivos móviles celulares no son solamente utilizados para enviar o recibir mensajes o llamadas, sino que en la mayoría de los casos están proporcionando otros servicios o funcionalidades similares a los brinda una computadora de escritorio.

Además, esta tecnología de comunicación se ha convertido en elemento importante de evidencias en situaciones delictivas. En este contexto, los celulares pasan a considerarse en una fuente valiosa de pruebas durante el proceso penal.

Este artículo tiene como propósito proponer un protocolo de actuación organizado en fases, con

actividades a realizar, y que se considera optimizará la labor de los operadores jurídicos durante la obtención válida de la evidencia digital móvil, para evitar el empleo de prácticas que posteriormente resulten cuestionadas en el proceso judicial.

Para abordar esta propuesta, ha sido importante embeberse en las prácticas de actuación de otras provincias más adelantadas en el tema y ahondar en la Jurisprudencia al respecto, que nos brindarán los criterios jurídicos a tener en consideración al tiempo de concretar y plasmar la propuesta.

La presente propuesta surge en el marco del proyecto de investigación “Computación Móvil: desarrollo de aplicaciones y análisis forense”, en la línea de “Informática Forense”, que se desarrolla en el Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Para lo cual se ha conformado un equipo de trabajo integrado por profesionales del derecho e informáticos que pertenecen al proyecto de investigación mencionado, al Ministerio Público Fiscal y al Poder Judicial de Santiago del Estero, los cuales vienen trabajando de manera conjunta para brindar un apoyo a la labor de la oficina de Informática Forense del Gabinete de Ciencias Forenses del Ministerio Público Fiscal durante el proceso de obtención de evidencias digitales móviles.

El presente artículo está organizado de la siguiente manera: en primer lugar se analiza la obtención legal de la evidencia en los códigos procesales, luego se proponen lineamientos para la obtención de evidencia digital en móviles en el ámbito del Ministerio Público Fiscal de Santiago del Estero, a continuación se describen detalladamente las dos fases 1 y 2 del protocolo de actuación, y por último, se plantean conclusiones y anhelos futuros.

La obtención legal de la evidencia digital

Se define evidencia digital como datos que constan en formato electrónico y que constituyen elementos de prueba; comprendiendo las etapas de extracción, procesamiento e interpretación [1]. Puede definirse también como: “cualquier información digital que, sujeta a la intervención humana u otra semejante, ha sido extraída de un medio informático” [4].

Otra alternativa es abordar la evidencia digital desde dos perspectivas: como objeto o como representación [2]. Se considera como objeto, cuando se vincula con aquellas acciones que se realizan por medios electrónicos. Cuando se la considera como representación de ciertos actos jurídicamente relevantes, el hecho en sí no es electrónico, sino que los medios electrónicos son elementos que representan eficazmente el consentimiento, la voluntad y el delito, pero no constituyen tales elementos. En ambos casos, se requiere una mirada tecnológica para entender las características de los medios utilizados, y un análisis técnico-jurídico que determine cómo obtener la evidencia, presentar la prueba, interpretarla, y relacionarla con los hechos o actos jurídicos materia de juicio.

En comparación con otras formas de evidencia, la prueba digital es única. Es sensiblemente frágil, volátil, anónima, con posibilidad de ser alterada, modificada y eliminada con facilidad. Si la evidencia fue presentada de manera correcta y su cadena de custodia no fue alterada, puede llegar a ser decisiva para resolver cualquier clase de delito. [2]

Según [2] para que la evidencia sea admisible en un proceso judicial, debe cumplir con cuatro criterios: autenticidad, confiabilidad, completitud o suficiencia, y apego y respeto por las leyes y reglas del Poder Judicial.

Entonces, para que la obtención de la evidencia digital sea legalmente aceptable en un proceso judicial, debe llevarse a cabo de acuerdo a lo establecido por el Código Procesal de la jurisdicción competente. Si bien el Código Procesal Penal de la Nación [8] no cuenta con normas específicas sobre evidencia digital, algunas de sus disposiciones admiten el uso de medios digitales en determinadas circunstancias. Se destacan, particularmente los artículos 127, 143 y 144.

En el caso particular de la provincia de Santiago del Estero, el Código Procesal Penal [9] (Ley 6.941) regula al respecto en su artículo 253, planteando la posibilidad de interceptar, siempre que sea útil para la comprobación del delito, la correspondencia por cualquier medio que se establezca, asimilando de esta manera la correspondencia cibernética a la postal. Por su parte, el artículo 254 permite ordenar la interceptación de comunicaciones del imputado, cualquiera sea el medio por el que se establezcan.

Sin embargo, esto no es suficiente para dar el marco normativo adecuado para la obtención de la evidencia digital desde dispositivos móviles, lo cual ha generado que varias provincias definan reglamentación adicional, en forma de protocolos de actuación, para salvar esta carencia normativa. El aporte realizado en lo referido a este aspecto, se incluirá en el apartado siguiente.

Protocolo de actuación para la obtención de evidencia digital en móviles

La siguiente propuesta de protocolo de actuación para el tratamiento de evidencia digital extraída desde dispositivos móviles pretende contribuir en la tarea investigativa a llevarse a cabo por de la oficina de Informática Forense del Gabinete de Ciencias Forenses del Ministerio Público Fiscal de Santiago del Estero. Ello surge como un aporte que deberá ser reglamentado por las Autoridades de Aplicación con el objetivo de garantizar la validez y eficacia probatoria de las evidencias obtenidas en el proceso.

Estos lineamientos pretenden ofrecer suficiente respaldo jurídico para la labor de los peritos informáticos y auxiliares de la justicia en la investigación penal, además de servir como una herramienta para la planificación y control de dicho proceso en la investigación penal preparatoria.

Para la elaboración de esta propuesta se consideraron como antecedentes: la “Guía de obtención, preservación y tratamiento de la evidencia digital” [11] de la Unidad Fiscal especializada en Ciberdelitos, el “Protocolo de actuación para pericias informáticas” [10] y “Pericias informáticas sobre telefonía celular” [10], del Poder Judicial de Neuquén, y la “Guía integral de empleo de la informática forense en el proceso penal” [6], del

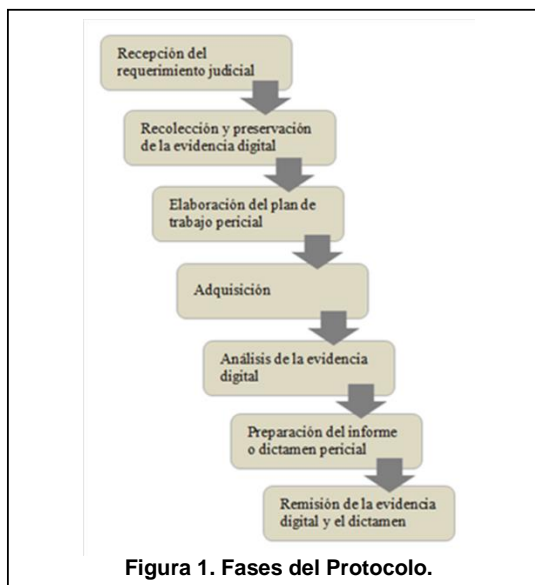


Figura 1. Fases del Protocolo.

Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense (InfoLab). Además, se han considerado las experiencias recolectadas por los miembros del Gabinete de Ciencias Forenses durante estos últimos años.

El protocolo de actuación propuesto [12], se presentan organizado en fases, que intentan abarcar el proceso completo de tratamiento de la evidencia digital, poniendo especial énfasis en las actividades y técnicas relacionadas con dispositivos móviles. Cabe aclarar que esta propuesta se encuentra aún en proceso de revisión y validación, refinándose permanentemente en función de los resultados de su aplicación en el Gabinete de Ciencias Forenses del Ministerio Público Fiscal.

En la figura 1 se muestra esquemáticamente el conjunto de fases en las que se organiza la propuesta:

A continuación, se describen las fases del proceso sugerido.

Recepción del requerimiento judicial

La fase inicial consiste en la recepción del requerimiento judicial, planificando día, hora, recursos y personal necesarios para llevar adelante el procedimiento, atendiendo al tipo de delito. Durante ella resulta importante realizar un relevamiento del caso judicial, para poder identificar con mayor precisión los objetos de interés, en función a los puntos a peritar que indica el requerimiento recibido, mediante oficio, y como resultado, se genera un plan de procedimiento. Las actividades recomendadas son:

- Tomar contacto con el fiscal a cargo de la causa o con la dependencia policial responsable de la investigación inicial.
- Elaborar un plan de acción que se seguirá durante el procedimiento

Recolección y preservación de la evidencia digital

En esta fase se reconocen los dispositivos móviles que se encuentran en la escena del crimen, documentando sus ubicaciones. El responsable identifica el estado general del dispositivo, recolecta los accesorios e inicia la cadena de custodia. Recibe como entrada el plan de procedimiento generado en la fase anterior y, luego de llevar a cabo sus actividades, se obtiene un conjunto de elementos recolectados acompañado de un acta de secuestro. Para esta fase se recomienda:

- Inspeccionar el lugar para detectar todos los objetos de interés para la investigación.
- Realizar el levantamiento de los objetos identificados utilizando los medios adecuados al tipo de evidencia, esto es: colocarse guantes, elementos de

protección para evitar contaminación, fotografiar dispositivos, registrar en una planilla marca y modelo.

Si fuera necesario solicitar al Gabinete de Criminalística para que registre la existencia de huellas digitales o cualquier otro elemento biológico acorde sus procedimientos.

- Disponer de una zona despejada para rotular cada elemento. Confeccionar el acta de secuestro, consignando número de tarjeta SIM e IMEI (identidad internacional de equipo móvil, por su sigla en inglés) y demás accesorios identificados (cables, tarjetas de memoria, cargador, etc.).

- Almacenar adecuadamente el equipamiento recolectado.

- Iniciar la cadena de custodia.

El responsable deberá actuar teniendo en cuenta la autorización judicial.

Elaboración del plan de trabajo pericial

En esta fase se elabora un plan de trabajo pericial a partir de lo especificado en el requerimiento judicial recibido. Las actividades asociadas a esta fase son:

- Recabar información sobre el objeto de la investigación, para comprender los objetivos que se pretende alcanzar con la labor pericial en el marco de la investigación penal preparatoria.

- Informarse sobre los tiempos procesales a fin de establecer una prioridad para el caso.

- Sugerir la solicitud de determinadas pruebas o informes: reportes a empresas telefónicas, de proveedores de servicios de internet, método de seguridad de acceso (contraseña, pin o patrón de bloqueo).

- Determinar las herramientas técnicas y el equipamiento necesario para realizar la tarea asignada.

- Notificar a las partes y peritos autorizados para asistir a la pericia.

Adquisición

Durante esta etapa se obtiene la copia forense del dispositivo móvil considerando la tarjeta SIM, la memoria externa y el dispositivo propiamente dicho, si correspondiera. Se debe elaborar, además un acta de adquisición. Las actividades sugeridas son:

- Obtener la imagen forense.
- Calcular el hash de la imagen forense para autenticar y preservar la integridad de los datos.

- Verificar que los datos obtenidos tengan el formato apropiado, fechas y horas consistentes y que se pudo extraer toda la información.

- Elaborar un acta de adquisición, dejando constancia de las partes presentes.

Análisis de la evidencia digital

A partir de la copia forense, se seleccionan y analizan los elementos relevantes según los puntos de pericia, considerándolos como potencial evidencia digital. Se recomienda llevar a cabo las siguientes actividades:

- Extraer la información de las imágenes forenses, seleccionando la potencial evidencia digital (archivos eliminados, comprimidos, protegidos o encriptados, metadatos, información de configuración, etc.)
- Analizar el contenido de los datos extraídos.
- Analizar las relaciones entre los distintos elementos extraídos.
- Proponer hipótesis y sugerir otras diligencias o pericias que se consideren útiles para la causa.

Se recomienda realizar el análisis con una mirada integral, considerando el conjunto de dispositivos vinculados al caso, desde la perspectiva de los puntos de pericia.

Preparación del informe o dictamen pericial

En esta fase se documenta lo realizado durante todo el proceso, fundamentando todas las acciones, los métodos, técnicas y herramientas utilizadas. El dictamen pericial final es el resultado de la documentación de las fases previas, se elabora el informe respondiendo a los puntos de pericia, haciendo referencia a la evidencia digital detallada, de acuerdo a lo establecido en el artículo 276 del Código Procesal Penal de Santiago del Estero. Durante el desarrollo de esta fase, se deberá:

- Documentar lo realizado durante todas las actividades del proceso, fundamentando todas las acciones realizadas, los métodos, técnicas y herramientas utilizadas.
- Redactar el informe técnico o dictamen pericial.

Remisión de los elementos peritados y entrega del dictamen

Finalizada la pericia, el documento del dictamen o el informe y los elementos probatorios se remiten al solicitante, resguardando el material para garantizar su integridad y autenticidad hasta el final del proceso, durante un tiempo prudencial. Las actividades propuestas para esta fase son:

- Elaborar un acta de remisión, detallando los elementos que se entregarán.
- Remitir los elementos secuestrados conjuntamente con el dictamen al organismo solicitante.
- Resguardar las copias forenses y los documentos generados en cada fase hasta que la autoridad competente disponga acerca de su destino definitivo.

Las fases propuestas pretenden garantizar el cumplimiento de las buenas prácticas que aseguren la calidad de los procesos aplicados y sus resultados,

considerando los principios fundamentales de relevancia, confiabilidad y suficiencia establecidos en la norma ISO/IEC 27037 [7]

Fase 1: Recepción del requerimiento judicial

Recepcionado el requerimiento por parte del Fiscal a cargo de la causa, es necesario realizar una planificación en relación a las necesidades concernientes a las características del hecho delictivo. Para ello, se determinará fecha y hora, personal técnico necesario y los recursos tecnológicos requeridos. Es importante definir si alguna tarea de recolección de evidencia digital se llevará a cabo en el lugar del hecho o si se procederá en el laboratorio.

Otro aspecto a tener en cuenta es la definición de los elementos que se consideran de interés, según lo solicitado por parte del Fiscal y según la naturaleza del ilícito. El perito podrá realizar sugerencias al respecto, indicando otros puntos de pericia y solicitud de informes a terceros (empresas de telefonía, proveedores de internet, acceso a cámaras de seguridad públicas o privadas, entre otros.) que considere apropiados para la causa.

El perito podrá trabajar de manera coordinada con el equipo policial que realizó la intervención primaria en el lugar del hecho, a los cuales se les solicitará las novedades acontecidas durante su actuación en aspectos relacionados a Informática Forense.

Con todo lo relevado se realizará una planificación sobre las tareas específicas de Informática Forense, las cuales se transmitirán al Fiscal para que se tengan en cuenta en el momento de que se constituya en el lugar del hecho.

Siguiendo [4], las tareas planificadas deben seguir uno de los principios fundamentales que corresponde al campo de las estrategias de la investigación criminal, denominado “Principio de Completitud” que enuncia “Mayor información es igual a Mejor investigación”, por lo que se colaborará con el Fiscal para obtener legalmente un gran caudal de información durante el procedimiento llevado a cabo en el lugar del hecho.

Las actividades que se proponen seguir son:

- Trabajar con el Fiscal a cargo de la causa y/o con la dependencia policial responsable de la intervención primaria sobre los puntos de pericia y posibles fuentes de información digital.
- Elaborar un plan de acción que se seguirá durante el procedimiento y sugerirlo al Fiscal antes de su intervención en el lugar del hecho

Fase 2: Recolección y preservación de la evidencia digital

Por sus características, la recolección de la evidencia digital requiere de herramientas y técnicas especiales. Cuando el Fiscal lo indique se dará inicio a la tarea de recolección de la evidencia digital, emitiendo esta directiva al personal perteneciente a la oficina de Informática Forense del Ministerio Público Fiscal o al personal Policial que forma parte del equipo de intervención en el lugar del hecho.

Para el caso de teléfonos celulares se deberá apagar el dispositivo, extrayendo la batería (en el caso de que sea posible), tarjeta SIM y memoria externa en caso de exista. Este dispositivo y sus accesorios se deben embalar como una unidad, todos en un mismo sobre de papel. En el caso de que el dispositivo telefónico cuente con dos ranuras para SIM se deberá indicar en cuál de las mismas se encontraba la tarjeta SIM.

Cada elemento recolectado debe ser correctamente embalado y rotulado con los datos que identifiquen al mismo, de modo de asegurar la inviolabilidad de los cierres. Los elementos secuestrados serán señaladas con el sello de la Fiscalía y con la firma del Fiscal de Instrucción y de los testigos que dan fe del acto. [9]

Junto con la recolección se labrará un acta, que se denomina "cadena de custodia" [4]. Una vez que los elementos se recolecte debe recorrer un camino, ya sea al laboratorio de Informática Forense o preservada en los depósitos hasta que llegue el momento procesal oportuno para ser ofrecida como prueba.

El Fiscal debe asegurar que los elementos son los que fueron recolectados, o que fue analizada y se ofrece el resultado obtenido. Es decir, que el órgano acusador debe garantizar que no fueron alterados, reemplazados, contaminados, dañados. El modo que tiene el Ministerio Público Fiscal de garantizar la autenticidad de su ofrecimiento probatorio, es mediante el empleo de la cadena de custodia.

Visto de este modo, la cadena de custodia es un procedimiento específico que se plasma físicamente en un formulario destinado a garantizar la autenticidad e integridad de la evidencia digital, que inicia en esta fase de recolección y la acompaña registrando a cada persona que la manipula durante su recorrido hasta su disposición final.

En [4] también se presenta un modelo de cadena de custodia, que debe ser iniciada por el funcionario que recolecte el dispositivo que almacena la evidencia digital, en presencia de dos testigos hábiles. Se debe confeccionar la cadena de custodia para cada elemento secuestrado.

Conclusiones y trabajos futuros

Se ha reseñado, a partir de los conceptos sobre evidencia digital y su aplicación en el ámbito jurídico a los fines de su validez probatoria, la importancia de velar por la observación de los procedimientos instaurados por los Códigos Procesales, basados en el cumplimiento de las garantías constitucionales. La intención del presente artículo es brindar un aporte al tema, destacando lo siguiente:

Se advierten insuficientes normas procesales modernas que contemplen la obtención de la evidencia digital como lo hacen el Código Procesal de la Nación y el Código de Santiago del Estero citados.

Se debe adoptar un protocolo de actuación que contemple las buenas prácticas periciales forenses sobre dispositivos móviles que contribuya a sustentar la admisibilidad de la prueba digital para ser eficaz en la investigación penal.

Se requiere avanzar en la revisión del Protocolo de Actuación para el tratamiento de evidencia digital extraída de dispositivos móviles, que sea aceptado para su implementación por el Ministerio Público Fiscal de la provincia de Santiago del Estero, con el objetivo de ofrecer respaldo jurídico a partir del establecimiento de normativas técnicas y procedimentales.

Con la identificación y análisis de las actividades que corresponden a la fase 1 y 2, se trata de ordenar las etapas iniciales para asegurar que la investigación y el análisis posterior de las evidencias sean eficientes.

En un futuro, se pretende validar el protocolo de actuación propuesto a través de la aplicación de una lista de verificación con preguntas relacionadas con cada uno de los principios establecidos por la Norma ISO 27037, ya que la dificultad para evaluar el cumplimiento del mencionado estándar radica en que el documento de la norma sólo los describe, pero no especifica líneas de acción para llevarlos a cabo, de las que se puedan derivar los mecanismos de validación asociados [3].

Referencias

- [1] Andrade R.: "Análisis forense de dispositivos móviles" (2016). Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/análisis-forense-de-teléfonos-móviles-roberto-andrade>.
- [2] Bendinelli, M.: "Delitos informáticos. La importancia de la prueba digital en el proceso judicial" en Microjuris.com. (2018) Disponible en <https://aldiaargentina.microjuris.com/2014/12/03/delitos-informaticos-la-importancia-de-la-prueba-digital-en-el-proceso-judicial/>.
- [3] Cano, J.: IT-Insecurity. (2013) Disponible en <http://insecurityit.blogspot.com.ar/2013/09/reflexiones-sobre-la-norma-isoiec.html>.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[4] Corvalán, A: “La intervención en el lugar de los hechos y la escena del crimen”. Proyecto interno Ministerio Publico Fiscal de Santiago del Estero, Argentina. (2017).

[5] Ghosh, A.: Guidelines for the Management of IT Evidence. Standards Australia International. (2003) Disponible en: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/APCITY/UNPAN016411.pdf>.

[6] Info-Lab: Guía integral de empleo de la informática forense en el proceso penal. (2015) Disponible en <http://info-lab.org.ar/images/pdf/14.pdf>

[7] ISO/IEC 27037:2012(en) Information technology— Security techniques— Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence. Disponible en <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27037:ed-1:v1:en>

[8] Ley 23.984. Código Procesal Penal de la Nación. Buenos Aires, 21 de Agosto de 1991.

[9] Ley provincial 6.941. Código Procesal Penal de la Provincia de Santiago del Estero (2009).

[10] Poder Judicial de Neuquén: Pericias informáticas sobre telefonía celular. (2013). Disponible en <http://200.70.33.130/images2/Biblioteca/ProtocoloPericiasTelefoniaCelular.pdf>

[11] Unidad Fiscal Especializada en Ciberdelincuencia: Guía de obtención, preservación y tratamiento de evidencia digital. (2016). Disponible en <http://www.fiscales.gob.ar/procuracion-general/wp-content/uploads/sites/9/2016/04/PGN-0756-2016-001.pdf>

[12] Viaña, G., Lara, C., Lesca, N., Figueroa, L.: “Importancia de la evidencia digital móvil en el Sistema Procesal Penal”. 8vo Congreso Iberoamericano de Investigadores y Docentes de Derecho e Informática (CIIDDI). (2018).

Que el bosque no tape los árboles: el uso de software en la investigación criminal

Martín Rodríguez, Bruno Constanzo, Sebastián Lasia, Ariel Podestá, Ana Haydée Di Iorio
InFo-Lab, Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense
Universidad FASTA, Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires,
Municipio de General Pueyrredon
{marodrig, bconstanzo, slasia, apodesta, diana}@ufasta.edu.ar

Abstract

La incorporación de herramientas para el agregamiento, correlación, análisis y graficado de datos en la investigación criminal resulta beneficiosa, reduciendo drásticamente los tiempos de los investigadores judiciales, y permitiendo llegar a conclusiones que agilizan tanto el proceso de investigación como la toma de decisiones para avanzar en el proceso judicial. Permiten tener una visión macroscópica de la información, pero es posible perder de vista las relaciones individuales y su contexto. En este trabajo exploramos la posibilidad de ampliar las herramientas de graficado existentes para recuperar la granularidad fina, en el marco de investigaciones criminales modernas, en particular el caso de cruzamientos de llamados. Se muestra el prototipo desarrollado, se analizan ejemplos, y se plantean algunas posibilidades de desarrollo futuro para extender y mejorar la visualización de datos.

1. Introducción

En la actualidad las investigaciones criminales reúnen, procesan y analizan información de múltiples fuentes: desde datos tomados a mano, llamados telefónicos, hasta sistemas automáticos que registran, por ejemplo, nuestra ubicación geográfica o los consumos realizados con una *smartcard*. Cada una de estas fuentes de datos almacena información con distintos propósitos y estructuras de datos acordes a los mismos.

Los Ministerios Públicos de la República Argentina deben investigar hechos en este contexto, donde deben trabajar tanto con el volumen de información que se genera en la sociedad moderna¹, como con la normalización de los datos para poder enmarcarlos en un todo coherente.

Una fuente de datos de gran importancia en las investigaciones modernas son las comunicaciones, tanto desde teléfonos fijos como celulares. La telefonía “clásica” sigue brindando un sustrato de comunicación importante en la sociedad actual, y los *smartphones* han agregado sobre esa capacidad los medios de mensajería instantánea. Al obtener información, tanto de listados de llamadas obtenidos a través de las prestadoras de servicio, como de evidencia digital obtenida de dispositivos móviles [2] es posible agregar toda la información tanto de llamadas, mensajes de texto, contactos y redes sociales, para establecer una red de contactos y eventuales personas involucradas en un hecho investigado.

La utilización de grafos para representar relaciones entre individuos tiene una larga historia, y al grafo resultante se lo suele llamar “sociograma” [3]. Si bien el sociograma tiene una larga historia en la investigación criminal, el giro que le agrega en la actualidad la informática es la utilización de software para la representación de los mismos mediante estructuras de datos apropiadas. Esto permite analizar y descubrir, de manera automática, relaciones y nodos de interés, así como presentar interfaces de usuario que permitan agilizar el análisis de los grafos resultantes [4].

La utilización de software para representar mediante grafos los registros de comunicaciones agiliza el proceso de análisis de estas fuentes de información. En contraste con la alternativa “clásica” de analizar los registros con una planilla impresa y resaltadores, la representación por medio de grafos da una visión global de cómo se comunican un grupo de personas, permitiendo identificar quiénes son los actores clave en una organización delictiva. Tomando un viejo adagio, podríamos decir que los grafos son una herramienta que permite ver el bosque detrás de los árboles

Ahora, si bien el grafo resultante permite analizar una estructura macroscópica de las comunicaciones, es una

¹ A modo de ejemplo, WhatsApp dice comunicar, al día de hoy, más de 65 mil millones de mensajes por día [1].

representación estática que se abstrae de la dinámica de las mismas. Estas relaciones se pueden interpretar analizando en detalle la información y los metadatos de cada comunicación. Dando un giro a la frase, lo que se busca es una forma de investigar un caso en la que podamos apreciar tanto el “bosque” como los “árboles”.

En este trabajo se mostrará, en primer lugar, un marco teórico referido a grafos y software que permite trabajar con ellos. Luego se verá cómo se utiliza actualmente dicho software en el Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires para llevar adelante investigaciones complejas, y la problemática particular del análisis de comunicaciones. Se plantea entonces un desarrollo específico para potenciar las capacidades de investigación hoy existentes, y se muestran casos de prueba que ejemplifican las ventajas. Finalmente, se discuten las posibilidades de desarrollo futuro que tiene el prototipo desarrollado, y los pasos para su implantación en conjunto con otros softwares existentes.

2. Marco Teórico

Un grafo es una estructura matemática que se compone de un conjunto de nodos o vértices conectados por enlaces o aristas, donde la conexión de dos vértices representa una relación entre ellos. La teoría de grafos tiene su nacimiento cuando Leonhard Euler planteó su solución para el problema de los puentes de Königsberg [5], creando esta herramienta matemática en el proceso. La flexibilidad de los grafos como herramienta, permite que se analicen por medio de ellos una enorme variedad de problemas, dependiendo qué representen los nodos y los enlaces.

Dependiendo del problema que se quiera resolver, hay distintas variantes de grafos que permiten enmarcar los datos. Algunas de estas variantes son:

- En un grafo no dirigido no importa desde qué nodo se plantea el vínculo, es decir $\{a,b\}=\{b,a\}$. Por ejemplo, un grafo que representa computadoras (vértices) y las conexiones entre ellas (aristas) por medio de una red local -- en este caso no hay una dirección prefijada en las conexiones (los vértices), ya que las computadoras pueden comunicarse entre sí en cualquier dirección.
- Un grafo dirigido es un grafo en el que los enlaces que conectan a los nodos tienen asociada una dirección y la relación que los une no es idéntica, por lo tanto $\{a,b\}\neq\{b, a\}$. Por ejemplo, si se analiza información financiera, los pagos recibidos por una entidad desde sus clientes son las aristas entrantes al nodo, y los pagos remitidos a proveedores son las aristas salientes del nodo.

² Un problema clásico que busca optimizar el recorrido que realiza un viajero que debe visitar todas las ciudades de un conjunto, minimizando la distancia recorrida. Para un estudio detallado del problema, ver [6].

- Un grafo ponderado es aquel en donde cada arista tiene asociado un costo o peso, que cuantifica una característica del enlace. Por ejemplo, en el problema del agente viajante², el costo asociado a cada ruta puede ser tanto la distancia recorrida como el precio del transporte, y se buscará optimizar por menor distancia o menor precio.

En la aplicación de grafos para la investigación criminal, estos son los tipos que se utilizan con más frecuencia, incluyendo la combinación de ellos -- por ejemplo, un grafo dirigido ponderado para representar montos de dinero transferidos entre personas.

Sobre cualquier tipo de grafo es posible calcular distintas medidas y propiedades, tanto del grafo en su totalidad, como de los nodos de manera individual [7,8]. Estos atributos adquieren un significado específico dependiendo lo que representen los nodos y sus respectivos enlaces. Algunas de las medidas importantes en el análisis de grafos son:

- **Caminos entre nodos:** son los conjuntos de aristas $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ que conectan un nodo origen y un nodo destino. Es común la existencia de varios caminos que unen un par de nodos. Se suele destacar al camino más corto entre ellos.
- **Grado de un nodo:** es la cantidad de enlaces entrantes y salientes de un nodo. Esta medida indica qué tan conectado está un nodo dentro del grafo.
 - Otra medida que se puede tomar es la sumatoria de los pesos de los enlaces entrantes y salientes al nodo. Esto permite cuantificar el “valor” de los vínculos entrantes, salientes, y la diferencia entre ellos.
- **Centralidad de grado (de un nodo):** Esta medida permite comparar qué tan importantes son los nodos de un grafo en cuanto a cómo se conectan con otros, priorizando a los nodos con más cantidad de vínculos. Existen otras medidas de centralidad que pueden ayudar a determinar nodos de interés, de acuerdo a criterios matemáticos variados.

Estos conceptos teóricos se pueden aplicar a las investigaciones criminales complejas mediante grafos facilitando la tarea de los operadores judiciales, por ejemplo:

- En una investigación financiera, podrían representarse personas y/o sociedades como nodos y las transacciones de dinero mediante enlaces. En este caso, la suma de todas las transacciones entrantes al nodo, y la suma de las transacciones salientes y

la diferencia entre ellas, pueden ayudar a descubrir los nodos de los cuales sale más dinero del que entra, dando indicios de una situación anómala en donde hay dinero que no tiene orígenes registrados.

- Si se investigara una organización criminal analizando sus comunicaciones telefónicas, podría representarse a las personas (o líneas telefónicas) mediante como vértices y los llamados como aristas. En este caso, la presencia de caminos con distancia mayor a 1 que vinculan dos personas podría ser un indicio de que existiera una relación indirecta entre ellos, a través de intermediarios. Para sustentar este indicio, habría que encontrar evidencia adicional que soporte esa hipótesis, por ejemplo, detectar llamados que son realizados como consecuencia de una comunicación previa y cercana en el tiempo.

3. Problema a resolver

En particular para el análisis de registros de comunicaciones, es necesaria una herramienta que permita analizar tanto la estructura global de las mismas (quiénes se comunican entre sí, y con qué frecuencia), como también la secuencia en que se suceden, detectar las comunicaciones que son disparadoras de otras, y los modus operandi con una granularidad más fina.

En resumen, la herramienta necesaria debe permitir reconocer la estructura que toma la red de comunicaciones de una organización, y cómo se propaga la información en ella, por medio de una interfaz de usuario fácil de usar, y útil para la investigación criminal.

4. Solución propuesta

En el marco de un proyecto de investigación, se creó un software prototipo, basado en la librería Cytoscape.js [9-11], que permite procesar un grafo de llamados, organizarlos en base a sus *timestamps* de fecha/hora, filtrar, buscar, y visualizar la información.

Si bien en la actualidad existen herramientas de procesamiento de grafos como Gephi, i2 o Maltego [12-14], sus interfaces de usuario no son adecuadas para llevar a cabo este desarrollo. En el caso de Gephi, su funcionalidad es muy general, y lograr el comportamiento deseado muy difícil. Por otro lado, i2 y Maltego son productos comerciales cerrados, que no brindan una manera simple de incorporar y desarrollar nuevas funcionalidades.

5. Desarrollo del prototipo

El prototipo desarrollado se plantea como una aplicación, capaz de funcionar de manera independiente, consumiendo un grafo de cruzamiento de llamados proveniente de otra herramienta. Se decidió desarrollarla como una aplicación web que se accede a través de un navegador moderno³.

En función de su alcance, se planteó incluirla como módulo de una suite de herramientas de software. Esto permite procesar, analizar y visualizar un conjunto de datos digitales, extraídos de diversos dispositivos, de manera unificada y coherente, con el objeto de facilitar su interpretación en el contexto de una investigación criminal. Las facilidades que aporta la herramienta son de utilidad tanto para el personal que realiza la tarea como para el investigador responsable.

Utilizando el prototipo desarrollado, es posible:

- Importar un grafo de comunicaciones generado por otra herramienta. Se utiliza un formato basado en XML que permite representar las relaciones y los datos.
- Ver la lista de comunicaciones, ordenada en el tiempo y poder acceder directamente a la información de un registro en particular.
- Ver cada registro “paso a paso”, dejando en manos del usuario definir el tiempo que necesita para analizar cada comunicación antes de pasar a la siguiente. También deja abierta la posibilidad de recorrer el total de registros “hacia atrás”, para volver a visualizar una secuencia de comunicaciones.
- Visualizar una animación que muestra las comunicaciones de manera ordenada en el tiempo. Esta visualización incluye los datos de las llamadas: número origen, número destino, fecha y hora.
- Adaptar la visualización para representar la duración de las comunicaciones, si este dato está disponible. Esto permite visualizar llamadas extensas en el tiempo, que suceden de manera simultánea con otras.
- Aplicar filtros para acotar el listado de comunicaciones a un conjunto de datos de interés. Se puede agrupar según los siguientes criterios:
 - Intervalo de tiempo a visualizar, seleccionando una fecha de inicio, una fecha de fin, o ambas.
 - Número de teléfono origen
 - Número de teléfono destino

El desarrollo se llevó a cabo con una metodología ágil, iterando sobre la idea inicial, y testeando la utilidad de la interfaz de usuario para fines investigativos. Se realizar al

³ Google Chrome, Mozilla Firefox o Microsoft Edge

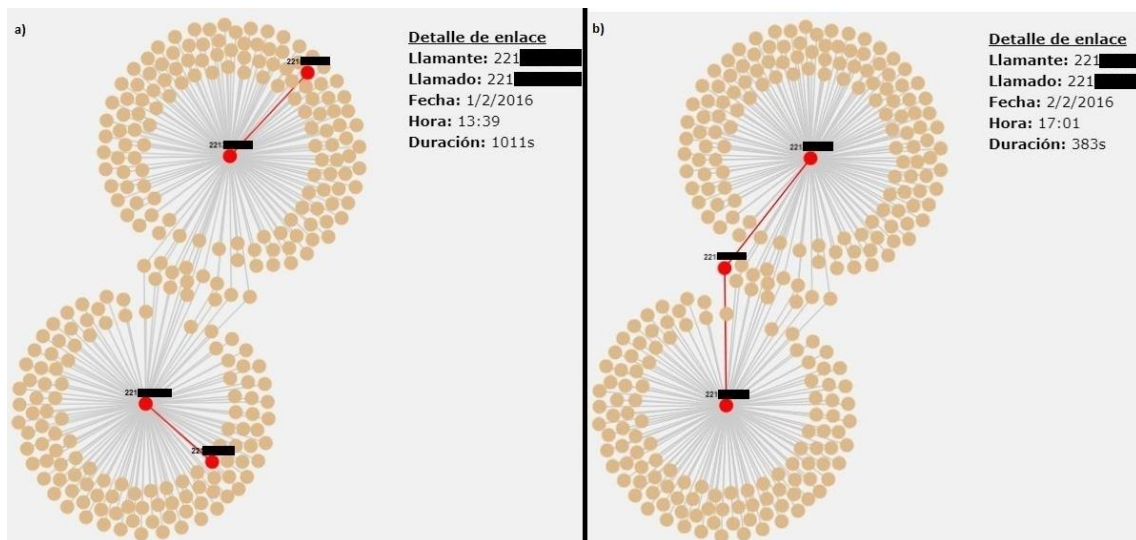


Figura 1. a) Gráfico del registro total de llamadas, en un instante de tiempo en el que se están efectuando dos llamadas simultáneamente. b) Instante de tiempo en el que un nodo deja en espera a otro para hablar con un tercero.

menos tres cambios significativos con respecto a la idea original, y varios cambios menores, hasta llegar a una interfaz que resultara cómoda para los investigadores de la justicia que actuaron como usuarios tempranos y *beta testers*.

6. Aplicación práctica

A continuación, presentamos un caso de ejemplo basado en datos artificiales, inspirado por casos reales. Estos ejemplos buscan mostrar cómo, a partir del uso de la herramienta, es posible obtener una mejor visualización de la información que contienen los registros telefónicos, permitiendo obtener información sustancial que lleve a una mejor resolución de las investigaciones.

6.1. Caso: Red de comercialización ilícita

Se pretende estudiar el comportamiento de una red de comercialización de productos ilícitos. Se cuenta con los registros de llamados de dos vendedores conocidos, y se busca determinar sus proveedores de más alta jerarquía en la organización.

Del grafo de cruzamiento de llamados generado con un software interno, se puede apreciar la estructura macro de las comunicaciones: los dos vendedores investigados aparecen rodeados por sus contactos telefónicos, y también hay un subconjunto de contactos mutuo (ver Fig. 1). Estos contactos en común pueden interpretarse como clientes compartidos o también alguno de ellos ser un proveedor de ambos.

Cuando se activa la funcionalidad de animación del grafo, ante el suceso de cada llamada cambia el color de los nodos participantes (de naranja a rojo) y del vínculo que representa la llamada entre ellos (de gris a rojo). Una vez que finalice la llamada, los nodos y vínculos volverán a su color original. En la Fig. 1 se pueden ver ejemplos de llamadas que suceden en simultáneo (a), o llamadas en donde uno de los participantes fue puesto en espera por otro (b).

En particular es interesante el caso que se representa en la Fig. 2: la comunicación de un comprador con un vendedor dispara una secuencia de llamados secuenciales en el tiempo (a, b, c, d). En particular es destacable porque el último destinatario de llamados es un contacto que no es común a ambos vendedores, pero podría tratarse de un proveedor de más alta jerarquía. Esto también es importante, porque permite modificar la hipótesis inicial - los vendedores investigados no tienen la misma importancia en la organización criminal, ya que uno de ellos tendría un contacto de nivel superior que otro de ellos no. Si bien verificar esta nueva hipótesis investigativa requerirá de medidas adicionales, es una conclusión a la que no se podría haber llegado solamente con el análisis estático del grafo de llamados. Este tipo de situaciones son las que se presentaban como problemática original al plantear el desarrollo del prototipo.

7. Conclusiones y trabajo futuro

La manera en que los grafos representan la información de comunicaciones realmente genera un valor agregado

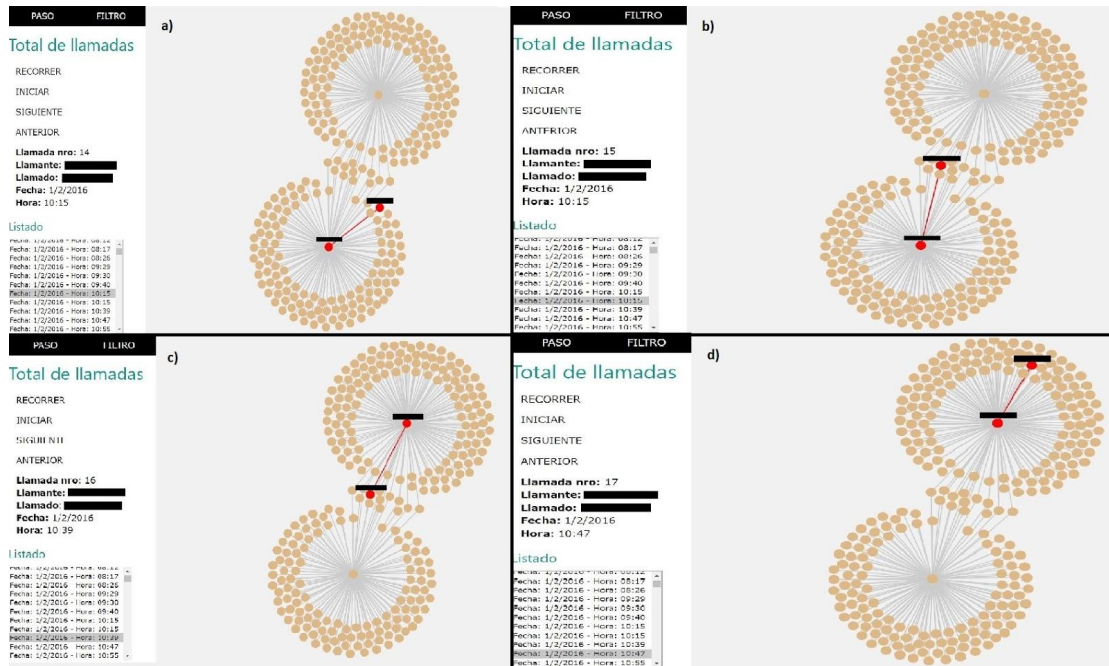


Figura 2. En esta secuencia de figuras se puede ver cómo se produce un fenómeno en el que cada llamada se genera a causa de la anterior. Esto podría indicar que, en un determinado momento, algo ocurrió y un mensaje fue siendo distribuido hacia distintos roles. En este tipo de casos se podría ahondar más en la situación de fondo que genera este patrón de comunicaciones.

para la investigación criminal, ya que no sólo se puede visualizar la estructura macro de una organización, sino que con la incorporación del procesamiento de las comunicaciones, también se puede identificar cómo se transmite la información dentro de la misma.

Durante el desarrollo se tomó la decisión de dejar un único enlace entre dos nodos, con el objetivo de mantener alto el rendimiento del prototipo. Una funcionalidad pendiente a futuro es buscar un mecanismo para mostrar todos los vínculos que representan las distintas comunicaciones entre dos nodos. Estos modos de representación serían opcionales para el usuario, de manera que pueda elegir visualizar más información, o trabajar de manera más ágil sobre los datos.

Si bien para este trabajo se concentró la atención en los cruzamientos de comunicaciones y su representación, esta idea podría extenderse a otros tipos de relaciones, por ejemplo: movimientos de información o financieros. Por un lado, podría trabajarse para incorporar en este mismo desarrollo un módulo para incluir comunicaciones instantáneas como SMS, emails, mensajes, etc. También, por otro lado, podría trabajarse la problemática sobre movimientos financieros, con el objeto de analizar los casos de estafas u operaciones sospechosas.

Otra posibilidad de mejora consiste en la incorporación de capacidades de inteligencia artificial para detectar automáticamente patrones de interés. Por ejemplo, la secuencia de llamadas que se expuso en la Fig. 2 fue detectada mediante el análisis visual realizado por un usuario, pero podría detectarse de manera automática en base a criterios configurables, y presentar al usuario el listado de secuencias que cumplen con los mismos.

Se ha probado que este desarrollo es una herramienta útil en la investigación criminal: constituye una solución adicional a los investigadores judiciales para resolver una problemática existente. Al ser un prototipo, necesita culminar su desarrollo: mejorar la interfaz de usuario y las funcionalidades existentes, agregar nuevas funcionalidades, e integrarse con otros softwares. El equipo de desarrollo está trabajando sobre estos puntos, y evaluando tomar algunas de las distintas alternativas de trabajo futuro que se han expuesto.

8. Agradecimientos

Se agradece a la Universidad FASTA, al Ministerio Público Fiscal de la Provincia de Buenos Aires y a la Municipalidad de General Pueyrredon por brindar un espacio único de trabajo como es el Laboratorio de

Investigación y Desarrollo de Tecnología en Informática Forense.

En particular, queremos agradecer a Pablo Cistoldi, Sabrina Lamperti y Santiago Trigo, integrantes del InFo-Lab que colaboraron con ideas, sugerencias y siendo los primeros usuarios y “beta testers” del software desarrollado.

[14] Maltego (software), información disponible en: <https://www.paterva.com/>.

9. Referencias

- [1] Al-Heeti, A. “WhatsApp: 65B messages sent each day, and more than 2B minutes of calls”. *Nota periódica para cnet*. Disponible en: <https://www.cnet.com/news/whatsapp-65-billion-messages-sent-each-day-and-more-than-2-billion-minutes-of-calls/>.
- [2] Henseler, H. “Finding digital evidence in mobile devices”. *DFRWS 2017*. Disponible en: <https://www.dfrws.org/conferences/dfrws-usa-2017/sessions/finding-digital-evidence-mobile-devices>.
- [3] Moreno, J. L., Jennings, H. H. “Statistics of social configurations”. *Sociometry*, 1938, pps. 342-374.
- [4] Constanzo B., Lamperti S., Lasia S., Podestá A., Cistoldi P., Di Iorio A.H. “El Análisis Automático de Datos, su Aporte a la Investigación Criminal”. *CLEI 2017-46 JAIIO, Simposio de Informática y Derecho*, 2017.
- [5] Euler L. “Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis”. 1736. Scan del original disponible en <http://eulerarchive.maa.org/docs/originals/E053.pdf>.
- [6] Johnson, D. S., McGeoch, L. A. “The Traveling Salesman Problem: A Case Study in Local Optimization”. Capítulo en Aarts, E. H. L., Lenstra, J. K. “Local Search in Combinatorial Optimisation”. John Wiley and Sons Ltd. pp. 215–310, 1997. Borrador disponible en: <https://www.cs.ubc.ca/~hutter/previous-earg/EmpAlgReadingGroup/TSP-JohMcg97.pdf>.
- [7] Dijkstra, E. W. “A note on two problems in connection with graphs”. *Numerische Mathematik*. 1959. <https://doi.org/10.1007/BF01386390>.
- [8] Sun J., Tang J. “A Survey of Models and Algorithms for Social Influence Analysis”. Publicado en: Aggarwal C. (eds) *Social Network Data Analytics*. Springer, Boston, MA (2011).
- [9] Shannon P., Markiel A., Ozier O., Baliga N.S., Wang J.T., Ramage D., Amin N., Schwikowski B., Ideker T. “Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks”. *Genome Research*, 2003
- [10] Cytoscape (software), información disponible en: <http://www.cytoscape.org/>.
- [11] Cytoscape.js (software), información disponible en: <http://js.cytoscape.org/>.
- [12] Gephi (software), información disponible en: <https://gephi.org/>.
- [13] IBM i2 (software), información disponible en: <http://www-03.ibm.com/software/products/es/analysts-notebook>.

Análisis de herramientas para protección de datos personales

Enzo Notario¹, Bibiana Luz Clara², Beatriz P. de Gallo³

¹enzo.notario@gmail.com, ²luzbibianaclara@gmail.com, ³bgallo@ucasal.edu.ar

IESIIng, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Salta

Abstract

La mayoría de proveedores de servicios en internet han sido desarrollados con un modelo de negocio basado en los datos de sus usuarios, sin pensar demasiado en su privacidad y haciendo un uso indebido de la confianza que estos le han otorgado. El modelo tradicional de aceptar los Términos y Condiciones de Uso ha caído en desuso ante los avances de la tecnología, y resultan difíciles y casi imposibles de entender para un usuario común. Las opciones que los usuarios tienen son dos: aceptar las condiciones o quedarse excluidos de los servicios. Además, en muchos casos, ni siquiera tienen la opción de elegir, ya que su privacidad se ve afectada por las decisiones de otras personas con las que establece ciertas relaciones. En este trabajo se discuten algunas de las herramientas orientadas a la protección de la privacidad de los datos, destacando la urgente necesidad de abordar este aspecto de la seguridad informática desde la perspectiva del propio usuario.

Palabras claves: Herramientas para la protección de datos personales, seguridad informática, privacidad de los datos.

1. Introducción

En la actualidad, cuando un usuario desea utilizar un servicio o un dispositivo electrónico, en la mayoría de los casos se requiere que éste inicie sesión de alguna manera en el sistema del fabricante. Por lo general, al iniciar sesión el usuario debe elegir entre continuar y aceptar los Términos y Condiciones (TC), o simplemente no aceptarlos y cancelar el proceso, quedándose excluido del uso total o parcial del servicio y/o dispositivo electrónico [1].

Los TC suelen incluir cláusulas que requieren el consentimiento de los usuarios para el intercambio de datos con fines comerciales. El típico "He leído y acepto los términos y condiciones de uso" es inadecuado, ya que estas cláusulas son muy largas y complicadas de entender para un usuario típico. Teniendo en cuenta que en términos técnicos y legales, consentir es autorizar, las personas muchas veces desconocen las consecuencias y simplemente optan por aceptar dichos TC, otorgándoles a distintas empresas información diversa y sumamente

precisa. Además, muchos TC contemplan la posibilidad de ser actualizados sin previo aviso, lo que implica que los usuarios deben revisarlos constantemente para mantenerse informados.

El advenimiento del Internet de las Cosas (IoT) y los cincuenta billones de dispositivos IoT que se esperan para 2020, según *Juniper Research* [2], los cuales están provistos de distintos sensores capaces de recolectar datos de nuestros entorno, nos plantea el problema de la privacidad. Y es que, ante los avances de la tecnología, el modelo actual se ha quedado por detrás y es necesario un nuevo planteo que tenga en cuenta los tiempos modernos. Los usuarios desconocen muchas veces el destino que les será conferido a sus datos, además de no contar con la posibilidad de solicitar la eliminación de estos, aunque las leyes lo prevean.

Las Redes Sociales En Línea (OSN, del inglés *Online Social Networks*) son plataformas que agrupan a los usuarios de manera que pueden establecer amistades e interactuar unos con otros sobre sus actividades rutinarias [3]. Las OSN se han extendido de las redes convencionales debido a la evolución de Internet, de manera que estamos brindando gran parte de nuestros datos personales¹ a unas pocas OSN que no han sido diseñadas, desde su concepción, teniendo en cuenta la privacidad de sus usuarios.

Las OSN más populares, tales como *Facebook*, *Twitter* o *LinkedIn*, son servicios centralizados, que pertenecen y son gestionados por entidades comerciales individuales, de las cuales se sabe que aunque se presenten como un modelo de provisión de servicios gratuitos, se ven impulsados por el mercado dirigido y redirigido [4]. Estas dos estrategias de mercado se basan en recolectar y analizar la mayor cantidad de datos posibles de los posibles clientes, sus gustos, hábitos, sus patrones de consumos e incluso sus sentimientos y estados de ánimo [5].

Hemos entrado en la era de las Tecnologías que Invaden la Privacidad (PiTs, del inglés *Privacy-invading Technologies*) y distintas investigaciones se han llevado a cabo tanto en los aspectos legales como en las

¹ Según el Artículo 4 de GDPR (<http://www.privacy-regulation.eu/es/4.htm>): Dato personal es toda información que pueda determinar, en particular mediante un identificador, la identidad de una persona física. Por ejemplo: nombre, número de identificación, datos de localización, estado físico, fisiológico, etc.

tecnologías que ayudan a proteger la privacidad (PETs, del inglés *Privacy-Enhancing Technologies*). Estas últimas son diseñadas desde el comienzo teniendo en cuenta la privacidad del usuario, lo que se conoce como Privacidad por Diseño (PbD, del inglés *Privacy by Design*).

Este trabajo estudia la problemática y las distintas alternativas de PETs y su aplicación en la actualidad. En la sección 2 se aborda el valor de los datos, la sección 3 describe algunas de las regulaciones actuales, en la sección 4 se detallan dos de las estrategias más usuales sobre protección de datos personales: protección por ocultamiento y protección por descentralización, la sección 5 detalla la herramienta MyData propuesta como una herramienta eficiente para la protección de privacidad de los datos de los usuarios; y por último, la sección 6 muestra las conclusiones arribadas de este estudio.

2. El valor de los datos

Pensemos por un momento en dos de los sensores que un teléfono inteligente tiene comúnmente: GPS integrado, capaz de determinar con suma precisión la ubicación en tiempo real de cada usuario, permitiendo conocer los lugares que visita y deducir sus vínculos con otros usuarios; Sensor de movimiento, capaz de deducir ciertos patrones de movimientos del usuario, produciendo datos que pueden ser usados para evaluar su salud, sus hábitos, etc. En el área automotriz, donde se estima que para el 2020 el 90% de los automóviles dispondrán de conectividad que permitirán una conducción más segura y eficiente, los datos generados por dicha conducción se vuelven sensibles ya que pueden revelar distintos aspectos del usuario, tales como sus hábitos y condición física [6].

Los problemas de privacidad y seguridad tienen consecuencias importantes para los usuarios y proveedores de servicios. Para los usuarios, las posibles consecuencias implican un intercambio inadecuado de información personal, es decir, fugas y distribución de detalles personales mediante la explotación activa, por ejemplo, *information linkage*². Para los proveedores de servicios, las amenazas de privacidad y seguridad interrumpen su correcto funcionamiento y perjudican su reputación.

El término Privacidad ha sido definido por Westin en 1968 como el derecho de una persona a elegir qué datos personales desea que sean conocidos por los demás. Aunque esta definición sigue siendo válida, una adaptada

al IoT [7] la define como la triple garantía para el sujeto de:

- Conocer los riesgos de privacidad impuestos por los dispositivos IoT y/o servicios que recogen los datos.
- Tener un control individual sobre la recopilación y el procesamiento de información personal por parte de los dispositivos IoT que lo rodean.
- La conciencia y el control del uso posterior y distribución de información personal por parte de las entidades a terceros.

Las principales plataformas están controladas por proveedores individuales de forma centralizada y manejan una enorme cantidad de datos personales, lo que les permite realizar un análisis profundo e inferir información de sus usuarios tales como intereses personales, relaciones sociales, opiniones políticas, preferencias económicas, etc. Por ejemplo, *Facebook* ya controla datos privados de más la quinta parte de la población mundial, creciendo día a día con las recientes adquisiciones de *Instagram* y *WhatsApp* en 2012 y 2014, respectivamente. Con esto, *Facebook* obtiene fotos, números de teléfono y datos de mensajes para casi quinientos millones de usuarios y desde entonces trabaja para conectar estos datos con su servicio principal donde ya posee datos de intereses, localizaciones, rutinas, relaciones interpersonales, entre otros, de sus usuarios [8].

Particularmente con *Facebook*, en 2017 salió a la luz el escándalo que involucra a *Cambridge Analytica*, una compañía de estadísticas que pudo recolectar información precisa del día a día de ochenta y siete millones de personas, lo que les permitió inferir los hábitos y crear perfiles psicológicos detallados de los usuarios para ser usados durante las elecciones presidenciales de los Estados Unidos en el año 2016 [9]. Esto lo logró a través de la app para *Facebook*, *thisisyourdigitallife* una entre las más de veinticinco mil apps para *Facebook*³ que con sólo haber sido utilizada por doscientos setenta mil usuarios, ha llegado a decenas de millones explotando la posibilidad de obtener datos de no sólo el usuario que utiliza la app, sino también de sus amigos.

Facebook alega que en ningún momento ha incumplido con los TC, y que ha sido *Cambridge Analytica* quien ha utilizado esos datos para otros fines.

De cualquier manera, está claro que ambas partes han sido perjudicadas, tanto los usuarios como *Facebook*, quien se estima que ha perdido unos sesenta billones de dólares inmediatamente después de haber ocurrido el escándalo [10].

² Se refiere a la vinculación de diferentes sistemas de modo que la combinación de las fuentes de datos revela información que previamente no fue revelada por las fuentes individuales [7].

³ <http://ai.sba-research.org/>

3. Regulaciones actuales

Todo tratamiento de datos en Argentina debe cumplir con los recaudos que prevé la ley 25326 de Protección de Datos personales⁴, que desde el año 2001 regula la materia, con sus modificaciones y reglamentación. A esto se suma que para la transferencia transfronteriza de datos se debe cumplir con los requisitos internacionales, que a partir del 25 de mayo de 2018 se han incrementado como consecuencia del nuevo Reglamento General de Protección de datos (RGPD), que la Unión Europea ha aprobado y puesto en funcionamiento, por lo cual las normativas de los distintos países que transfieren datos a la Unión Europea deberán ser adaptados a la nueva reglamentación, a efectos de mantener los mismos niveles de protección. Se centra principalmente en la privacidad de los datos personales, y los datos que se intercambian transfronterizas, sobre todo luego del escándalo de *Facebook*, y *Cambridge Analytica*, por el supuesto uso indebido de los datos de los usuarios. El Reglamento incorpora la PbD y obliga a los sitios a pedir el consentimiento explícito de los usuarios para poder recabar datos personales, previendo aplicar serias multas y sanciones ante los incumplimientos por parte de las compañías.

En los Estados Unidos el sistema que se utiliza para proteger los datos denominado Escudo de privacidad, (*Privacy Shield*), es mucho más débil que la actual normativa europea, y se aplica al intercambio de datos entre USA y la UE.

Con la idea de examinar este sector y poder proponer cambios a la normativa nacional, se creó mediante Resolución 11/2017⁵ en Argentina, el Observatorio de Big Data⁶, en el ámbito de la Secretaría de Tecnologías de Información y Comunicación, con el objetivo de observar y analizar la evolución de esta tecnología y su incidencia en el proceso de innovación productiva, beneficios económicos y sociales para el público en general. Propone para ello la cooperación de organismos y entidades del ámbito público y privado, para el desarrollo del observatorio y la formulación de propuestas de modificaciones a la ley, con el aporte de todos los sectores involucrados.

Se trata de un desafío que traen las nuevas formas de procesar los grandes volúmenes de datos que no se condice con las formas tradicionales.

Big Data por el enorme volumen de datos y la alta velocidad con que los reúne permite predecir

acontecimientos y mejorar la toma de decisiones, dotándolas de mayor eficacia.

Los datos son en nuestra era digital un activo clave, que permiten atraer nuevas oportunidades en los distintos rubros a los que se apliquen.

4. Protegiendo los datos personales

Las distintas investigaciones sobre PETs han tomado principalmente dos direcciones: La primera busca ocultar los datos personales a los proveedores de servicio. La segunda propone establecer un intermediario entre el usuario y los proveedores de servicios que centralice los datos y los distribuya en la medida que las configuraciones lo permitan. Estos intermediarios son contruidos con PbD. Por lo tanto, buscan romper las barreras que los típicos TC de servicios imponen [11].

4.1 Protección de la privacidad por ocultamiento

El enfoque de estas investigaciones se basa en que la mayoría de productos y/o servicios pueden funcionar de manera correcta aunque se le brinde datos falsos. Estos datos falsos pueden obtenerse a partir de encriptar los verdaderos, o extraerse de algún diccionario de datos. Los datos encriptados podrían almacenarse en algún servicio de confianza del usuario, desde donde se gestione el acceso a los datos verdaderos por parte de otros usuarios. A continuación se dos implementaciones.

flyByNight [12]: Es una de las primeras aplicaciones para *Facebook* de este tipo que, aunque ha perdido vigencia, ha introducido el concepto de ocultamiento de datos: permite utilizar la red social sin enviar ninguna información sensible a los servidores de *Facebook* sin antes haber sido encriptados. Durante la configuración de la app, se genera una clave pública y una privada, más una contraseña que se utiliza para encriptar la clave privada, proceso del cual se obtiene la clave privada cifrada, que es almacenada en los servidores de *flyByNight*. Cuando un usuario instala la aplicación, se descarga un cliente *JavaScript*⁷ que realiza las operaciones de encriptación. Este cliente conoce la lista de amigos del usuario que también utilizan *flyByNight* y sus claves públicas. Por ejemplo, para enviar un mensaje a sus amigos, el usuario ingresa el mensaje en la aplicación y selecciona a quien desea enviárselo. El cliente *JavaScript* encripta el contenido del mensaje con la clave pública del usuario receptor y etiqueta el mensaje encriptado con el identificador de *Facebook* del receptor. El mensaje encriptado es almacenado en los servidores de *flyByNight*. Cuando el receptor desea leer el mensaje, debe proveer su contraseña para obtener su clave privada (cuya versión cifrada se encuentra almacenada también

⁴<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/60000-64999/64790/texact.htm>

⁵<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/275000-279999/275597/norma.htm>

⁶www.bigdata.gob.ar

⁷<https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>

en los servidores de *flyByNight*) y finalmente con la clave privada obtenida puede descryptar el mensaje. Aunque esta aplicación opera bajo las regulaciones de *Facebook*, es posible que la carga de procesamiento que se genera en los servidores de *Facebook* debido a los mensajes encriptados llame la atención y termine siendo desactivada. En el peor de los casos, los usuarios perderán los mensajes enviados, pero al menos no podrán ser descryptados por otros. Además, está claro que sólo funciona para *Facebook*.

Virtual Private Social Network (VPSN) [13]: Buscan proteger la privacidad del usuario sin agregar un tercer servicio, sino que utilizando los propios recursos de cada OSN para almacenar datos reales de otros usuarios, logrando así proteger la privacidad de cada usuario brindando datos falsos. *FaceVPSN* es la implementación para *Facebook* en forma de una extensión para el navegador web *Mozilla Firefox*. En *FaceVPSN* un usuario A debe cambiar su información de perfil con datos falsos en *Facebook* y envía los correctos a sus amigos en un formato XML⁸. Para que los amigos de A puedan conocer los datos verdaderos, deben tener también instalado *FaceVPSN* y utilizarlo para agregar el archivo XML que A les envió. Cuando un amigo de A visita el perfil de *Facebook* de A, éste provee los datos falsos. *FaceVPSN* captura los datos del perfil y busca los datos verdaderos en el archivo XML que ha sido guardado por cada amigo, y los reemplazando los falsos por los verdaderos.

Este enfoque no corre el riesgo de ser desactivado por las OSN, debido a que no dependen directamente de cada OSN, pero si requiere que cada usuario tenga instalada la extensión en su navegador web. Además cada usuario tiene que actualizar explícitamente los archivos XML que contienen los datos originales de sus amigos, lo cual lo hace poco usable, teniendo en cuenta que en promedio cada persona cuenta con más de doscientos amigos, y el 15% con más de quinientos⁹.

Este enfoque tiene la particularidad de depender, muchas veces, de las propias OSN. Además, dado el hecho de que las OSN operan con datos falsos (ya sea encriptado o reemplazados por otros) algunas funcionalidades pueden verse afectadas, como las búsquedas y recomendaciones basadas en el perfil de cada usuario. Además, los usuarios básicamente terminan transfiriendo su confianza de las OSN a terceros que proveen otro servicio más con TC incomprensibles. Por lo tanto, este enfoque se descarta [14].

4.2 Protección de la privacidad por la descentralización

Otra alternativa es descentralizar los proveedores de servicios y migrar a un tercer servicio diseñado con PbD. Las investigaciones en esta área proponen una arquitectura descentralizada (*peer-to-peer*¹⁰) para gestionar la información y así evitar los servicios centralizados que pueden obtener una visión global de la población.

Prometheus [15]: Es un sistema de gestión de datos personales *peer-to-peer* que no implementa las funcionalidades tradicionales de las OSN (creación de perfil, gestión de contactos, mensajería, etc.) sino que maneja la información de los usuarios desde varias fuentes de datos y expone una API para las aplicaciones sociales. Los datos de los usuarios son encriptados y almacenados en un grupo de pares de confianza seleccionados por el usuario teniendo en cuenta la disponibilidad del servicio. La inferencia de los datos está sujeta a la política de control de acceso definida por el usuario y protegida por los pares de confianza seleccionados.

MyData [16]: Es un sistema que pretende servir como base para brindarle al usuario la posibilidad de controlar su privacidad de manera fácil y centralizada, funcionando como intermediario entre los usuarios y los servicios provistos por las empresas, para quienes también aporta beneficios al centralizar los datos del usuario y proveer interfaces que permiten integrar servicios complementarios de terceros en sus servicios principales.

Esto lo logra descentralizando los proveedores de servicio y reuniendo los datos que los usuarios comparte con cada uno de ellos, brindándole la posibilidad de conocer de manera clara los fines para los que sus datos son utilizados, y retirar el consentimiento en cualquier momento, acoplándose a las distintas regulaciones de protección de datos personales. Esta herramienta se analizará con mayor detalle en la sección 5.

El gran desafío para este enfoque que busca descentralizar los proveedores de servicio es convencer a los usuarios de abandonar los servicios tradicionales y migrar a estos servicios descentralizados. Los servicios centralizados ya cuentan con una gran cantidad de usuarios establecidos y son accesibles desde cualquier parte. Tienen una infraestructura madura y mantienen una excelente usabilidad debido a que obtienen un gran beneficio a partir de los datos de los usuarios.

⁸ https://developer.mozilla.org/es/docs/Introducci%C3%B3n_a_XML

⁹ <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2014/02/03/what-people-like-dislike-about-facebook/>

¹⁰ Una red es de pares, o *peer-to-peer*, si los participantes comparten parte de sus recursos computacionales para proveer un servicio accesible por otros pares directamente, sin necesidad de entidades intermediarias (Schollmeier, 2002).

5. MyData

MyData es un modelo desarrollado en Finlandia que se refiere a 1) un nuevo enfoque, un cambio de paradigma en la gestión y procesamiento de datos personales que busca transformar el sistema centrado en la organización actual en un sistema centrado en humanos; 2) a datos personales como un recurso que el individuo puede acceder y controlar. Aquellos datos que el individuo no controle no se pueden llamar *MyData*.

Surge de una declaración escrita en 2017 por tres personas fuertemente envueltas en los Servicios de Gestión de Datos Personales: Antti Poikola, Daniel Kaplan y Tanel Mällo y actualmente es administrada por la *Open Knowledge Finland*¹¹ y *Aalto University*¹².

El concepto clave en la infraestructura propuesta es la *Cuenta MyData*. Para los individuos, una cuenta *MyData* es un centro único para la administración de datos personales. Con dicha cuenta, el individuo puede autorizar a los servicios a acceder y usar sus datos personales. La cuenta almacena información sobre cómo los datos personales del individuo están conectados a diferentes servicios y los permisos y consentimientos legales para usar los datos.

Esta PET se destaca por sobre el resto por brindarles beneficios todas las partes:

A los individuos: Proporciona una herramienta fácil de usar y comprender para gestionar sus datos personales, mecanismos transparentes que sólo muestra abiertamente como las organizaciones utilizan sus datos. Además gozan el beneficio de poder utilizar servicios innovadores y tener libertad de elección.

A los proveedores de servicios: Abre la oportunidad para nuevos tipos de negocios basados en los datos facilitando los aspectos técnicos y legales para el acceso de datos personales preexistentes cuando el individuo decide brindar su consentimiento. *MyData* está basado en estándares y desarrollado para soportar la interoperabilidad. Esto disminuye la barrera de entrada a nuevos negocios y permite un mercado más competitivo.

A la sociedad: *MyData* crea las estructuras, procesos y políticas necesarias para proteger los derechos de las personas y fomentar el uso de datos personales en el desarrollo de servicios innovadores.

En la arquitectura de *MyData*, los datos fluyen desde la fuente hacia los servicios y/o dispositivos que los utilizan. Aunque es importante entender que el flujo de consentimientos de permisos está separado del flujo de los datos. *MyData* no debe ser confundido con los sistemas de Almacenamiento de Datos Personales (PDS, del inglés *Personal Data Storage*), que permiten almacenar los datos en un lugar seguro bajo control. La

principal función de *MyData* es la gestión del consentimiento. Los datos no necesariamente deben ser transmitidos a través de los servidores donde se aloja la cuenta de *MyData*. La arquitectura estandarizada hace que las distintas cuentas sean interoperables y permite a las personas cambiar de operadores con facilidad. Para esto es necesaria una red en común que conecte los distintos nodos distribuidos.

6. Conclusiones

El principal obstáculo para que *MyData* se establezca es que va en contra de los intereses de las grandes empresas que controlan internet: *Google* y *Facebook*, ya que rompe sus modelos de negocio, los cuales se centran en la información que se deduce de los datos que los usuarios aportan día tras día y que comercializan con terceros. Además, aunque los componentes esenciales de *MyData* ya existen, aún requieren cierta maduración. Los elementos técnicos necesitan ser probados e integrados a los sistemas existentes.

Salvando los obstáculos, la infraestructura tecnológica que plantea *MyData* es similar a las que ya proveen empresas como *Google* y *Facebook*, que permiten a terceros desarrollar aplicaciones que consuman los datos que estas poseen sobre los usuarios, construidas sobre el *framework* de autorización *OAuth 2.0* [17], de uso común y fácil implementación. El siguiente paso será encontrar la manera de que los usuarios tomen importancia sobre este asunto y se preocupen en su privacidad.

Dado que *MyData* ha surgido en Finlandia, y que el reciente gobierno electo ha declarado que su plan de gobierno estratégico “*fortalecerá el derecho de los ciudadanos a monitorear y controlar el uso de sus datos personales, y al mismo tiempo garantizará el intercambio fluido de datos entre las autoridades públicas*”, se da una combinación de prioridades que favorece a una adopción más rápida de los principios de *MyData*, que tiene la oportunidad de establecerse y marcarle los pasos a seguir al sector privado.

7. Agradecimientos

Los autores integran el equipo de trabajo del proyecto “Aplicación de Tecnologías Semánticas a la Forensia Digital: Estudio y Diseño de una Ontología aplicada a los Sistemas de Interconexión Digital de Objetos Cotidianos (IoT)” aprobado por el Consejo de Investigaciones de la UCASAL, a quien agradecen por hacer posible la presentación de este trabajo.

8. Bibliografía

- [1] L. Belli, M. Schwartz, and L. Louzada, “Selling

¹¹ <https://fi.okfn.org/>

¹² <http://www.aalto.fi/>

- your soul while negotiating the conditions: from notice and consent to data control by design,” *Health Technol. (Berl.)*, vol. 7, no. 4, pp. 453–467, 2017.
- [2] Juniper Research, “IOT ~ THE INTERNET OF TRANSFORMATION 2018 Whitepaper,” 2018.
- [3] F. Li and T. C. Du, “The effectiveness of word of mouth in offline and online social networks,” *Expert Syst. Appl.*, 2017.
- [4] D. Meerman Scott, *The New Rules of Marketing and PR: How to Use Social Media, Blogs, News Releases, Online Video, and Viral Marketing to Reach Buyers Directly, 2nd Edition*. 2010.
- [5] L. Bahri, B. Carminati, and E. Ferrari, “Decentralized privacy preserving services for Online Social Networks,” *Online Soc. Networks Media*, 2018.
- [6] Telefonica, “Connected Car Industry Report 2014,” 2014.
- [7] J. H. Ziegeldorf, O. G. Morchon, and K. Wehrle, “Privacy in the internet of things: Threats and challenges,” *Secur. Commun. Networks*, 2014.
- [8] D. Koll, J. Li, and X. Fu, “The Good Left Undone: Advances and Challenges in Decentralizing Online Social Networks,” *Computer Communications*. 2017.
- [9] I. Symeonidis, G. Biczók, F. Shirazi, C. Pérez-Solà, J. Schroers, and B. Preneel, “Collateral damage of Facebook third-party applications: a comprehensive study,” *Comput. Secur.*, 2018.
- [10] A. Dato, “Data in the post-GDPR world,” *Comput. Fraud Secur.*, 2018.
- [11] I. Kayes and A. Iamnitchi, “Privacy and security in online social networks: A survey,” *Online Soc. Networks Media*, 2017.
- [12] N. Borisov and M. M. Lucas, “FlyByNight: Mitigating the privacy risks of social networking Security and Privacy of Control Systems View project flyByNight: Mitigating the Privacy Risks of Social Networking,” 2008.
- [13] M. Conti, A. Hasani, and B. Crispo, “Virtual Private Social Networks and Facebook implementation,” in *Proceedings of the first ACM conference on Data and application security and privacy - CODASPY '11*, 2013, p. 39.
- [14] E. Balsa, L. Brandimarte, A. Acquisti, C. Diaz, and S. Gurses, “Spiny CACTOS: OSN Users Attitudes and Perceptions Towards Cryptographic Access Control Tools,” in *Proceedings 2014 Workshop on Usable Security*, 2014.
- [15] N. Kourtellis, J. Finnis, P. Anderson, J. Blackburn, C. Borcea, and A. Iamnitchi, “Prometheus: User-controlled P2P Social Data Management for Socially-aware Applications,” in *Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX 11th International Conference on Middleware*, 2010, pp. 212–231.
- [16] A. Poikola, K. Kuikkaniemi, and H. Honko, “MyData,” 2014.
- [17] M. Jones and D. Hardt, “The OAuth 2.0 Authorization Framework: Bearer Token Usage,” 2012.
- [18] R. Schollmeier, “A Definition of Peer-to-Peer Networking for the Classification of Peer-to-Peer Architectures and Applications,” 2002.

Bases de Datos

Título	Autores	Institución
Clasificación de Modelos para Recuperación de Información	Valerio Frittelli, Mario José Diván	UTN Facultad Regional Córdoba, Universidad Nacional de La Pampa
Determinación de perfiles de clientes de un Centro Unificado de Frontera utilizando la combinación de técnicas de Minería de Datos	Roque de Jesús Ortega, Karina Beatriz Eckert	Universidad Gastón Dachary
Aplicación de Algoritmos de Aprendizaje Automático al Análisis del Churn en Planes de Ahorro	Ariel Fernando Deroche, Diego Basso, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Nacional de La Matanza
Aplicación de algoritmos de minería de secuencias a una vista minable de exámenes aprobados	Oscar Eduardo Quinteros, Hernan Cesar Ahumada, Ana Funes	Universidad Nacional de Catamarca, Universidad Nacional de San Luis
Minería de datos para la detección de factores de influencia en el test Apgar	Soledad Retamar, Anabella De Battista, Lautaro Ramos, Juan Pablo Nuñez, Francisco Savoy, Laura De Gracia	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Nacional de Entre Ríos
Desarrollo de Aplicación para la Recolección de Tweets para Proyecto de Agenda Setting	Cristhian Richard, Ramiro Rivera, Esteban Alejandro Schab, Lautaro Ramos, Patricia Cristaldo, Soledad Retamar, Anabella De Battista, Leticia Cagnina, Norma Edith Herrera	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Nacional de San Luis
Modelo de detección de niebla en ruta mediante aplicación de modelos estadísticos y de minería de datos con herramienta de software libre	Carlos Eduardo Marcos, Fernanda Beatriz Martínez Micakoski, Luciana Perez Angueira, Jonathan Adrián Gomez, Angeles Perez Angueira, Candela Marcos, Christian Molina, Lucas Blasco, Germán Benuzzi	UTN - Facultad Regional Trenque Lauquen
Estableciendo las Bases para el Análisis de Datos en la Lotería Chaqueña	Patricia Andrea Loto, Laura Cunico, Melina Vidoni	INGAR CONICET-UTN, Lotería Chaqueña

Estableciendo las Bases para el Análisis de Datos en la Lotería Chaqueña

Patricia Loto¹, Laura Cunico², Melina Vidoni²

¹Lotería Chaqueña, lotcha.aloto@chaco.gov.ar

²INGAR CONICET-UTN, {laura-cunico, melinavidoni}@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

La tecnología y hardware actualmente permiten que las organizaciones generen una gran cantidad de datos en cada una de sus operaciones. Mediante la aplicación de diversas técnicas, la ciencia de datos permite extraer de ellos información sustancial para el funcionamiento de las organizaciones. Para ello es necesario disponer de bases de datos consistentes que faciliten la construcción de herramientas de análisis. Esto ha motivado el desarrollo de esta propuesta, focalizada particularmente en el caso de la Lotería Chaqueña. El organismo cuenta con una vasta colección de registros, que se encuentran dispersos en múltiples bases. El objetivo de este artículo es presentar la problemática, detallar las técnicas empleadas para la limpieza y organización de datos, realizar un análisis inicial, y plantear la arquitectura de una herramienta que simplifique el análisis de datos y visualización de resultados a los tomadores de decisiones.

1. Introducción

La tecnología y hardware actualmente permiten que las organizaciones generen una gran cantidad de datos adicionales en cada operación [1]. Esto implica problemas tales como la limitación de acceso a los mismos [2], y la existencia de almacenamientos diversos que producen datos no estructurados, cambiantes y a menudo inconsistentes [3].

Esta problemática surge en la Lotería Chaqueña, un organismo público autárquico perteneciente al Gobierno de la Provincia del Chaco. Allí, se posee una elevada cantidad de datos disponibles sobre los sorteos, las apuestas y resultados del juego Quiniela, pero los mismos están dispersos, inconsistentemente persistidos, y no son utilizados de manera óptima para generar análisis para la toma de decisiones informada.

Usualmente, los datos obtenidos pueden explorarse para inferir nuevo conocimiento y realizar predicciones a futuro [4]. El análisis predictivo permite construir mode-

los para prever comportamientos futuros, buscando mejorar la toma de decisiones [5, 6]. No obstante, no es posible realizar esto sin llevar a cabo un análisis inicial de forma previa; el cual consiste en evaluar la calidad de los datos y establecer las preguntas de investigación [7]. Se realiza a continuación de la limpieza y previo a los estudios principales, y busca transformar los datos y definir métricas de calidad.

El entorno de programación y análisis estadístico R nuclea no sólo funcionalidades de limpieza, análisis y visualización de datos [8], sino que además ofrece capacidades para la extracción y transformación de los mismos [9], hasta la generación de herramientas de análisis interactivo [10]. Por este motivo, su uso en ciencia y análisis de datos ha crecido exponencialmente, logrando una amplia aceptación en el campo [6].

Algunos autores han analizado datos provenientes de loterías, pero con finalidades diferentes. Por ejemplo, un trabajo analiza, mediante inferencia estadística, si los números favorecidos son realmente aleatorios, evitando la existencia de patrones [11]. De forma similar, se realizó un estudio de aleatoriedad para la United Kingdom Lotto, separando los valores en dos períodos de tiempo [12]. Otros autores realizaron *surveys* sobre el impacto de la eficiencia de los mercados de loterías, y la existencia de sesgo en las apuestas [13].

Así, el presente trabajo se distingue de la literatura actual, ya que describe la organización y análisis inicial de los datos de la Lotería Chaqueña, utilizando R. Esto se realiza para sentar las bases que permitan definir algoritmos concretos de análisis de los datos, los cuales serán visualizados de forma interactiva en una herramienta online generada mediante R Shiny.

Este artículo se organiza de la siguiente forma. La Sección 2 presenta la Lotería Chaqueña, el problema de negocio, y los conceptos fundamentales sobre los que trabaja. Luego, la Sección 3 aborda las dificultades encontradas en el pre-procesamiento de datos y cómo se subsanaron, mientras que la Sección 4 describe la exploración inicial de los datos, definiendo preguntas de inves-

tigación que delinear los análisis a desarrollar. La Sección 5 presenta el diseño de la herramienta online a desarrollar. Finalmente, la Sección 6 concluye el artículo.

2. Problemática del Negocio

La Lotería Chaqueña es un organismo público autárquico de la Provincia del Chaco, que depende del Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la provincia. Su principal juego es la Quiniela, cuyas apuestas pueden ser hechas a la Quiniela Nacional (de la Ciudad de Buenos Aires), a la Provincia (de Buenos Aires), o a la Chaqueña.

No obstante, el organismo sólo sortea efectivamente la Quiniela Chaqueña, realizando la extracción mediante bolillero propio de los números favorecidos. Respecto a las dos primeras, sólo se limita a reproducir los números favorecidos que fueron obtenidos en las loterías correspondientes mediante bolillero externo. Si bien se dispone de datos de las tres modalidades, este trabajo se concentra en la Quiniela Chaqueña, iniciada en Junio 2009.

2.1. Estructura de la Quiniela Chaqueña

En forma resumida, cada sorteo implica la extracción de veinte números de cinco cifras (denominados *números favorecidos*) en horarios determinados. Allí, la última cifra de izquierda a derecha indica el orden del número favorecido dentro de la conformación del extracto

Los sorteos se programan de acuerdo a las fechas y horas establecidas con las otras loterías, con las cuales el organismo tiene convenios para realizar sorteos o utilizar sus extractos. Ejemplos de estos convenios son la Lotería Nacional y Provincia de Buenos Aires.

Cada sorteo se asocia a un número de sorteo y un *tipo*. Éste último hace referencia al horario en el que se lleva a cabo el sorteo, y se representa en los datos como un *carácter*. Esta información puede encontrarse resumida en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de sorteos de la Quiniela Chaqueña.

Carácter	Tipo	Horario
P	Primera	11:30hs
V	Matutina	14:00hs
T	Vespertina	17:30hs
N	Nocturna	21:00hs

Sin embargo, la premiación se realiza considerando la cantidad de cifras acertadas del número favorecido; además del total, éstas pueden ser la última, los dos últimos, o las tres últimas. Por ejemplo, para el número 4325, se podría apostar al 4325, al 325, al 25, o al 5. En caso que haya ceros a la izquierda, estos se consideran; por ejemplo, para el valor 6701, se puede apostar a uno (1) a una cifra, a 01 a las dos y así sucesivamente.

El monto a pagar por acierto depende de:

- El monto apostado por el jugador, siendo la apuesta mínima de un peso (\$1).
- La cantidad de cifras acertadas.
- La posición elegida. Esta puede ser “a la cabeza”, apostando al primer premio, “a las cinco” o “a las diez”, apostando a las primeras cinco o diez posiciones, respectivamente.
- Un coeficiente definido por la Lotería Chaqueña: 5, 70, 500, 3500; según la cantidad de cifras apostadas, y dividido por el alcance de premio al que se realizó la apuesta.

Por lo tanto, a mayor cantidad de cifras apostadas y cuanto más cerca esté el orden elegido del primer lugar, mayor es el monto a pagar por la Lotería. Por ejemplo, si la apuesta fuese de un peso, los aciertos se abonarían siguiendo el sistema de apuestas definido por la estructura de la Tabla 2. Así, si se acierta la última cifra “a la cabeza”, se paga cinco veces lo apostado, pero si se acierta a las dos últimas cifras a la misma posición se paga setenta veces lo apostado, y así sucesivamente.

Tabla 2. Estructura de coeficientes según apuestas y aciertos.

Cifras				
Cuatro	Tres	Dos	Una	Apuesta \$1
3500	500	70	5	A la Cabeza
700	100	14	1	A los Cinco
233,33	50	7	0.5	A los Diez

Finalmente, la ganancia neta de cada sorteo se calcula usando la fórmula (E1), donde la *recaudación* es la suma de los montos de cada apuesta neta (no anulada) realizada para un sorteo específico, los *aciertos* corresponden a la suma de los montos a pagar por cada apuesta neta premiada, y la *comisión* es equivalente al veinte por ciento (20%) sobre el monto de la recaudación por las apuestas netas pagado a las Agencias oficiales por el cumplimiento del ciclo completo del Juego.

$$\text{neto} = \text{recaudación} - (\text{aciertos} + \text{comisión}) \quad (E1)$$

Debido a este esquema, resulta posible que ante un cierto sorteo, el neto resulte negativo y sea necesario pagar más de lo que se recaudó, incurriendo en una pérdida para el organismo

Existe un límite fijado por el organismo, denominado *Tope de Banca*, el cual se define como la suma equivalente a dos (2) veces la recaudación total para un sorteo específico. Además, se denomina *Salto de Banca* al evento en el cual el monto de premios a pagar supera al “tope de banca” para la jugada.

Estas situaciones hacen que la organización incurra en un riesgo que, debido a la situación actual de los datos, no es posible evaluar. La iniciativa de realizar un análisis de riesgo para descubrir si existen condiciones que ase-

guren un “salto de banca”, surge como una alternativa promisoría para desarrollar capacidad de predicción y estrategias para la absorción del riesgo.

3. Pre-Procesamiento de Datos

La Lotería Chaqueña cuenta actualmente con una aplicación desarrollada en Foxpro 2.6. Dicha herramienta fue muy útil como primera aplicación, pero se encuentra en desventaja debido a la falta de robustez, escalabilidad y seguridad en comparación a las aplicaciones web modernas. Esto llevó al organismo a formar un pequeño equipo dedicado a la migración y actualización de sus sistemas informáticos. Sin embargo, dicho proceso no es tan rápido como el avance de la tecnología ni como la demanda de nuevos requerimientos por parte de los usuarios finales. Por esto mismo, aún no alcanza a las estructuras de datos empleadas en este trabajo.

Debido a estas limitaciones, la Lotería Chaqueña sólo mantiene en la base principal la información del año en curso. Los años anteriores son extraídos y almacenados como archivos comprimidos. Esto compromete la disponibilidad de los datos.

3.1. Proceso de Extracción

En las estructuras generadas, los datos se encuentran aislados, por lo que no resulta posible unificarlos en la consulta de extracción. Estas estructuras se organizan en:

- **Estadística:** ordenada por sorteo, tipo y fecha. Aquí se detalla la recaudación, el monto de aciertos y la cantidad de apuestas. Estos valores son totales del sorteo, y no se distinguen por jugada individual, ni agencia.
- **Extractos:** datos de sorteos de las tres modalidades (Nacional, Provincia y Chaqueña). Cada registro contiene números favorecidos, identificadores del personal involucrado, coeficientes de pago, número de acta, entre otros. Para los sorteos Nacionales y Provinciales, se detalla la recaudación por agencias provinciales y locales, según corresponda.
- **Apuestas Individuales:** Registro de la secuencia de números elegida por cada jugador, con fecha y hora de la apuesta, agencia, importe, entre otros; existiendo un archivo de apuestas por cada sorteo. Dado que los tickets son al portador, no se guarda información que identifique a la persona apostadora de forma individual.

Dichas estructuras se almacenan en tablas con formato DBF. Hay que destacar que estos archivos, son archivos de exportación de FoxPro, los cuales no pueden consultarse como una base de datos tradicional [14]. Si bien pueden accederse mediante sentencias propias, presentan problemas de consistencia e integridad de datos.

A su vez, existen otras estructuras con información

circundante que no atañen a datos específicos de jugadas, y que no son consideradas para este análisis. Un ejemplo de esto son datos de las Agencias, como: titular, zona, dirección, código, código postal, entre otros.

De forma inicial, y para mantenerse en el marco de la Ley 25.326 de protección de datos personales [15], sólo se trabaja con las tablas Estadística y Extractos. A su vez, se selecciona el rango de datos desde el inicio de la Quiniela Chaqueña en Junio del 2009, hasta Diciembre de 2017, omitiendo los valores para el año en curso a fin de mantener una consistencia entre los períodos de estudio considerados.

Como se tratan de años previos, las tablas elegidas se encuentran almacenadas como archivos DBF. El procesamiento de estos datos se resume en la Figura 1.

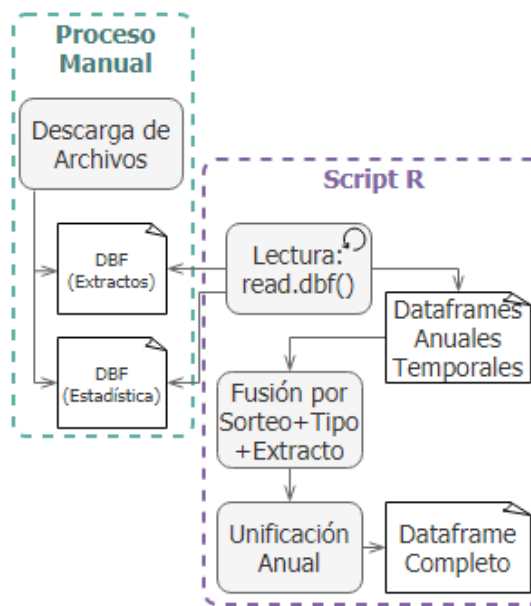


Figura 1. Proceso de extracción y conversión inicial de datos.

De esta forma, se ha logrado obtener una estructura de datos ordenada, a partir de la cual es posible realizar una limpieza y transformación, con el objetivo de iniciar el análisis de los datos.

3.2. Filtrado y Limpieza de Datos

Inicialmente, en la tabla Extracto, los datos de la lotería Nacional, Provincia de Bs. As. y Chaqueña se encuentran unificados. Así, el *data-frame* importado (ver Figura 1) mantiene esta estructura. Surgen dos problemas:

- Se generan columnas adicionales (o atributos) que son *equivalentes*. Por ejemplo, hay columnas con números favorecidos a nivel Nacional, Provincia, y Chaqueña, y montos a pagar en los tres niveles.
- Debido a la estructura de la anterior base de datos,

existen columnas denominadas *irrelevantes*: su valor es siempre el mismo para todos los registros. Esto se debe a que dichos campos dejaron de registrarse, pero las columnas no se eliminaron.

En consecuencia, la organización y limpieza de los datos aplica los pasos visibles en la Figura 2.

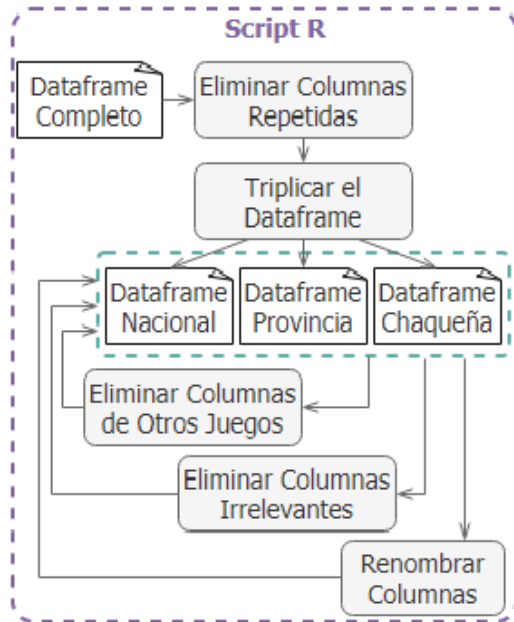


Figura 2. Proceso de organización de los datos.

Primero, se decide separar los datos en diferentes *data-frames*, y nombrar a las columnas equivalentes con los mismos nombres. Segundo, para cada *data-frame* individual se eliminan las columnas pertenecientes a otras loterías, luego las columnas irrelevantes, y finalmente se renombran para que la estructura sea equivalente. El objetivo de esto es lograr estructuras similares a las que después se les pueda aplicar sistemáticamente el mismo script de procesamiento.

En el segundo paso, de un total de 121 columnas, 75 eran equivalentes en los tres juegos, 27 eran irrelevantes, y 3 repetidas al fusionar las tablas (según Figura 1). Es importante destacar que muchas de las irrelevantes, eran también equivalentes. Debido a la cantidad de columnas afectadas, la depuración de las mismas se vuelve un punto vital para la mejora de la calidad de los datos.

Para el caso de Quiniela Chaqueña, se obtuvo una estructura de 31 columnas, y más de 10000 registros, desde Junio 2009 hasta Diciembre 2017, ambos inclusive.

3.3. Actualización de Montos

En todas las tablas, los montos de dinero se encuentran registrados en el valor en pesos argentinos (\$ARS)

del momento en que se llevó a cabo el registro. Esto origina inconsistencias en el tiempo, ya que no consideran la devaluación de la moneda; por ejemplo, \$10.000 pesos en 2009, no resultan equivalentes a \$10.000 en 2017. Esta problemática puede observarse en la Figura 3, donde se visibiliza un crecimiento exponencial en las recaudaciones y aciertos.



Figura 3. Recaudaciones y aciertos para la Lotería Chaqueña, en el período 2009-2017, en pesos argentinos.

Esto puede ser resuelto de dos formas. Por un lado, puede realizarse una deflactación o actualización del monto, usando como referencia al IPC, Índice de Precios al Consumidor, histórico [16], que implica llevar el monto a valores pasados o futuros. Otra alternativa, la adoptada en este trabajo, consiste en dolarizar los montos de dinero. Si bien el dólar estadounidense (USD) también tiene variaciones, las mismas son despreciables para el tipo de análisis que se busca realizar. Más aún, la cotización del dólar en el período 2009-2017 [17] (ver Figura 4) presenta un crecimiento exponencial.



Figura 4. Cotización histórica del peso argentino en dólar.

Es por esto que, para trabajar con los montos de dinero de forma consistente, se dolarizan los registros empleando el valor más cercano. Para esto, se toman dos cotizaciones por mes: a principios (día 1) y a mediados

(día 15).

La Figura 5 muestra la conversión de los datos presentados en la Figura 3. El comportamiento de la curva cambia radicalmente tras la dolarización.

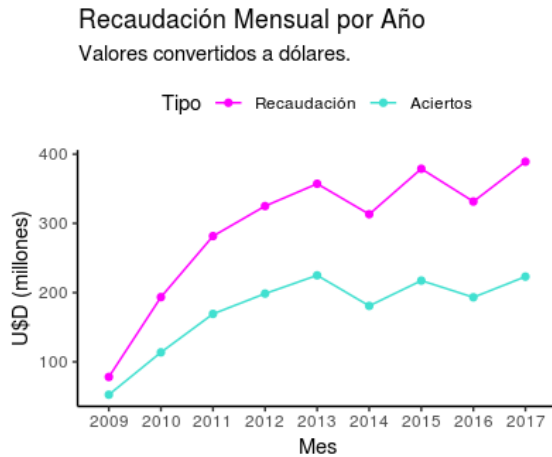


Figura 5. Recaudaciones y aciertos para la Lotería Chaqueña, en el período 2009-2017, en dólares.

4. Análisis Inicial

Tras realizar los procesos de extracción, unificación, limpieza y actualización, es posible realizar un estudio inicial para establecer lineamientos de análisis, dirigidos por preguntas de investigación. En una primera instancia, surgen tres posibles análisis.

4.1. Tendencia y Series Temporales

Mediante un script en R, se concentran los datos por mes y por año, obteniendo valores anuales (discretizados mensualmente) de recaudaciones, pago de premios, netos y apuestas. A esto se adiciona un análisis por semestre y cuatrimestre orientados a detectar posibles comportamientos estacionales y tendencias.

Tabla 3. Resumen de recaudación cuatrimestral.

Año	Recaudación por Cuatrimestre (USD)		
	Primero	Segundo	Tercero
2009		3,841,196.63	7,016,427.14
2010	7,621,483.92	9,305,900.32	10,389,516.52
2011	8,709,351.70	11,269,526.85	12,457,553.40
2012	10,875,923.46	13,839,850.54	13,047,799.09
2013	12,651,938.83	12,796,481.05	12,058,824.16
2014	9,378,386.96	10,705,984.29	12,596,929.82
2015	3,350,822.28	16,018,586.24	18,124,310.36
2016	1,877,830.31	15,058,543.75	14,935,757.12
2017	6,431,883.00	19,364,958.02	18,868,402.18

En particular, la Tabla 3 resume los valores de recaudación por cuatrimestre de forma anual. Allí se observa

que la recaudación del segundo cuatrimestre supera a la del primero en todos los casos; además, la recaudación del tercer cuatrimestre es mayor que la del primer cuatrimestre del año siguiente en la mayoría de los casos.

Cabe destacar, que en la Figura 6 se visualizan los montos de recaudación, convertidos a dólares, donde cada línea representa un año diferente. A excepción del año 2009, para el cual no se dispone de los datos del primer semestre, se observa una tendencia de crecimiento entre los meses de Julio y Septiembre, que posteriormente decae.

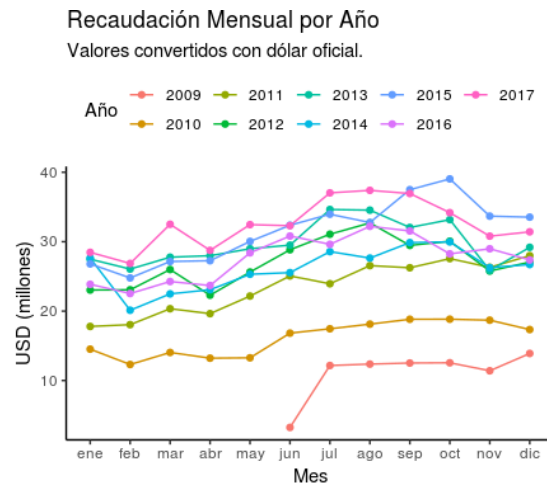


Figura 6. Recaudación mensual por año de la Quiniela Chaqueña.

Hay que destacar que el total de apuestas mensuales presenta un patrón similar. No obstante, el monto mínimo por jugada no ha cambiado acorde al IPC, determinando entonces que en los últimos años se ha producido un incremento de las mismas. Desde esta primera perspectiva surgen tres preguntas de investigación (PI):

- PI-1. ¿Existe una estacionalidad en los datos (recaudación y cantidad de jugadas), la cual corrobore el patrón observado?
- PI-2. ¿Es posible utilizar estos valores para predecir montos de recaudación para lo que resta de 2018 y para 2019?
- PI-3. ¿Por qué a partir del año 2015 la recaudación en el primer cuatrimestre decae tanto en comparación con la recaudación histórica del segundo y tercer cuatrimestre?

En ambos casos, se plantea la posibilidad de aplicar análisis de *series temporales* para responder dichas hipótesis [18]; [19]. Estas son secuencias de datos ordenados de forma temporal, tomados en puntos equidistantes; este algoritmo es muy utilizado en estadística, reconocimiento de patrones, predicciones y matemática financiera [20].

Así, con los datos disponibles es posible comparar los

resultados con tendencias macro-económicas o de coyuntura para la Argentina, comportamientos económicos sociales –por ejemplo, fechas turísticas, eventos sociales que impliquen gastos adicionales, etc.- entre otros, con el fin de discernir posibles motivos para tales movimientos.

Sin embargo, hay que destacar que no se consideran los montos a pagar en premios, ya que los mismos se determinan conforme a la cantidad de aciertos.

4.2. Agrupamiento de Condiciones

Un punto importante a analizar son las condiciones de pérdida. Si bien el organismo sólo registra Ganancia, Pérdida y “salto de banca”, se decide agregar una condición de ganancia adicional, comparable a éste último. Esta *ganancia extrema* corresponde a los casos en los cuales la recaudación es al menos cuatro veces mayor que el monto a pagar en premios. Para el total de registros, la Tabla 4 resume los resultados para la Quiniela Chaqueña.

Tabla 4. Proporción de resultados para la Quiniela Chaqueña, respecto del total de sorteos (2009-2017).

Resultado	Cantidad	Porcentaje
Ganancia Extrema	3372	33%
Ganancia	5404	53%
Pérdida	916	9%
Salto de Banca	508	5%

Así, se observa que la mayoría de los casos representan condiciones de ganancia. Sin embargo, si se enfoca el análisis en las *excepciones*, es decir “saltos de banca” y “ganancia extrema”, se puede plantear la posibilidad de relacionar esto con la cantidad de apuestas. La Tabla 5 suma estos datos por cuatrimestre.

Tabla 5. Cantidad de resultados extremos por cuatrimestre, para la Quiniela Chaqueña.

Cuatrimestre	Resultado	
	Salto de Banca	G. Extrema
Enero – Abril	149	1035
Mayo – Agosto	169	1127
Septiembre - Diciembre	190	1210

No obstante, si se observan estas cantidades para cada año, el comportamiento individual varía. La Figura 7 muestra, año a año, la evolución de los “saltos de banca”. Se observa allí que hubo más ocurrencias en 2012, mientras que desde 2015 en adelante, la tendencia es de decrecimiento.

Teniendo en cuenta esto, surgen otros lineamientos de investigación:

PI-4. ¿Se puede afirmar que existe una relación entre los resultados excepcionales, la cantidad de apuestas y los meses del año?

Saltos de Banca por Mes

Por año, para la Quiniela Chaqueña.

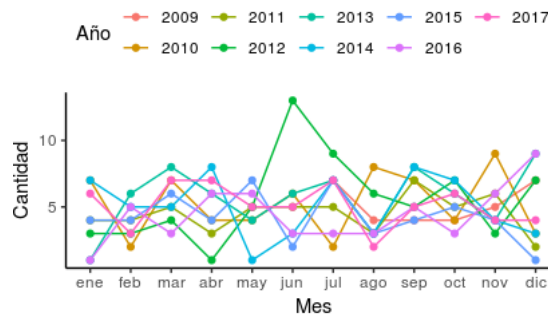


Figura 7. “Saltos de banca” mensuales anuales (2009 a 2017).

PI-5. ¿Es posible modificar los coeficientes de pago según los meses, para disminuir los resultados que presentan “salto de banca”?

PI-6. ¿Es posible determinar la probabilidad de que ocurra una excepción, dado que sucedió otra, en un período de tiempo (mismo día o semana, mismo mes del año actual o anterior)?

Para resolver las PI 4 y 5, se propone realizar análisis de clustering [21] [22]. Esta es una técnica de aprendizaje no supervisado que permite agrupar objetos de forma tal que los que pertenezcan a un mismo conjunto, tengan mayor similitud en sus atributos [23]. Así, es posible encontrar características comunes en estos casos, usando esta información para predecir comportamiento en caso de modificar los coeficientes.

Por otro lado, la PI6 puede estudiarse aplicando Naive-Bayes, la cual implica un modelo de probabilidad condicionada, es decir, descubrir las posibilidades de un evento, dado que ocurrió otro [24]. Otros autores como [25] ya han recurrido a esta técnica para realizar análisis semejantes, Probabilidad de Pérdida o Ganancia.

Dado que los aciertos se consideran por cifras (como se detalló en la Sección 2.1), del total de más de 206000 números favorecidos, se obtienen más de 706000 posibles aciertos. Como todo número siempre se divide en al menos un dígito, éstos son los que tienen más apariciones. La Tabla 6 presenta los dos valores más recurrentes para cada cantidad de cifras, con respecto a la proporción de “ganancias extremas” y los “saltos de banca”. Si bien puede existir una similitud en las mismas, ésta debe ser comparada a la media y a la existente en números de menor frecuencia, para determinar si se trata de casos excepcionales.

Considerando que para cada sorteo se extraen veinte números favorecidos, es posible ampliar la dirección de investigación:

PI-7. ¿Existe alguna relación de probabilidad entre

los números favorecidos y los resultados obtenidos?

PI-8. ¿Hay algún número que tenga mayor probabilidad de “ganancia extrema” o “salto de banca”?

Tabla 6. Cantidad de resultados excepcionales para los números favorecidos más frecuentes.

Número	Apariciones	Resultado	
		G. Extrema	Salto
8	20615	0.529	0.049
6	20593	0.532	0.049
94	2165	0.530	0.052
81	2156	0.510	0.047
549	252	0.541	0.041
365	250	0.534	0.033
2219	39	0.605	0.026
7248	38	0.448	0.079

5. Observatorio Quiniela: Requerimientos y Arquitectura

El interés de realizar estudios predictivos o de inferencia sobre los datos surge de la necesidad de Lotería Chaqueña de minimizar el riesgo de pérdida, al mismo tiempo que se aumenta su recaudación. El objetivo de dicho organismo público es el logro de fondos para contribuir a la política de acción social fijada por el Gobierno Provincial. Así sólo el 8% de la recaudación total se destina para la operatoria del organismo, mientras que el porcentaje restante se destina a fines sociales.

Por esto, la plataforma de análisis a desarrollarse, denominada *Observatorio-Quiniela* será de suma importancia debido a que contribuirá al alcance de los objetivos del ente provincial de juegos de azar. Dicha plataforma será de uso interno, dirigida a la alta gerencia y tomadores de decisiones como stakeholders principales. En consecuencia, la capacidad de visualización, interacción y simplicidad de uso se vuelven aspectos fundamentales.

Dentro de R, existe el paquete Shiny [10], el cual permite crear aplicaciones online con estas mismas cualidades. Muchos autores lo han utilizado en diversos campos. Williams [26] desarrolló una aplicación de tipo educativo para mejorar el aprendizaje del concepto de intervalos de confianza; la misma tuvo resultados positivos, mejorando la atención de los alumnos. Por su parte, Matías y colaboradores [27] generaron una aplicación Shiny para ejecutar análisis biométricos y estadísticos usando modelos mixtos y multi-variados respecto al cultivo selectivo de plantas. Otra aplicación destacable es Ioncopy, que facilita el análisis de aberraciones detectables en genomas tumorales; la misma ha sido validada y utilizada de forma favorable [28].

A su vez, se plantea un desarrollo ágil, iterativo e incremental, donde en cada iteración se desarrolle un mó-

dulo que resuelva una (o un conjunto) de PI. De esta forma, la arquitectura general (ver Figura 8) será refinada en cada iteración, hasta obtener la estructura completa.

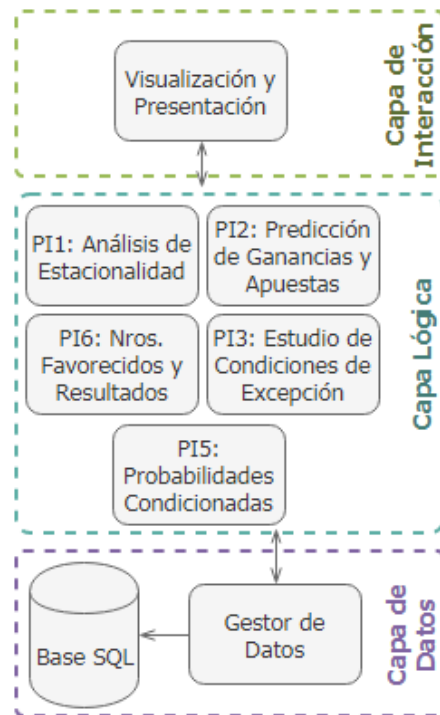


Figura 8. Modelo general para la arquitectura de la aplicación Observatorio-Quiniela.

A través del análisis inicial realizado en este artículo, se destaca que los datos, una vez organizados, respetarán una estructura definida. Diversos estudios han demostrado que la utilización de bases relacionales en ciencia de datos es positiva en la presencia de datos estructurados [29]. A su vez, como se destacó al inicio de la Sección 3, el organismo está llevando a cabo una migración de sus sistemas, hacia nuevas tecnologías.

Por esto mismo, se decide utilizar este almacenamiento para persistir los datos empleados. De esta forma, el proceso de organización discutido en la Sección 3 desemboca en *data-frames* almacenados en memoria. Éstos son convertidos a una base SQL Server, a través de un proceso de tres pasos: (1) selección del *data-frame*, (2) generación de la tabla y (3) carga de datos.

Hay que destacar que no todos los *data-frames* son persistidos: aquellos generados mediante la manipulación de datos base, no lo son. Un ejemplo de esto son las agregaciones mensuales que se realizan por año.

6. Conclusiones

Actualmente las organizaciones son capaces de reunir

una importante cantidad de datos que contienen información sustancial tanto a nivel operativo cotidiano, como para su proyección a futuro. En el caso de la Lotería Chaqueña, la capacidad de almacenamiento de registros de apuestas y resultados dota al organismo de información relevante para la predicción de tendencias de juego y la reducción del riesgo de pérdida. Sin embargo, estos valores se encuentran dispersos y mal documentados, lo cual dificulta la extracción de información de interés, y su posterior análisis para la toma de decisiones estratégicas fundada en datos.

La presente propuesta corresponde a la fase inicial de un proyecto de desarrollo de una herramienta online interactiva para el análisis y control de riesgo de pérdida de la Lotería Chaqueña, generada en R Shiny. La motivación principal radica en, mediante la explotación de los datos almacenados, disponer de información precisa, confiable y actual sobre las tendencias de los distintos parámetros involucrados, como recaudación, premios a pagar, entre otros. De esta manera, sugerir mejoras en las reglas de negocio que permitan disminuir al mínimo el riesgo de pérdidas, sobre todo de saltos de banca; a su vez, que permita incrementar lo recaudado, y los aportes que vuelven a la ciudadanía mediante la asistencia social que realiza el organismo.

El entorno de programación escogido, R, está provisto de las funcionalidades de limpieza, extracción, transformación, análisis y visualización de datos, que lo posicionan como una alternativa conveniente para los fines del proyecto.

Específicamente, en este trabajo se describe el funcionamiento del organismo y la problemática detectada. Se detallan las técnicas implementadas para la organización, limpieza y análisis inicial de los registros existentes. Se exponen algunos lineamientos de análisis y definición de algoritmos concretos de estudio de los datos. Además, se plantea la arquitectura de la herramienta a desarrollar, con el requisito de simplificar el análisis y visualización de resultados a los tomadores de decisiones.

Cabe destacar que como resumen de la etapa inicial, el alcance de este trabajo no es exhaustivo y está sujeto a modificaciones futuras.

7. Referencias

- [1] X. Wu, X. Zhu, G.-Q. W y W. Ding, «Data Mining with Big Data,» *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 26, n° 1, pp. 97-107, 2014.
- [2] G. Cimini, T. Squartini, D. Garlaschelli y A. Gabrielli, «Systemic Risk Analysis on Reconstructed Economic and Financial Networks,» *Scientific Reports*, vol. 5, pp. 15758:1-15758-13, 2015.
- [3] B. Ayyub, Risk Analysis in Engineering and Economics, Segunda ed., Nueva York, USA: Taylor & Francis Group.
- [4] A. Gandomi y M. Haider, «Beyond the Hype: Big Data Concepts, Methods, and Analytics,» *International Journal of Information Management*, vol. 35, n° 2, pp. 137-144, 2015.
- [5] S. Finlay, Predictive Analytics, Data Mining and Big Data: Myths, Misconceptions and Methods, Primera ed., Reino Unido: Palgrave McMillan, 2014.
- [6] G. James, D. Witten, T. Hastie y R. Tibshirani, An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R, Springer Texts in Statistics ed., Nueva York, USA: Springer, 2013.
- [7] H. Adèr, «Chapter 14: Phases and initial steps in data analysis,» de *Advising on Research Methods: A Consultant's Companion*, Primera ed., vol. 1, G. Mellenbergh, H. Adèr y D. Hand, Edits., Huizen, Johannes van Kessel Pub., 2008, pp. 333-356.
- [8] R. Ihaka y R. Gentleman, «R: a language for data analysis and graphics,» *Journal of computational and graphical statistics*, vol. 5, n° 3, pp. 299-314, 1996.
- [9] R. Peng, R Programming for Data Science, Primera ed., USA: Lulu.com, 2016.
- [10] Studio Inc., «shiny: Web Application Framework for R,» 2017. [En línea]. Available: <https://cran.r-project.org/web/packages/shiny/index.html>. [Último acceso: 2018].
- [11] J. Haigh, «The Statistics of Lotteries,» de *Handbook of Sports and Lottery Markets*, Elsevier, 2008, pp. 81-502.
- [12] H. Okagbue, M. Adamu, P. Oguntunde, A. Opanuga y M. Rastogi, «Exploration of UK Lotto results classified into two periods,» *Data in Brief*, vol. 14, pp. 213-219, 2017,.
- [13] W. Ziemba, «Efficiency of Racing, Sports, and Lottery Betting Markets,» de *Handbook of Sports and Lottery Markets*, D. Hausch y W. Ziemba, Edits., Elsevier, 2008, pp. 183-222.
- [14] A. Simpson, Understanding dBASE III Plus Academic Edition, Primera ed., Alameda, USA: SYBEX Inc., 1990.
- [15] Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina, *Protección de los Datos Personales*, Capital Federal, Argentina: Boletín Oficial dela República Argentina, 2000.
- [16] G. Milanesi, «Inflación y Descuento de Flujos de Fondos en Dos Monedas. Un Enfoque Integral,» *Revista Argentina de Investigación en Negocios (RAIN)*, vol. 3, n° 1, pp. 89-108, 2017.
- [17] Banco Nación, «Cotizaciones Históricas del Dólar y Euro,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.bna.com.ar/Personas>. [Último acceso: 2018].
- [18] M. I. Landaluce Calvo, «Análisis exploratorio de estructuras temporales,» *Revista de Métodos Cuantitativo para la Economía y la Empresa*, pp. 55-77, Diciembre 2016.
- [19] L. A. & F. López-Rodríguez, «Discriminación temporal condicionada: una evaluación de efectos de,» *Journal of Behavior, Health & Social Issues*, pp. 62-69, 2017.
- [20] H. Kantz y T. Schreiber, Nonlinear Time Series Analysis, Segunda ed., Cambridge: Cambridge University Press,

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

2004.

- [21] G. Tardiolia, R. Kerrigana, M. Oates, J. O'Donnell y D. P. Finn, «Identification of representative buildings and building groups in urban datasets using a novel pre-processing, classification, clustering and predictive modelling approach,» *Building and Environment*, pp. 90-106, 2018.
- [22] C. Martellaa, A. Miragliaa, J. Frosta, M. Cattanib y M. v. Steen, «Visualizing, clustering, and predicting the behavior of museum visitors,» *Pervasive and Mobile Computing*, pp. 430-443, 2017.
- [23] D. Pfitzner, R. Leibbrandt y D. Powers, «Characterization and evaluation of similarity measures for pairs of clusterings,» *Knowledge and Information Systems*, vol. 19, p. 361–394, 2009.
- [24] G. Webb, J. Boughton y Z. Wang, «Not So Naive Bayes: Aggregating One-Dependence Estimators,» *Machine Learning*, vol. 58, n° 1, p. 5–24, 2005.
- [25] S. Maitraa, S. Madanb, R. Kandwalc y P. Mahajan, «Mining authentic student feedback for faculty using Naive,» *Procedia Computer Science*, pp. 1171-1183, 2018.
- [26] I. Williams y K. Williams, «Using an R shiny to enhance the learning experience of confidence intervals,» *Teaching Statistics*, vol. 40, n° 1, pp. 24-28, 2017.
- [27] F. Matias, I. Granato y R. Fritsche-Neto, «Be-Breeder: an R/Shiny application for phenotypic data analyses in plant breeding,» *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, vol. 18, n° 2, 2018.
- [28] J. Budczies, N. Pfarr, E. Romanovsky, V. Endris, A. Stenzinger y C. Denkert, «Ioncopy: an R Shiny app to call copy number alterations in targeted NGS data,» *BMC Bioinformatics*, vol. 19, n° 157, 2018.
- [29] F. Provost y T. Fawcett, «Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making,» *Big Data*, vol. 1, n° 1, pp. 51-59, 2013.

Modelo de detección de niebla en ruta mediante aplicación de modelos estadísticos y de minería de datos con herramienta de software libre

Marcos, Carlos Eduardo; Martínez Micakoski, Fernanda; Perez Angueira, Luciana;
Gomez, Jonathan; Perez Angueira, Angeles; Marcos, Candela;
Molina, Christian; Blasco, Lucas; Benuzzi, Germán
*Facultad Regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional.
Racedo 298. Trenque Lauquen, Bs. As., Argentina.
marcoscarlosetduardo@gmail.com*

Resumen

El tema abordado es la identificación de variables que permitan predecir la presencia de niebla en rutas con la finalidad de limitar la adquisición de datos a los momentos en que se dan tales condiciones en el tramo de la Ruta Nacional 33 en inmediaciones de la ciudad de Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires, Argentina. El objetivo final es el desarrollo de un prototipo de captura de datos remoto equipado con sensores y cámara de video que permita caracterizar la zona en presencia de niebla donde se realizan intervenciones en la cinta asfáltica para mejorar la seguridad vial. Los datos históricos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional. Se realizaron dos modelos de predicción de la variable "niebla", uno basado en la técnica estadística de Modelos Lineales Generalizados y otro mediante Árboles de Clasificación con bagging. Ambos modelos seleccionaron las mismas variables (hora local, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa) para predecir la presencia de niebla a partir de los datos históricos con una exactitud del 80% sobre los datos de testeo.

1. Introducción

En el marco del proyecto de investigación "Valoración del desempeño de modelos de soluciones viales a nivel de calzada para la conducción segura bajo condición de escasa visibilidad por niebla", homologado por la Secretaria de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional es necesario caracterizar la zona bajo análisis en presencia de niebla y obtener datos que permitan evaluar la eficacia de la intervención realizada en la cinta asfáltica. Para ello se desarrollará un prototipo de adquisición de datos de bajo costo, basado en la Arduino [3], con sensores y una cámara de video.

Dado que los sitios de aplicación se ubican sobre las rutas y no poseen cobertura para la transmisión ni capacidad de almacenamiento de un gran volumen de datos es necesario reducir la adquisición de los mismos a los momentos en los que existe una mayor posibilidad de presencia de niebla. Por este motivo se solicitó al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el registro histórico de la estación local y las dos más próximas a la ciudad de Trenque Lauquen.

Mediante el análisis estadístico de estos registros se desea identificar las variables que mejor predicen la presencia de niebla de manera que el prototipo inicie la adquisición de los datos en el tramo bajo estudio solo bajo esta condición.

La Minería de Datos o Explotación de Información, es el proceso de extraer conocimiento útil, comprensible y novedoso de grandes volúmenes de datos, siendo su principal objetivo encontrar información oculta o implícita, que no es posible obtener mediante métodos estadísticos convencionales. La entrada al proceso de minería está formada por contenedores de información diversos, esto incluye bases de datos relacionales, almacenes de datos (Datawarehouse), documentos en texto libre, datos de la Web, entre otros [14].

Aunque hace mucho que existen algunas de las técnicas de procesamiento de datos, antes solo podían permitírselas los organismos de seguridad del estado, los laboratorios de investigación y las mayores compañías del mundo. Ahora muchas de estas herramientas se han democratizado (aunque no así los datos) [19].

La técnica SEMMA, acrónimo de las cinco fases del proceso: Sample (Muestreo), Explore (Exploración), Modify (Modificación), Model (Modelado), Assess (Evaluación), surge en el año 2000 y tiene como fin establecer las etapas principales de un proceso de minería de datos [24].

Dentro de los modelos predictivos se buscan aquellos que permitan obtener una fácil interpretación y ecuaciones

matemáticas o reglas que se puedan programar en el prototipo ya que el proceso de predicción debe tener lugar en el sitio remoto. Adicionalmente se requieren modelos cuya variable respuesta tenga una distribución binomial, como es el caso de la presencia o no de niebla.

Nelder y Wedderburn estudiaron los Modelos Lineales Generalizados (glm) incorporando de esta manera la posibilidad de modelar variables respuestas continuas o categóricas con distribuciones del error no necesariamente homocedásticas [20]

Los árboles de clasificación y regresión (CART) fueron desarrollados en los años 80 por Breiman, Freidman, Olshen y Stone [7].

La metodología CART utiliza datos históricos para construir árboles de clasificación o de regresión los cuales son usados para clasificar o predecir nuevos datos. Estos árboles CART pueden manipular fácilmente variables numéricas y/o categóricas. Entre otras ventajas está su robustez a outliers, la invarianza en la estructura de sus árboles de clasificación o de regresión a transformaciones monótonas de las variables independientes, y sobre todo, su interpretabilidad [10].

El objetivo principal de este trabajo es obtener las variables predictoras de presencia de niebla en la ruta en base a los datos meteorológicos históricos aplicando y evaluando comparativamente el uso de una técnica estadística (glm) y otra de minería de datos (árboles de clasificación) sobre datos públicos y mediante el uso de software libre [4].

2. Metodología

2.1. Variables

El proceso de análisis se basó en la técnica SEMMA.

Para realizar este trabajo se solicitó al Servicio Meteorológico Nacional los datos históricos de las estaciones Trenque Lauquen (87540), Pehuajó Aero (87544) y Pigüé Aero (87679).

El archivo con las observaciones se importó para ser procesado mediante el software libre R [22].

Las variables disponibles son las siguientes (ver Tabla 1):

Tabla 1. Variables de estudio.

Variable	Tipo	Posibles Valores
Estación	Cualitativa	Pigüé, Pehuajó, Trenque Lauquen
Fecha	Cronológica	Fechas válidas
Hora Local	Cuantitativa	Enteros de 0 a 23
Temperatura	Cuantitativa	Racionales
Humedad Relativa	Cuantitativa	Enteros positivos
Dirección Viento	Cuantitativa	Enteros de 0 a 36 (decagradados)

Velocidad Viento	Cuantitativa	Enteros positivos incluyendo el 0
Visibilidad	Cuantitativa	Expresiones alfanuméricas codificadas
Código Tiempo Presente	Cualitativa	Enteros de 0 a 99

Durante la exploración de las variables se determinó que la vista minable posee 5.969 observaciones. La primera es del 01 de Marzo de 2001 y la última del 13 de Agosto de 2016. De los 100 códigos de tiempo que utiliza el SMN, 17 están asociados a fenómenos con niebla o neblina.

La variable a predecir es *niebla*, por lo que se agregó dicha variable a la tabla minable a partir de los códigos de tiempo presente que hacen referencia a *niebla* y con una *visibilidad* máxima de hasta 1 km para diferenciarla del fenómeno *neblina*.

Se reemplazó *fecha* por las tres variables *día*, *mes* y *año*, generadas a partir de la misma.

Para poder modelizar se determinó que 32 observaciones poseían datos faltantes y dado que la proporción era mínima en función del total de la tabla se procedió a eliminarlas.

La proporción de la variable *respuesta* (niebla) positiva era del 30% de las observaciones.

Para verificar la homogeneidad de las muestras entre las tres estaciones primero se identificó si el mismo debía ser paramétrico o no paramétrico y luego se testeó si se podía asumir que todas provenían de una misma población.

Como cada estación poseía más de 50 observaciones se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors [17] verificando que la mayoría de las variables no sigue una distribución normal.

Se realizó el test de Levene [16] para determinar si podíamos asumir que todas las observaciones provenían de una misma población, con resultando negativo, por lo que es necesario plantear un modelo para cada estación. En particular se continuó con la estación Trenque Lauquen debido a las necesidades del proyecto de investigación.

Visualmente se procedió a conocer la distribución de las variables. Como ejemplo se puede observar en la distribución de la variable humedad relativa (ver Figura 1), en un gráfico focalizado en valores superiores al 80%. En gris se representan las observaciones donde no se observó presencia de niebla y en naranja en los que sí. Por lo tanto es posible encontrar niebla con valores del 91 al 100% de humedad relativa, pero la proporción de casos positivos supera a los negativos a partir del 96%.

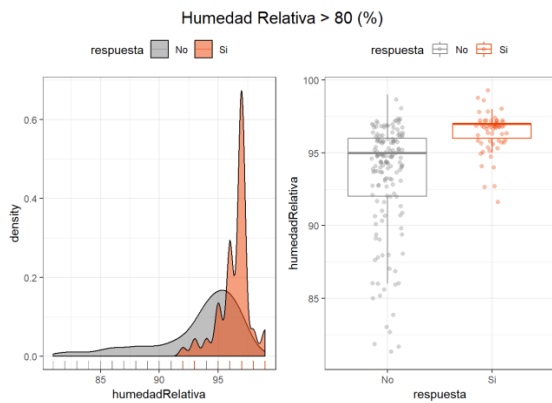


Figura 1. Distribución variable humedad relativa.

Se pudo determinar que las observaciones entre las 22 y las 7 horas son prácticamente inexistentes por lo que el modelo no será confiable para predecir la presencia de niebla en ese rango horario (ver Figura 2).

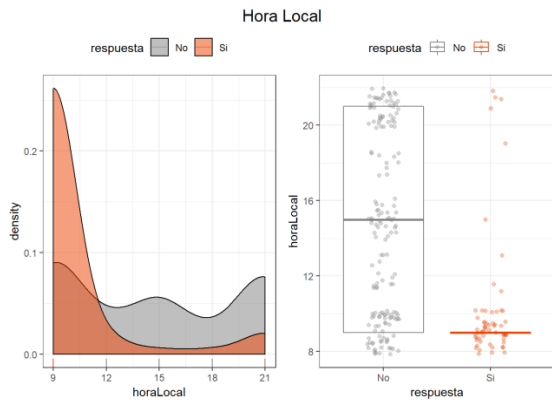


Figura 2. Distribución variable hora local.

Las variables *día* y *año* poseían una distribución aleatoria respecto de la presencia de niebla por lo que se las descartó de las posibles variables predictoras para el modelo.

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (PCA) [15] y se pudo establecer que la correlación entre las variables es débil, con excepción de una mediana correlación positiva entre la *dirección* y la *velocidad del viento*, y una débil a mediana correlación negativa entre la *humedad relativa* y la *velocidad del viento*.

Se comparó la distribución de las observaciones en base a las dos dimensiones principales con una distribución simulada aleatoria para verificar si realmente es posible detectar algún tipo de agrupamiento (ver Figura 3).



Figura 3. Distribución variable humedad relativa.

Se detectó la existencia de al menos dos clusters y se identificaron potenciales valores atípicos. Se calculó el estadístico Hopkins [5] para estudiar la distribución espacial obteniendo un valor de 0.28 confirmando que existe algún tipo de agrupamiento. Mediante los métodos Elbow, Average Silhouette y Gap Statistics [25] se determinó el número óptimo de clusters en 2.

A través de la función *createDataPartition* del paquete *Caret* en R se realizó una partición equilibrada de los datos mediante un muestreo aleatorio dentro de cada clase de la variable respuesta, preservando la distribución general de la clase de los datos. Se asignaron el 70% de los mismos para entrenamiento y el 30% restante para testeo de los modelos.

2.2. Modelo Lineal Generalizado

En primer lugar se generó un Modelo Lineal Generalizado el cual contempla la restricción $0 \leq E(Y_i|X_i) \leq 1$ donde θ representa la categoría “No” y I la categoría “Sí” de la variable respuesta *niebla*.

Dentro de las funciones monótonas crecientes, en forma de S, se optó por la función logística, porque:

- Desde el punto de vista matemático, es una función extremadamente flexible y fácil de utilizar.
- Tiene una interpretación relativamente sencilla.
- La evidencia empírica ha demostrado que este modelo es adecuado en la mayoría de los casos en los cuales la respuesta es binaria.

El modelo logístico tiene la forma:

$$E(y) = \frac{e^{x'\beta}}{1 + e^{x'\beta}}$$

Donde x es el vector de variables explicatorias y β es el vector de parámetros. Esta ecuación también puede expresarse como:

$$E(y) = \frac{1}{1 + e^{-x'\beta}}$$

o sea:

$$\pi_i = \frac{1}{1 + e^{-x_i'\beta}}$$

que es equivalente a:

$$1 - \pi_i = \frac{1}{1 + e^{x_i'\beta}}$$

Con lo cual se tiene que:

$$\frac{\pi_i}{1 - \pi_i} = \frac{1 + e^{x_i'\beta}}{1 + e^{-x_i'\beta}} = e^{x_i'\beta}$$

A esta transformación se la conoce como transformación *logit* de la probabilidad π_i y la relación $\frac{\pi_i}{1-\pi_i}$ una razón de probabilidades o ventaja (*odds ratio*).

Si se toma el logaritmo natural, se obtiene

$$\text{Ln}\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) = x_i'\beta$$

Con lo cual se tiene que el logaritmo de la razón de probabilidades es lineal, tanto en las variables como en los parámetros. La estimación de estos puede realizarse mediante el método de máxima verosimilitud [13].

La forma general del modelo *logit* se puede expresar como:

$$y_i = E(y_i) + \varepsilon_i$$

donde las observaciones y_i son variables aleatorias independientes Bernoulli, con valores esperados:

$$E(y_i) = \pi_i = \frac{e^{x_i'\beta}}{1 + e^{x_i'\beta}}$$

Como cada observación sigue una distribución Bernoulli, su distribución será:

$$f_i(y_i) = \pi_i^{y_i}(1 - \pi_i)^{1-y_i}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Y dado que las observaciones son independientes, la función de verosimilitud será:

$$L(y_1, y_2, \dots, y_n, \beta) = \prod_{i=1}^n f_i(y_i) = \prod_{i=1}^n \pi_i^{y_i}(1 - \pi_i)^{1-y_i}$$

Al tomar logaritmo a la función de verosimilitud:

$$\begin{aligned} \text{Ln}L(y_1, y_2, \dots, y_n, \beta) &= \text{Ln} \prod_{i=1}^n f_i(y_i) \\ &= \sum_{i=1}^n \left[y_i \text{Ln}\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) \right] + \sum_{i=1}^n \text{Ln}(1 - \pi_i) \end{aligned}$$

Como

$$1 - \pi_i = \frac{1}{1 + e^{x_i'\beta}} \quad \text{y} \quad \text{Ln}\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) = x_i'\beta,$$

El logaritmo de la verosimilitud se puede expresar para el modelo de regresión logística:

$$\text{Ln}(y, \beta) = \sum_{i=1}^n y_i x_i'\beta - \sum_{i=1}^n \text{Ln}[1 + e^{x_i'\beta}]$$

Los estimadores de máxima verosimilitud se pueden obtener mediante un algoritmo de mínimos cuadrados iterativamente reponderados.

Si $\hat{\beta}$ es el estimador obtenido, mediante el método iterativo y siendo ciertas las hipótesis del modelo, se puede demostrar que en forma asintótica:

$$E(\hat{\beta}) = \beta \quad \text{y} \quad V(\hat{\beta}) = (X'V^{-1}X)^{-1}$$

El valor estimado del predictor lineal es $\hat{\eta}_i = x_i'\hat{\beta}$, y el valor esperado del modelo de regresión logística, se puede expresar:

$$\hat{y}_i = \hat{\pi}_i = \frac{e^{\hat{\eta}_i}}{1 + e^{\hat{\eta}_i}} = \frac{e^{x_i'\hat{\beta}}}{1 + e^{x_i'\hat{\beta}}} = \frac{1}{1 + e^{-x_i'\hat{\beta}}}$$

Para el cálculo de los parámetros se utilizó la función *glm* del software R, con una distribución de la variable dependiente binomial y la función de transformación *logit* obteniéndose el primer modelo *glm1*.

Para mejorar la performance de este modelo inicialmente se identificaron valores atípicos a través del gráfico de residuos estandarizados y del test de Bonferonni [9], el cual ajusta el nivel de significación en relación al número de pruebas estadísticas realizadas simultáneamente sobre un conjunto de datos. El nivel de significación para cada prueba se calcula dividiendo el error global de tipo I entre el número de pruebas a realizar. El ajuste de Bonferonni se considera conservador. Eliminados estos valores atípicos se obtuvo el modelo *glm2*.

La comparación entre los distintos modelos se realizó en base al Criterio de Información de Akaike (AIC) [1], que es una herramienta objetiva que permite cuantificar la idoneidad de un modelo particular en relación a un conjunto finito de modelos [A].

Este criterio, que se enmarca en el campo de la teoría de la información, se define como:

$$AIC = -2 \ln(L(\hat{\theta})) + 2K$$

donde $\ln(L(\hat{\theta}))$ es el logaritmo de la máxima verosimilitud, que permite determinar los valores de los parámetros libres de un modelo estadístico [2], y K es el número de parámetros libres del modelo. Esta expresión proporciona una estimación de la distancia entre el modelo y el mecanismo que realmente genera los datos observados, que es desconocido y en algunos casos imposibles de caracterizar. Como la estimación se hace en función de los datos experimentales, esta distancia es siempre relativa y dependiente del conjunto de datos experimentales. Por tanto, un valor individual de AIC no es interpretable por sí solo, y los valores AIC sólo tienen

sentido cuando se realizan comparaciones utilizando los mismos datos experimentales [18].

Se evaluó la significancia de los parámetros del modelo *glm2* y sus intervalos de confianza, procediendo a generar un nuevo modelo *glm3* con foco en la eliminación de las variables menos significativas a través de un proceso de eliminación hacia atrás (Backward Stepwise Regression). Se partió con todas las variables seleccionadas del modelo *glm2* y mediante iteración se generaron todos los modelos que se pueden crear eliminando un único predictor a la vez, optando por el modelo con menor AIC.

Por último se evaluó agregar al modelo nuevas variables a partir de la interacción de los predictores existentes.

Para los distintos modelos se calculó la tasa de acierto para los datos de entrenamiento y testeo, como así también el área bajo la curva ROC (Receive Operating Characteristics) [12]. Un gráfico ROC muestra el rendimiento de un método de clasificación binaria con salida ordinal continua o discreta. Muestra la sensibilidad (la proporción de observaciones positivas correctamente clasificadas) y la especificidad (la proporción de observaciones negativas correctamente clasificadas) a medida que el umbral de salida se mueve sobre el rango de todos los valores posibles. Las curvas ROC no dependen de las probabilidades de clase, lo que facilita su interpretación y comparación entre diferentes conjuntos de datos [23].

2.3. Árboles de Decisión

Un árbol de decisión es un modelo de predicción cuyo objetivo principal es el aprendizaje inductivo a partir de observaciones y construcciones lógicas. Son muy similares a los sistemas de predicción basados en reglas, que sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que suceden de forma sucesiva para la solución de un problema. El conocimiento obtenido durante el proceso de aprendizaje inductivo se representa mediante un árbol. En el campo del aprendizaje automático, hay distintas maneras de obtener árboles de decisión, la que utilizamos es una técnica de aprendizaje supervisado conocida como CART: Classification And Regression Trees. El objetivo es obtener una función que nos permita predecir, a partir de variables independientes, el valor de la variable dependiente para casos desconocidos. Dado que la variable a predecir es discreta, se utilizó un árbol de clasificación.

La implementación particular de CART utilizada es conocida como Recursive Partitioning and Regression Trees o RPART.

De manera general, lo que hace este algoritmo es encontrar la variable independiente que mejor separa nuestros datos en grupos, que corresponden con las categorías de la variable objetivo. Esta mejor separación

es expresada con una regla. A cada regla corresponde un nodo. Una vez hecho esto, los datos son separados (particionados) en grupos a partir de la regla obtenida. Después, para cada uno de los grupos resultantes, se repite el mismo proceso. Se busca la variable que mejor separa los datos en grupos, se obtiene una regla, y se separan los datos. Se realiza esto de manera recursiva hasta que es imposible obtener una mejor separación. Cuando esto ocurre, el algoritmo se detiene. Cuando un grupo no puede ser partido mejor, se le llama nodo terminal u hoja.

Una característica muy importante en este algoritmo es que una vez que alguna variable ha sido elegida para separar los datos, ya no es usada de nuevo en los grupos que ha creado. Se buscan variables distintas que mejoren dicha separación.

Además, supongamos que después de una partición que ha creado dos grupos, A y B. Es posible que para el grupo A, la variable que mejor separa estos datos sea diferente a la que mejor separa los datos en el grupo B. Una vez que los grupos se han separado, al algoritmo “no ve” lo que ocurre entre grupos, estos son independientes entre sí y las reglas que aplican para ellos no afectan en nada a los demás.

El proceso de construcción de un árbol de predicción se divide en dos etapas:

- División sucesiva del espacio de los predictores generando regiones no solapantes (nodos terminales) $R_1, R_2, R_3, \dots, R_j$.
- Predicción de la variable respuesta en cada región.

A pesar de la sencillez con la que se puede resumir el proceso de construcción de un árbol, es necesario establecer una metodología que permita crear las regiones $R_1, R_2, R_3, \dots, R_j$, o lo que es equivalente, decidir donde se introducen las divisiones: en que predictores y en que valores de los mismos.

Para poder determinar cuáles de todas las divisiones son las óptimas se utilizó el índice de Gini, el cual es una medida de la varianza total en el conjunto de las K clases del nodo m . Se considera una medida de pureza del nodo.

$$G_m = \sum_{k=1}^K \hat{p}_{mk}(1 - \hat{p}_{mk})$$

donde \hat{p}_{mk} representa la proporción de observaciones del nodo m que pertenecen a la clase k . Cuando \hat{p}_{mk} es cercano a 0 o a 1 (el nodo contiene mayoritariamente observaciones de una clase), el término $\hat{p}_{mk}(1 - \hat{p}_{mk})$ es muy pequeño. Como consecuencia, cuanto mayor sea la pureza del nodo, menor el valor del índice Gini G [21].

Para cada posible división se calcula el valor del índice en cada uno de los dos nodos resultantes. Se suman los dos valores ponderando cada uno por la fracción de observaciones que contiene cada nodo.

$$\frac{n_A}{n_{Total}} \times \text{pureza } A + \frac{n_B}{n_{Total}} \times \text{pureza } B$$

La división con menor valor se selecciona como división óptima.

Tras la creación de un árbol, las observaciones de entrenamiento quedan agrupadas en los nodos terminales. Para predecir una nueva observación, se recorre el árbol en función del valor de sus predictores hasta llegar a uno de los nodos terminales.

Las principales ventajas del método de clasificación son su interpretabilidad, pues nos da un conjunto de reglas a partir de las cuales se pueden tomar decisiones. Este es un algoritmo que no es demandante en poder de cómputo comparado con procedimientos más sofisticados y, a pesar de ello, tiende a dar buenos resultados de predicción para muchos tipos de datos.

Sus principales desventajas son que este es un tipo de clasificación “débil”, pues sus resultados pueden variar mucho dependiendo de la muestra de datos usados para entrenar un modelo. Además es fácil sobre ajustar los modelos, esto es, hacerlos excelentes para clasificar datos que conocemos, pero deficientes para datos conocidos.

Al igual que todo modelo estadístico, los árboles de predicción sufren el problema del equilibrio *bias-varianza*. El término *bias* hace referencia a cuánto se alejan en promedio las predicciones de un modelo respecto a los valores reales, es decir, cómo se aproxima el modelo a la relación real entre las variables. La *varianza* hace referencia a cuánto varía el modelo dependiendo de la muestra empleada en el entrenamiento. A medida que se aumenta la complejidad de un modelo, se dispone de mayor flexibilidad para adaptarlo a las observaciones, reduciendo así el *bias* y mejorando su capacidad predictiva. Sin embargo, alcanzado un determinado grado de flexibilidad, aparece el problema de *overfitting*, el modelo se ajusta tanto a los datos de entrenamiento que es incapaz de predecir correctamente nuevas observaciones. El mejor modelo es aquel que consigue un equilibrio óptimo entre *bias* y *varianza*.

Para intentar mejorar el modelo se utilizó la técnica de *bagging* [6]. El término *bagging*, diminutivo de *bootstrap aggregation*, hace referencia al empleo del muestreo repetido (*bootstrapping*) con el fin de reducir la varianza de algunos métodos de aprendizaje estadístico, entre ellos los árboles de predicción.

Dadas n muestras de observaciones independientes Z_1, \dots, Z_n , cada una con varianza σ^2 , la varianza de la media de las observaciones \bar{Z} es σ^2/n . En resumen, promediando un conjunto de observaciones se reduce la varianza. Basándose en esta idea, una forma de reducir la varianza y aumentar la precisión de un método predictivo es obtener múltiples muestras de la población, ajustar un modelo distinto con cada una de ellas, y hacer la moda de las predicciones resultantes. Si bien en la práctica no se suele tener acceso a múltiples muestras, se puede simular el proceso recurriendo a *bootstrapping*, generando así pseudo-muestras con los que ajustar diferentes modelos y

después agregarlos. A este proceso se le conoce como *bagging* y es aplicable a una gran variedad de métodos de regresión. En el caso particular de los árboles de decisión, *bagging* ha demostrado incrementar en gran medida la precisión de las predicciones. La forma de aplicarlo es:

- Generar B *pseudo-training sets* mediante *bootstrapping* a partir de la muestra de entrenamiento original.
- Entrenar un árbol con cada una de las B muestras del paso 1. Cada árbol se crea sin apenas restricciones y no se somete a *pruning*, por lo que tiene *varianza* alta pero poca *bias*. En la mayoría de casos, la única regla de parada es el número mínimo de observaciones que deben tener los nodos terminales. El valor óptimo de este hiperparámetro puede obtenerse comparando el *out of bag error* que puede interpretarse de la misma forma que el error de validación cruzada [26].
- Para cada nueva observación, obtener la predicción de cada uno de los B árboles. El valor final de la predicción se obtiene como la clase predicha más frecuente (moda) para las variables cualitativas.

Finalmente también se calculó el área bajo la curva ROC y se compararon los resultados con los modelos *glm*.

3. Resultados obtenidos

3.1. Modelo lineal generalizado

3.1.1. Modelo 1 (glm1). Se procedió a generar un modelo estadístico basado en el Modelo Lineal Generalizado binomial por tratarse de una variable respuesta con dos estados posible “Sí” y “No” a la presencia de niebla.

La proporción de la varianza que explica el primer modelo fue 64.55 % sobre los datos de entrenamiento.

Excepto *mes*, el resto de los coeficientes son significativos ($p < 0.05$). La desviación del modelo nulo es de 181.7 con 155 grados de libertad y la de los residuos de 64.4 con 149 grados de libertad. El Criterio de Información de Akaike (AIC) es 78.4 (ver Figura 4).

A través del gráfico de residuos estandarizados frente a valores predichos se identificaron 3 observaciones atípicas, de las cuáles una vez analizadas se determinó que solo una sería retirada del grupo de entrenamiento por tratarse realmente de un valor atípico. El test de Bonferroni para valores atípicos confirmó esta decisión.

```
Call:
glm(formula = respuesta ~ ., family = "binomial", data = datos_train)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.10883  -0.19128  -0.03501   0.04370   2.90384

Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -101.26673    29.71863   -3.408 0.000656 ***
mes           -0.05762     0.17285   -0.333 0.738847
horaLocal     -0.36314     0.11365   -3.195 0.001397 **
temperaturaGradosCelsius -0.40117     0.12051   -3.329 0.000872 ***
humedadRelativa  1.17811     0.32881   3.583 0.000340 ***
direccionVientoDecagrados -0.09601     0.04076   -2.355 0.018506 *
velocidadVientoKmh -0.37822     0.11316   -3.342 0.000830 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 181.738  on 155  degrees of freedom
Residual deviance:  64.422  on 149  degrees of freedom
AIC: 78.422

Number of Fisher Scoring iterations: 9
```

Figura 4. Modelo glm1

3.1.2. Modelo 2 (glm2). Se procedió a generar un nuevo modelo sin este valor atípico durante el entrenamiento el cual arrojó una proporción de varianza explicativa del 69.89% y un AIC de 67.9.

El intervalo de confianza de los predictores se describe en la Tabla 2:

Tabla 2. Intervalo de confianza predictores modelo glm2.

	2.5 %	97.5 %
(Intercept)	-191.60	-51.62
mes	-0.46	0.29
horaLocal	-1.05	-0.29
temperaturaGradosCelsius	-0.77	-0.21
humedadRelativa	0.66	2.23
direccionVientoDecagrados	-0.22	-0.03
velocidadVientoKmh	-0.78	-0.23

Se observa que el intervalo de confianza para el coeficiente de *mes* contiene el cero, lo que confirma que podría no ser significativo.

La exactitud del modelo *glm2* con datos de entrenamiento fue de 0.909 (ver Tabla 3) y con datos de testeo fue de 0.803 (ver Tabla 4).

Tabla 3. Matriz de confusión del modelo glm2 con datos de entrenamiento.

Predicción	Real	
	No	Si
No	108	8

Predicción	Real	
	No	Si
Si	6	33

Tabla 4. Matriz de confusión del modelo glm2 con datos de testeo.

Predicción	Real	
	No	Si
No	42	7
Si	6	11

Los valores medios de las curvas ROC para los datos de entrenamiento y testeo fueron 0.974 y 0.880 respectivamente (ver Figura 5).

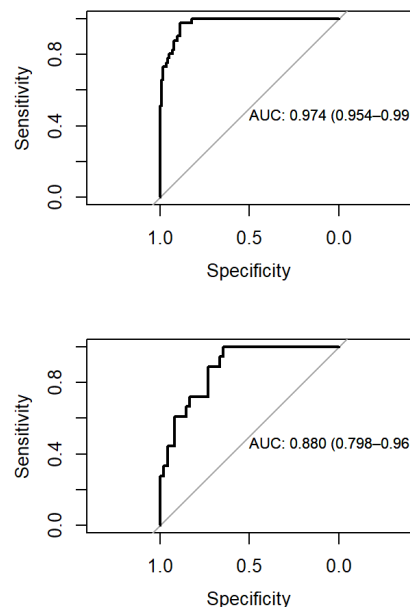


Figura 5. Curvas ROC para modelo glm2

3.1.3. Modelo 3 (glm3). Antes de descartar la variable numérica *mes* se optó por transformarla en categórica pero el modelo generado mantuvo su condición de no significativa e incrementó el AIC a 71.4. Por lo tanto se procedió a ajustar el modelo encontrándose que el mismo únicamente mejora eliminando la variable *mes* (ver Figura 6). El valor inicial de AIC de 67.92 se reduce a 66.07.

```

: Start: AIC=67.92
: respuesta ~ mes + horaLocal + temperaturaGradosCelsius + humedadRelativa +
: direccionVientoDecagrados + velocidadVientoKmh
:
:
: Df Deviance AIC
: - mes 1 54.065 66.065
: <none> 53.917 67.917
: - direccionVientoDecagrados 1 61.460 73.460
: - temperaturaGradosCelsius 1 72.374 84.374
: - velocidadVientoKmh 1 75.037 87.037
: - humedadRelativa 1 78.606 90.606
: - horaLocal 1 79.711 91.711
:
: Step: AIC=66.07
: respuesta ~ horaLocal + temperaturaGradosCelsius + humedadRelativa +
: direccionVientoDecagrados + velocidadVientoKmh
:
:
: Df Deviance AIC
: <none> 54.065 66.065
: - direccionVientoDecagrados 1 61.509 71.509
: - temperaturaGradosCelsius 1 74.391 84.391
: - velocidadVientoKmh 1 75.519 85.519
: - humedadRelativa 1 78.917 88.917
: - horaLocal 1 79.818 89.818
    
```

Figura 6. Modelo glm3

La exactitud del modelo *glm3* reducido se mantuvo y las matrices confusión obtenidas son idénticas a las del modelo *glm2*, confirmando que la variable *mes* no era significativa.

No se observó ninguna mejora intentando agregar combinación de los predictores del modelo reducido (ver Figura 7).

El estadístico de Durbin-Watson [11] arrojó un valor de 1.846 con p-value = 0.145 indicando que no existen problemas de autocorrelación entre los residuos del modelo por lo que no tuvimos motivos para descartarlo.

```

: Start: AIC=66.07
: respuesta ~ horaLocal + temperaturaGradosCelsius + humedadRelativa +
: direccionVientoDecagrados + velocidadVientoKmh
:
:
: Df Deviance AIC
: <none> 54.065 66.065
: + direccionVientoDecagrados:velocidadVientoKmh 1 52.236 66.236
: + temperaturaGradosCelsius:velocidadVientoKmh 1 52.549 66.549
: + temperaturaGradosCelsius:direccionVientoDecagrados 1 52.853 66.853
: + horaLocal:direccionVientoDecagrados 1 53.402 67.402
: + temperaturaGradosCelsius:humedadRelativa 1 53.740 67.740
: + horaLocal:velocidadVientoKmh 1 53.812 67.812
: + horaLocal:temperaturaGradosCelsius 1 53.816 67.816
: + horaLocal:humedadRelativa 1 53.819 67.819
: + humedadRelativa:direccionVientoDecagrados 1 53.823 67.823
: + humedadRelativa:velocidadVientoKmh 1 53.973 67.973
: - direccionVientoDecagrados 1 61.509 71.509
: - temperaturaGradosCelsius 1 74.391 84.391
: - velocidadVientoKmh 1 75.519 85.519
: - humedadRelativa 1 78.917 88.917
: - horaLocal 1 79.818 89.818
    
```

Figura 7. Índices de modelos mediante combinación de predictores del modelo glm3

Los valores medios de las curvas ROC para los datos de entrenamiento y testeo fueron 0.974 y 0.877 respectivamente (ver Figura 5).

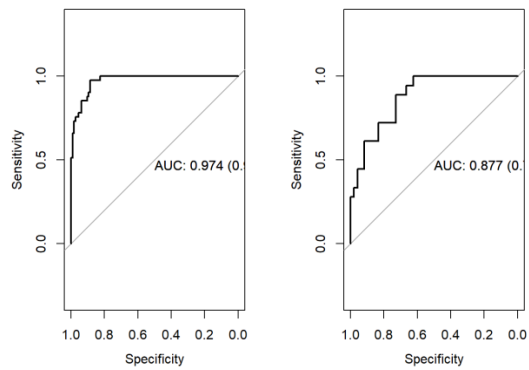


Figura 8. Curvas ROC para modelo glm3

3.2. Árboles de decisión

3.2.1. Árbol de clasificación sin bagging. El modelo obtenido (ver figura 9) se basa en la clasificación mediante la selección de 4 predictores: hora local, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.

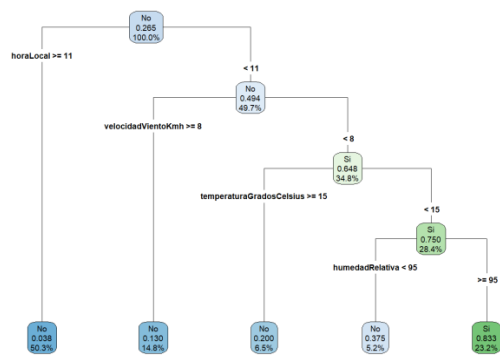


Figura 9. Modelo Árbol de Clasificación

Posee dos ramas principales a partir de la hora local. De las 5 hojas posibles, 1 clasifica positivamente la presencia de niebla (color verde) cuando la hora es inferior a las 11 de la mañana, la velocidad del viento es inferior a 8 km/h, la temperatura no supera los 15 grados y la humedad relativa es igual o superior al 95%.

La importancia de las variables sigue ese mismo orden, desechando el modelo las variables asociadas al mes y a la dirección del viento.

La exactitud del modelo árbol con datos de entrenamiento fue de 0.890 (ver Tabla 6), levemente inferior a la del modelo *glm3*.

Tabla 6. Matriz de confusión del modelo árbol con datos de entrenamiento

Predicción	Real	
	No	Si
No	108	11
Si	6	30

La exactitud del modelo árbol con datos de testeo fue 0.757 (ver tabla 7), un valor inferior al 0.803 del modelo *glm3*.

Tabla 7. Matriz de confusión del modelo árbol con datos de testeo

Predicción	Real	
	No	Si
No	43	11
Si	5	7

3.2.2. Árbol de clasificación con bagging. Para mejorar el modelo se utilizó la técnica de *bagging*. Generamos 100 distintos grupos de entrenamiento mediante bootstrap [4] y se configuró que el número mínimo de observaciones en un nodo sea 3 (2% de los datos de entrenamiento) antes de intentar una división como así también que una división debe pararse cuando el coste factor de complejidad (cp) sea inferior a un 0.001.

La tasa de acierto del modelo con bagging para los datos de entrenamiento fue de 0.994 (ver Tabla 8) y para los datos de testeo de 0.803 (ver Tabla 9).

Tabla 8. Matriz de confusión del modelo árbol usando bagging con datos de entrenamiento.

Predicción	Real	
	No	Si
No	114	1
Si	0	40

Tabla 9. Matriz de confusión del modelo árbol usando bagging con datos de testeo.

Predicción	Real	
	No	Si
No	43	8

Predicción	Real	
	No	Si
Si	5	10

Los valores medios de las curvas ROC para los datos de entrenamiento y testeo fueron 1 y 0.873 respectivamente (ver Figura 10).

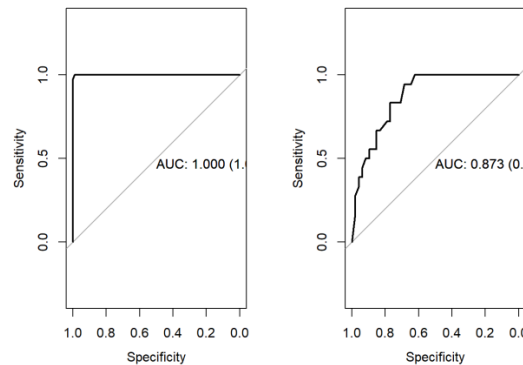


Figura 10. Modelo Árbol de Clasificación con bagging, datos de entrenamiento y testeo respectivamente

A partir del uso de bagging se obtuvo una exactitud del modelo similar a la del modelo *glm3*. El área bajo la curva fue de 0.873 con un intervalo de confianza de 0.790 a 0.955 para los datos de testeo.

El cuadro comparativo de los dos mejores modelos se puede observar a continuación (ver Tabla 10).

Modelo	Tasa Acierto		AUC ROC	
	Entren.	Testeo	Entren.	Testeo
<i>Glm3</i>	0,909	0,803	0,974	0,877
Árbol de clasif. con bagging	0,994	0,803	1,000	0,873

4. Conclusiones

Tanto el modelo *glm3* como el del árbol de decisión con *bagging* seleccionaron las mismas variables para predecir la presencia de niebla a partir de los datos históricos: hora local, velocidad del viento, temperatura y humedad relativa.

La tasa de acierto con ambos modelos para los datos de testeo es de 0.8 por lo que se procederá a programar en el prototipo el modelo *glm3* por su sencillez y menor necesidad de cómputo.

Los valores medios del área bajo la curva ROC fueron de 0.877 para el modelo *glm3* y de 0.873 para el modelo de árbol de clasificación con *bagging*, por lo tanto en

principio podemos considerar que ambos modelos poseen el mismo nivel de discriminación para la variable niebla.

El modelo inicial del árbol de clasificación no tenía un gran poder predictivo en comparación con el Modelo Lineal Generalizado, sin embargo mediante el uso de la técnica de bagging se lo pudo mejorar sustancialmente alcanzando el mismo rendimiento, con el inconveniente de reducir la facilidad de interpretación del modelo.

El software estadístico R permite procesar este volumen de datos para las distintas técnicas estadísticas en tiempos muy razonables en computadoras típicas de uso hogareño.

Los prototipos de captura de datos a desarrollar con estos modelos predictivos serán útiles para reducir la magnitud de almacenamiento de la información en lugares donde no se cuenta con cobertura de banda ancha para la transmisión de los datos.

Esto facilita la realización de un prototipo con sensores que permitan captar estas variables en el sitio bajo estudio y reducir el volumen de datos adquiridos, sobre todo en lo que hace a la captura de video.

Queda pendiente el análisis de las otras estaciones, que de comprobarse que las mismas variables predictoras son elegidas reduciría la complejidad de usar el prototipo en otras ubicaciones a simplemente modificar los parámetros del modelo para las condiciones locales.

5. Reconocimientos

Agradecemos al Servicio Meteorológico Nacional por compartir su base de datos con los registros meteorológicos históricos de la región bajo estudio.

6. Referencias

- [1] Akaike, H., "Information theory and an extension of the maximum likelihood principle", *B. N. Petrov y F. Csaki (Eds.). Second International Symposium on Information Theory* (p. 267–281). Budapest: Akademiai Kiado, 1973.
- [2] Aldrich, John. "R. A. Fisher and the Making of Maximum Likelihood 1912-1922." *Statistical Science*, vol. 12, no. 3, 1997, pp. 162–176.
- [3] Arduino - Introduction. (s. f.). Recuperado 16 de agosto de 2018, de <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>
- [4] Amat Rodrigo, J., "Machine Learning con R y caret" SAS Institute: Data Mining and the Case for Sampling, https://rpubs.com/Joaquin_AR/383283, 2018. Recuperado el 18 de agosto de 2018.
- [5] Banerjee, A. "Validating clusters using the Hopkins statistic". *IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2004*, pp.149–153.
- [6] Breiman, L., "Bagging predictors", *Machine Learning*, Volume 24, 1996, pp. 123-140.
- [7] Breiman L, Friedman J., Olshen R, Stone C. "Classification and regression trees". *Wadsworth & Brooks / Cole Advanced Books and Software*. Monterrey, California, USA, 1984.
- [8] Burnham, K. y Anderson, David. "Model Selection and Inference. A practical Information-Theoretic Approach". *Springer Verlag*. New York Inc., USA, 1998.
- [9] Cook, R., Weisberg, S., "Residuals and Influence in Regression", New York: *Chapman and Hall*. Recuperado el 18 de Agosto de la University of Minnesota Digital Conservancy, 1982.
- [10] Díaz Sepúlveda, J. F., & Correa, J. C. "Comparación entre árboles de regresión CART y regresión lineal". *Comunicaciones en Estadística*, 6(2), 175. <https://doi.org/10.15332/s2027-3355.2013.0002.05>. 2013.
- [11] Durbin J., Watson G., "Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression I.", *Biometrika*, 37, 1950, pp.409–428.
- [12] Fawcett, T., "An introduction to ROC analysis", *Pattern Recognition Letters*, 27, 2006, pp.861-874.
- [13] Green, W. "Análisis Econométrico", *Prentice Hall*, 2011.
- [14] Hernández Orallo, Ramírez Quintana y Ferri Ramírez, "Introducción a la Minería de Datos", *Editorial Pearson Prentice Hall*. España, 2004. ISBN 84-205-4091-9.
- [15] Jolliffe, I., "Principal Component Analysis", *Springer*, Second Edition. 2002.
- [16] Levene, H., "Robust testes for equality of variances" en *Contributions to Probability and Statistics* (I. Olkin, ed.) *Stanford Univ. Press*, Palo Alto, CA., 1960, pp.278–292.
- [17] Lilliefors, H., "On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown", *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 399-402, 1967. <http://dx.doi.org/10.2307/2283970>.
- [18] Martínez, D., Albín, J., Cabaleiro, J., Pena, T., Rivera, F. y Blanco, V. "El criterio de información de Akaike en la obtención de modelos estadísticos de Rendimiento". *Conference Paper: XX Jornadas de Paralelismo*, 2009, pp. 439-444.
- [19] Mayer-Schönberger, V., Cukier, K., "Big Data. La revolución de los datos masivos", *Turner Noema*, 2013, p.29.
- [20] P. McCullagh y J. A. Nelder, "Generalized Linear Models", *Chapman & Hall*, 1992.
- [21] Piccarreta, R.: "Ordinal Classification Trees Based on Impurity Measures". *Advances in Multivariate Data Analysis*, *Springer - Verlag*, Berlín, 2004, pp. 39–51.
- [22] R Core Team. "R: A language and environment for statistical computing", *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2017.
- [23] Robin, X., Turck, N., Hainard, A., Tiberti, N., Lisacek, F., Sanchez, J.C., y Müller, M. "pROC: an open-source package for R and S+ to analyze and compare ROC curves". *BMC*

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Bioinformatics, 12, 2011, pp. 77. DOI: 10.1186/1471-2105-12-77.

[24] SAS Institute: Data Mining and the Case for Sampling, http://nas.uhcl.edu/boetticher/ML_DataMining/SAS-SEMMA.pdf, 1998. Recuperado el 17 de agosto de 2018.

[25] Tibshirani, R., Walther, G. and Hastie, T., "Estimating the number of data clusters via the Gap statistic", *Journal of the Royal Statistical Society B*, 63, 2991, pp.411–423.

[26] Zhi-Hua Zhou, "Ensemble Methods: Foundations and Algorithms", *CRC Press*, 2012

Clasificación de Modelos para Recuperación de Información

Valerio Frittelli
UTN - FRC
Córdoba, Argentina
vfrittelli@gmail.com

Mario José Diván
FCEyJ - UNLPam
General Pico, La Pampa, Argentina
mjdivan@divsar.com.ar

Resumen

El campo de la Recuperación de Información (RI) abarca tareas que típicamente se esperan de un motor de búsqueda, como son: búsqueda, recuperación y ordenamiento por relevancia de los documentos que coinciden con una consulta y la presentación de esos resultados al usuario. Existen diversos modelos matemáticos que fundamentan el diseño de estos motores y cada uno tiene sus ventajas y desventajas. Además, el campo de la RI se encuentra en permanente actualización, incorporando nuevos principios, modelos y técnicas algorítmicas. El objetivo de este trabajo es el de realizar un aporte en cuanto a la descripción del estado del arte en la disciplina (y un repaso de su evolución histórica), para lo que se mostrará una clasificación amplia de modelos con una breve explicación de las propiedades funcionales de cada uno (con elementos que faciliten su comparación), incorporando tanto a los modelos clásicos como a otros basados en estrategias alternativas.

1. Introducción

La búsqueda, recuperación y ordenamiento por relevancia de documentos cuyo contenido sea coincidente con una consulta realizada por un usuario es un problema del campo de la *Recuperación de Información (RI)* y tiene plena vigencia [1]. Esencialmente, representa el problema que deben resolver los motores de búsqueda, sea que se apliquen para explorar la Web o bien para llevar adelante una búsqueda dentro de un contexto local. De este modo, existen diversos *modelos matemáticos* en los que se podría basar el diseño de los motores de búsqueda [1], entre los que se puede mencionar un diseño sustentado por el *modelo booleano* [2], pasando por el *modelo vectorial* [3] y hasta llegar a uno de los más recientes y exitosos, el *modelo de ranqueo por popularidad* (conocido como *PageRank*) que se utiliza en el motor Google [4].

La mayor parte de los modelos llamados clásicos se basan en medir la similitud de dos documentos y luego la relevancia de un documento frente a una consulta, usando aproximaciones vectoriales, estadísticas y/o

probabilísticas, pero sin considerar necesariamente la similitud semántica entre los contenidos de los documentos. Es decir, en varios de estos modelos clásicos se suelen aplicar diversas técnicas algorítmicas para lematización de palabras (reducción de dos palabras con la misma raíz a una palabra común única) y cálculos de distancia de edición entre palabras (entre otras técnicas [1, 5]) que podrían ayudar a un motor de búsqueda a recuperar documentos similares, pero el análisis del significado o semántica del texto no forma parte de los alcances del modelo. Alternativamente, se han planteado modelos basados en el análisis semántico [6], e incluso modelos basados en grafos de relaciones semánticas para directamente plantear el diseño de motores de búsqueda indexando los documentos como partes de un gran grafo semántico [7]. El análisis semántico pretende considerar el significado del texto contenido en los documentos y eso posibilitaría que los motores de búsqueda sean capaces de obtener resultados más precisos, esto es, que sean capaces de recuperar documentos más relevantes con respecto a la consulta de los que se obtendrían utilizando otros modelos (aunque posiblemente al costo de una merma en la velocidad en la respuesta) [7].

En términos generales, el proceso inicia con una consulta o requerimiento del usuario, el motor de búsqueda explora la base documental para extraer los documentos que mejor responden a la consulta, y se los presenta al usuario ordenados en función de su relevancia [5]. En tal sentido, es importante destacar que es el usuario quien determina y selecciona los documentos útiles a partir de aquellos sugeridos por el motor, y descarta los demás. Así, la decisión final del usuario suele basarse en una exploración lineal de los primeros documentos de la lista sugerida por el motor, sin mayores herramientas de apoyo que el propio orden de presentación y la visualización por parte del motor de algún pequeño fragmento de texto o *snippet* (extraído del documento) que contiene las palabras de la consulta [8]. Dado este contexto, el usuario explora o analiza los documentos recuperados y selecciona alguno de ellos pero probablemente sin ir más allá de la primera página de resultados [9].

Los motores de búsqueda que no se basan necesariamente en análisis semántico determinan qué tan relevante es un documento frente a una consulta, a través de algún mecanismo de priorización o ranqueo que mide la frecuencia de aparición de esos términos [1, 5], el valor de ese término [1, 5, 9], la proximidad con otros términos de la consulta [9], la probabilidad de que un término aparezca en un documento relevante [9] y hasta la popularidad de las páginas que contienen a cada término [4]. De este modo, los documentos o páginas presentados al usuario se ordenarán de acuerdo con los mencionados criterios. No obstante, un motor de búsqueda capaz de medir de alguna forma la semejanza semántica entre dos documentos (es decir, la semejanza de significado del tema tratado) posiblemente entregue al usuario una lista de resultados más precisa, con mejores probabilidades de que muy buenos documentos estén en las primeras páginas de resultados [7].

El hecho es que una vez planteado y decidido el *modelo matemático* de base, existen numerosas variantes en cuanto al *diseño de las estructuras de datos* de soporte interno del motor de búsqueda, las cuales abarcan un amplio rango que toma variantes del modelo vectorial, variantes probabilísticas [9, 5, 10], variantes del modelo de ranqueo por popularidad [11], o incluso variantes basadas en aplicación de meta-busadores que procesen los resultados entregados por dos o más motores pre-existentes [12]. Y en cuanto a los *algoritmos y formas de comparación semántica de similitud entre documentos*, se han planteado diversas técnicas de procesamiento de lenguaje natural, tales como [13]: extracción de información de documentos largos, generación de resúmenes, desambiguación, clasificación automática de textos, generación y uso de ontologías, y alineación de secuencias (para documentos cortos), o incluso el uso de técnicas basadas en plantillas de consulta en lenguaje natural, entre otras [14]. El campo del procesamiento de textos en lenguaje natural está abierto y en desarrollo permanente.

Como primera contribución, este trabajo propone un recorrido de la evolución de los distintos modelos y técnicas del campo de la RI, así como la descripción funcional de cada uno de esos modelos, desde sus orígenes y a través de las principales estrategias que se han planteado. La segunda contribución es la de intentar plantear y sintetizar las principales propuestas de clasificación que están vigentes desde 1999/2000, pero sugiriendo la unificación de los criterios básicos de clasificación y la actualización de los tipos de modelos contenidos en cada categoría. De esta forma, se espera que este trabajo contribuya a resumir y facilitar la visión global y una comprensión amplia y de primera mano respecto de las más importantes ideas de la disciplina de la RI.

Este artículo se organiza en cuatro secciones. La sección 1 contiene a esta introducción. En la sección 2 se presentan y describen diversos esquemas de clasificación considerados tradicionales, a la vez que se propone una clasificación adaptada a modo de resumen de las anteriores y se presenta a nivel de breve descripción funcional a cada uno de los modelos incluidos en cada grupo. En la sección 3 se presentan conclusiones generales y en la sección 4 se analizan posibles campos de acción para trabajos futuros.

2. Esquemas de Clasificación de Modelos

Desde el surgimiento de la disciplina de la RI se propusieron muchos y muy diversos modelos y técnicas, que han llevado a la necesidad de ordenar, clasificar y agrupar esos modelos para favorecer su estudio y facilitar la comparación entre ellos, con el objetivo de permitir un avance sistemático en el diseño de nuevas y más eficientes técnicas [9, 15, 16, 1]. Una propuesta de clasificación de modelos para RI fue ofrecida en el año 2000 por *Sándor Dominich* [15], y su esquema aún hoy es muy conocido y muy usado tanto en contextos académicos como técnicos. Esencialmente, incluye cinco grupos o tipos de modelos, tal como se observa en la *Tabla 1* siguiente [15] (citada a su vez por *Martínez Méndez* [16]).

Tabla 1: Clasificación de modelos para RI de Dominich [15]

Grupo	Descripción
Modelos Clásicos	Son los modelos tradicionales: booleano, vectorial y probabilístico.
Modelos Alternativos	Basados en lógica difusa o borrosa (fuzzy logic).
Modelos Lógicos	Basados en lógica formal.
Modelos de Interactividad	Toman al usuario como parte ineludible del proceso de RI.
Modelos de Inteligencia Artificial	Modelos soportados en bases de conocimientos, redes neuronales, procesamiento de lenguaje natural, y otras técnicas de la disciplina.

Un esquema previo de clasificación de modelos para RI, muy conocido y muy detallado en su estructura y en los criterios de agrupamiento, fue planteado en 1999 por *Ricardo Baeza-Yates* y *Berthier Ribeiro-Neto* [9]. Entre otros aspectos, estos autores partieron también del análisis de los *modelos clásicos* (booleano, vectorial y probabilístico), pero sugirieron nombres alternativos y más abarcativos para cada uno de ellos basándose en las siguientes ideas: *i.) Modelo booleano*: los documentos y consultas se representan como conjuntos de *términos índice* (es decir, términos que se registran en una

estructura de índice para luego facilitar la búsqueda) y por ello propusieron el nombre de *modelo de conjunto teórico* (o *set theoretic model*) para el clásico modelo booleano; ii.) *Modelo vectorial*: los documentos y consultas se representan como vectores en un espacio n-dimensional y propusieron el nombre de *modelo algebraico* (o *algebraic model*) para re-designar al modelo vectorial clásico; y iii.) *Modelo probabilístico*: todo el trabajo de representación de documentos y consultas se basa en la teoría de probabilidades, por lo que mantuvieron el nombre de *modelo probabilístico* (o *probabilistic model*) [9, 16]. A su vez, Baeza y Ribeiro ampliaron el número de posibles planteos dentro de cada modelo por lo que cada modelo pasó a ser un grupo de modelos, tal y como se muestra en la *Tabla 2* inspirada en la clasificación original de *Baeza y Ribeiro* [9]:

Tabla 2: Clasificación de modelos para RI de Baeza-Ribeiro [9]

Modelos clásicos (redefinidos)	Modelos que abarca
Modelos de Conjuntos Teóricos	Modelo booleano clásico.
	Modelo de lógica difusa.
	Modelo booleano extendido.
Modelos Algebraicos	Modelo vectorial clásico.
	Modelo de espacio vectorial generalizado.
	Modelo de indexación por semántica latente.
	Modelo de redes neuronales.
Modelos Probabilísticos	Modelo probabilístico clásico.
	Modelo de red de inferencia.
	Modelo de red de creencias.

Como puede apreciarse en la *Tabla 2*, varios de los modelos que *Baeza y Ribeiro* propusieron en algunas de estas categorías son los mismos que luego serían agrupados por *Dominich* en otras. Para intentar unificar criterios se sugiere aquí (ver *Tabla 3*) una clasificación que resume y complementa a las dos propuestas presentadas. En esta clasificación-resumen, se ha incluido al grupo de *modelos lógicos* de *Dominich* dentro del conjunto de los *modelos de inteligencia artificial* (aspecto sugerido oportunamente por otros autores, tal como *Martínez Méndez* [16]). En forma similar, se sugiere que el modelo de *redes neuronales* clasificado por *Baeza y Ribeiro* como parte del conjunto de *modelos algebraicos*, se agrupe también en el marco de los *modelos de inteligencia artificial* debido al enfoque orientado al aprendizaje de esa técnica. Finalmente, se amplía con más detalle el grupo de los *modelos de interactividad*, agregando en el mismo al conocido *modelo de ranqueo de páginas por popularidad* (o *modelo PageRank*) usado como soporte del motor Google.

Tabla 3: Clasificación unificada de modelos de RI (Elaboración propia a partir de [15] y [9])

Grupos de modelos	Modelos típicos que abarcan
Modelos de Conjuntos Teóricos	Modelo booleano clásico.
	Modelo de lógica difusa.
	Modelo booleano extendido.
Modelos Algebraicos	Modelo vectorial clásico.
	Modelo de espacio vectorial generalizado.
	Modelo de indexación por semántica latente.
Modelos Probabilísticos	Modelo probabilístico clásico.
	Modelo de red de inferencia.
	Modelo de red de creencias.
Modelos de Interactividad	Modelos cognitivos.
	Modelos de comportamiento de usuarios.
	Modelo de ranqueo por popularidad.
Modelos de Inteligencia Artificial	Modelos lógicos.
	Modelos de redes de conocimientos.
	Modelos de redes neuronales.
	Modelos de algoritmos evolutivos.
	Modelos de procesamiento de lenguaje natural.
	Modelos de ontologías.
	Modelos de aprendizaje automático.
	Modelos de agentes inteligentes.

En lo que sigue, se ofrece una breve descripción de cada uno de los modelos contemplados en la *Tabla 3*.

2.1. Modelos de Conjuntos Teóricos

El grupo de los *Modelos de Conjuntos Teóricos* (o *Theoretical Set Models*) propuesto originalmente por *Baeza y Ribeiro* [9] incluye al *modelo booleano clásico* y por lo menos a dos modelos alternativos adicionales: el *modelo de lógica difusa* y el *modelo booleano extendido*.

a.) El modelo booleano clásico. También designado como *modelo booleano estándar* es considerado uno de los más antiguos y también uno de los más simples e intuitivos [9]. En este modelo, la relevancia de un documento frente a una consulta se mide en *forma binaria*, es decir, si el documento contiene las palabras buscadas entonces es relevante (su valor de relevancia es 1) y si no las contiene entonces no es relevante (su valor es 0). El problema con este modelo, es su limitación al momento de discriminar entre "buenos" y "no tan buenos" documentos. Esto es, en el modelo booleano clásico da igual si un documento contiene una o mil

veces alguno de los términos de la consulta, y sólo por contenerlo, el valor de relevancia del documento será igual a 1, lo cual no permite hacer entonces un ordenamiento o ranqueo entre los que se rescatasen como relevantes [2]. Este modelo en conjunto con el *modelo vectorial clásico* y el *modelo probabilístico clásico* son considerados hoy los más tradicionales. De este modo, se cuentan como varios de los primeros en ser planteados, siguen vigentes en diversos escenarios [2, 17] y constituyen también la puerta de entrada al estudio de las técnicas de RI.

b.) El modelo de lógica difusa. También designado como *modelo de lógica borrosa* (o *fuzzy logic model*). La lógica difusa maneja conceptos *intermedios de verdad*, es decir, y a título de ejemplo, el conjunto de los números impares positivos menores que 10 contiene a los valores 1, 3, 5, 7 y 9. De este modo, un número pertenece o no pertenece al conjunto pedido, y no hay "rangos" de pertenencia o incertidumbre respecto a dicha pertenencia. Ahora bien, si se pide determinar qué personas de un grupo establecido son sanas, la pertenencia a ese conjunto de personas sanas no es tan obvia ni tan tajante, dado que la noción de "persona sana" admitiría numerosas variantes, excepciones y grados de aproximación. De este modo, en *lógica difusa* este último conjunto sería un ejemplo de un *conjunto difuso*, dado que sería un conjunto en el que sus elementos pueden tener *grados de pertenencia* [18]. El paso de la *pertenencia* a la *no pertenencia* en un conjunto difuso se da en forma gradual, y no en forma abrupta como en los conjuntos algebraicos [19]. En el campo de la RI, las técnicas de lógica difusa suelen emplearse para tareas de fusión de información, extracción de texto, diseño de lenguajes de consulta, agrupamiento (o *clustering*) de documentos, diseño de algoritmos y funciones de ranqueo [18, 20, 21] y eventualmente también para incluir elementos de interactividad, asumiendo que en la determinación de la relevancia de un documento para una consulta tiene fuerte incidencia la subjetividad del usuario, es decir, si este no está conforme con la respuesta del sistema típicamente lo manifestará a través de varias posibles acciones (por ejemplo, sin abrir un documento ofrecido, o marcándolo de alguna forma como no relevante). La información sobre las acciones (positivas o negativas) del usuario se puede registrar de alguna forma para intentar mejorar la respuesta del sistema para ese usuario en el futuro, pudiendo emplear la lógica difusa para mejorar estos procesos en términos de precisión [22].

c.) El modelo booleano extendido. El modelo booleano es intuitivo y simple de implementar y esas quizás sean sus mayores virtudes. Pero al no permitir la asignación de pesos a los términos, tampoco permite ordenar (o

ranquear) los documentos recuperados. El *modelo booleano extendido* (*extended boolean model*), originalmente propuesto en 1983 por *Gerard Salton*, *Edward Fox* y *Harry Wu* [23], fue planteado para permitir la asignación de pesos a los términos y también la concordancia parcial con una consulta. En forma similar a lo que hace el modelo vectorial, el *modelo booleano extendido* representa a cada documento como un vector cuyas coordenadas se calculan sobre la base del peso o relevancia que cada término del documento tiene. Luego, se aplican fórmulas de medición de similitud que permiten interpretar operaciones booleanas en términos de distancias algebraicas. Por este motivo, en realidad se trata de un modelo híbrido que toma elementos tanto del modelo booleano clásico como del modelo vectorial clásico [9]. Si bien no fue utilizado en forma exhaustiva, se han propuesto variantes para su implementación eficiente en contextos específicos, como el de la construcción de *revisiones sistemáticas* en dominios biomédicos, en los cuales se necesita identificar tan completamente como sea posible la información referida a temas de la práctica médica y de alta especificación clínica [24].

2.2. Modelos Algebraicos

El grupo de los *Modelos Algebraicos* (o *Algebraic Models*), propuesto originalmente por Baeza y Ribeiro [9], incluye al *modelo vectorial clásico*, al *modelo de espacio vectorial generalizado* y al *modelo de indexación por semántica latente*.

a.) El modelo vectorial clásico. También llamado *modelo vectorial estándar*. Implicó un gran avance tanto conceptual como matemático desde su aparición en 1975 (planteado por *Gerard Salton*) [3]. Cada documento se modela como un *vector* en el que, para cada componente, se calcula el *peso o valor* que cada término presente en la base de datos documental tiene para ese documento. La propia consulta emitida por el usuario se modela también como un vector y finalmente se calcula la similitud entre las representaciones vectoriales de los documentos y las de la consulta mediante la llamada *distancia coseno* entre dos vectores (que indirectamente consiste en el cálculo del ángulo entre ellos) [1, 3]. Este modelo suple la limitación del modelo booleano desde el momento en que permite un ordenamiento o ranqueo por relevancia basado en el cálculo de distancia. Sin embargo, el inconveniente es que no considera elementos de similitud semántica entre los contenidos de dos documentos, es decir, aquellos documentos que aborden los mismos temas, pero utilicen distintos vocabularios no serán considerados similares entre sí.

b.) El modelo de espacio vectorial generalizado. Este

modelo (designado en inglés como *generalized vector space model*) fue presentado en 1985 por Michael Wong, Wojciech Ziarko y Patrick Wong [25]. En el modelo vectorial clásico se asume que los términos indexados son independientes entre sí, y en consecuencia no considera las posibles relaciones entre ellos al analizar la respuesta a una consulta. El *modelo de espacio vectorial generalizado* introduce elementos que permiten representar la dependencia entre términos mediante funciones de correlación, lo cual constituye el principal aporte del modelo. Sin embargo, a pesar de que el modelo generalizado contiene al modelo vectorial clásico y mantiene sus principales ventajas, en contrapartida resulta más complejo de implementar (salvo que se haga sobre un modelo vectorial clásico ya implementado) e insume mayores costos computacionales cuando se trata de grandes conjuntos de documentos. Por estas razones, en la práctica no se ha observado que el modelo generalizado (introduciendo la representación de dependencias entre términos) supere claramente en rendimiento al modelo clásico [9]. No obstante, se han obtenido resultados interesantes aplicando el uso de tesauros (diccionarios de sinónimos) para incrustar la relación semántica entre pares de términos (en lugar de calcular la correlación entre esos términos) [26].

c.) El modelo de indexación por semántica latente. Este modelo se designa en inglés como *latent semantic indexing model* (abreviado como *LSIM*) y fue propuesto en 1988 por Scott Deerwester, George Furnas (y otros) [27]. En el modelo vectorial clásico o estándar, se busca la coincidencia entre los términos de un documento y los de la consulta realizada. Pero es típico que al recuperar información se ignoren algunos documentos que serían relevantes para una consulta debido a la presencia de términos sinónimos (diferentes palabras con el mismo significado), que hacen que el modelo vectorial clásico no tenga en cuenta las posibles relaciones de significado o semánticas entre términos. El *LSIM*, por su parte, asume que existe algún tipo de estructura semántica subyacente (o "latente") dentro del documento analizado [28]. Conceptualmente hablando, este modelo proyecta los vectores que representan a cada documento y a cada consulta hacia un espacio de dimensión menor, asumiendo que la recuperación de información en este nuevo espacio de menores dimensiones será más precisa [9]. El *LSIM* se basa en la aplicación de una técnica matemática específica llamada *valor singular de descomposición* (en inglés *singular value decomposition* o *SVD*). Es interesante observar que es posible que el nuevo espacio se reduzca a sólo dos o tres dimensiones (por ejemplo, a los efectos de favorecer la visualización de resultados) [28].

2.3. Modelos Probabilísticos

El grupo de los *Modelos Probabilísticos* (o *Probabilistic Models*) propuesto originalmente por Baeza y Ribeiro [9] incluye al menos al *modelo probabilístico clásico*, al *modelo de red de inferencia* y al *modelo de red de creencias*. Particularmente, el *modelo de red de creencias* es una *generalización del modelo de red de inferencia*, y ambos están basados en el concepto de *red bayesiana*, que es una herramienta muy potente usada en el cálculo de probabilidades conjuntas en términos de probabilidades condicionales locales. Las redes bayesianas también se usan para el cálculo de probabilidades previas, lo que es útil para modelar conocimientos previos acerca de la semántica de una aplicación.

a.) El modelo probabilístico clásico. Conocido también como *modelo probabilístico estándar* fue introducido en 1976 por Stephen Robertson y Karen Spärck Jones [29]. La idea esencial detrás de este modelo es intentar estimar la probabilidad de que un usuario recupere el documento d más relevante para una consulta q . En ese sentido, el modelo asume que existe un *subconjunto ideal* R de documentos que el usuario tomaría como válidos frente a su consulta y busca entonces, maximizar la probabilidad general de llegar a algún documento en R [29]. El proceso de búsqueda es iterativo: dada la consulta q , se parte de una primera búsqueda y se tienen en cuenta aquellos documentos obtenidos que el usuario haya considerado relevantes. Con esa información se reajusta el mecanismo y el cálculo de probabilidades y se repite el proceso varias veces, confiando en que con cada iteración se estará más cerca del conjunto ideal R [9].

b.) El modelo de red de inferencia. Se conoce en inglés como *inference network model* y fue introducido en 1990 por Howard Turtle y Bruce Croft [30]. En este modelo, los documentos, consultas y términos indexados son asociados a variables aleatorias, de forma que una variable aleatoria asociada a un documento d representa el evento de observar ese documento y esa observación impone alguna creencia o suposición respecto de las variables aleatorias asociadas con los términos de ese documento [9, 30]. Se modela así una red en la que las variables asociadas con los documentos y los términos se representan como vértices o nodos. Los arcos de la red parten de los nodos que representan documentos y son dirigidos hacia los vértices que representan a sus términos, indicando que la observación del documento mejora los supuestos acerca de los términos contenidos. La variable aleatoria asociada con la consulta del usuario, representa el evento de que la información requerida por esa consulta haya sido efectivamente cumplida, y se modela ella misma como un vértice o nodo de la red [9] [30]. Como las suposiciones acerca de la consulta están hechas en función de los términos que ella incluye,

entonces se hacen aparecer arcos que parten desde esos términos y llegan al vértice que representa a la consulta. Muy esencialmente, el ranking o valor de un documento d para una consulta q es la medida de cuánta evidencia provee la observación de d para q , lo cual se calcula como la probabilidad $P(q|d)$ que puede obtenerse aplicando reglas de Bayes [9].

c.) El modelo de red de creencias: Se conoce en inglés como *belief network model* y fue introducido en 1996 por *Berthier Ribeiro-Neto* y *Richard Muntz* [31]. Este modelo parte desde el modelo de red de inferencias, pero adopta un espacio de muestra con mayor claridad, permitiendo que la estructura de la red sea ligeramente diferente, manteniendo la representación de los documentos en forma separada a la representación de las consultas. Este detalle, básicamente, facilita el modelado de fuentes de evidencia adicional sobre anteriores consultas relevantes. Además, el *modelo de red de creencias* está planteado de tal forma que contiene al de red de inferencias, por lo que puede replicar cualquier estrategia de ranqueo que la red de inferencias aplique [9].

2.4. Modelos de Interactividad

El grupo de los *Modelos de Interactividad* (o *basados en la Interactividad*), abarca modelos orientados al estudio del propio usuario o de las acciones realizadas por el usuario en un proceso de consulta para RI. En términos generales, este grupo abarca a diversos subgrupos como el de los *modelos cognitivos*, los *modelos basados en el comportamiento del usuario* y el *modelo de ranqueo por popularidad*.

a.) Los modelos cognitivos. En forma similar a los supuestos que se realizan en el contexto del modelo de lógica difusa o en los modelos lógicos, quienes trabajan con *modelos cognitivos* (o *cognitive models*) también remarcan que el planteo de modelos que sólo tengan en cuenta la estructura y el contenido del texto de un documento y/o de una consulta no es suficiente ni efectivo, sino que también debe tenerse en cuenta el rol del *propio usuario* y su interacción con el sistema de RI [32]. En otras palabras, se propone que la RI constituye un proceso interactivo y dinámico del cual el usuario es parte ineludible [33]. El auge de esta línea o estrategia en el planteo de modelos se dio en la década de 1990, durante la cual aparecieron algunos considerados los pilares de la disciplina [32], como el *modelo estratificado de Saracevic* (*Saracevic's stratified model*) [34] de 1997; el *modelo episódico de Belkin* (o *Belkin's episodic model*) [35] de 1996; el *modelo de búsqueda y retroalimentación interactiva de Spink* (o *Spink's interactive feedback and search process model*) [36] de 1997 y finalmente el que quizás sea el más general y abarcador (y por ello tal vez

más el conocido): el *modelo global de poli-representación de Ingwersen* (o *Ingwersen's global model of polyrepresentation*) de 1996 [37]. Este último plantea la necesidad de relevar, analizar y registrar en el modelo el *estado cognitivo del usuario*, por lo cual se suele designar también como *modelo cognitivo* [33] (aunque también se designa con este nombre al conjunto de todos los modelos que finalmente llevaron al de Ingwersen. En todo caso, Ingwersen es el representante principal de esta corriente y su más activo defensor). En el grupo de modelos cognitivos, el mecanismo de búsqueda y recuperación de información no se inicia cuando el usuario plantea una consulta (lo cual sólo sería la traducción lingüística de una necesidad), sino incluso antes de que se manifieste la necesidad de información. En el proceso de RI deben considerarse entonces aspectos que influyen en el estado cognitivo del individuo que hace la consulta, su estado anímico, sus creencias, su nivel de motivación y las áreas de interés a partir de las que surge su necesidad de información [38].

b.) Los modelos de comportamiento de usuarios. También designados como *user behavior models*. Los llamados modelos cognitivos (analizados en la sección anterior) postulaban la necesidad de tener en cuenta al propio usuario en el proceso de RI, hasta el punto de intentar registrar el estado cognitivo completo de un usuario, comenzando ese registro incluso antes de que este inicie un proceso de búsqueda. En los *modelos de comportamiento de usuario*, más recientes, el análisis está centrado en metas más técnicas (y quizás más inmediatas) tales como el uso de redes neuronales y/o el cálculo de probabilidades para modelar y prever eventos de interacción simples como el número de clicks que el usuario realice sobre elementos de la interfaz visual o la secuencia en que se realizan esos clicks sobre los resultados obtenidos [39, 40], o el desarrollo de investigaciones que buscan determinar qué factores constituyen el llamado *esfuerzo del usuario* (o *user effort*) en el proceso de RI [41], entre otras. En forma complementaria se plantean también mecanismos basados en transformar el modelo de clicks registrados de un usuario en un esquema de métricas que permitan predecir su comportamiento y mejorar los sistemas de ranqueo de páginas [42].

c.) El modelo de ranqueo por popularidad. Este es el conocido modelo registrado comercialmente como *PageRank* y que sirve de soporte al motor de búsqueda Google. Fue introducido en 1998 por *Sergei Brin* y *Larry Page* y uno de sus principios más sólidos es el de asignar a cada página un valor que representa la medida de su *popularidad* en la Web. Esa medida se calcula a partir de la cantidad de hipervínculos que apuntan a una página desde otras, pero considerando también el valor de

popularidad de esas otras páginas. Desde este punto de vista, se dice que *PageRank* es un modelo *estático*, ya que el ranking u ordenamiento de las páginas depende de la estructura de hipervinculación de la Web, y no de la consulta que se debe responder. La clasificación del modelo *PageRank* presenta cierta complejidad, ya que el mismo en realidad aplica numerosos algoritmos y técnicas (tales como el análisis de enlaces e hipervínculos, el análisis de popularidad ya citado, diversos algoritmos matemáticos basados en grafos y distribución de probabilidades, entre otros) [4] que llevarían a considerarlo como un modelo mixto. Pero el hecho es que una de las principales estrategias que también aplica *PageRank* es la de calcular la probabilidad de que un usuario arribe a una página aleatoria escribiendo su dirección y se mantenga luego navegando a través de los hipervínculos que esa página tiene, o bien calcular la probabilidad de que ese usuario abandone esa navegación y elija pasar a otra página escribiendo nuevamente en forma directa su dirección. La representación de ese comportamiento a través de un cálculo de probabilidades está modelando y teniendo en cuenta de forma explícita el comportamiento del usuario en el proceso, por lo cual los mismos autores del modelo han sugerido que *PageRank* intuitivamente puede ser pensado como un modelo de comportamiento de usuario [4] y por lo tanto podría clasificarse en ese grupo. Pero dada la importancia que ha adquirido este modelo, se prefirió incluirlo en su propia subcategoría.

2.5. Modelos de Inteligencia Artificial

Finalmente, el grupo de *Modelos basados en Inteligencia Artificial* incluye a un amplio conjunto de modelos que aplican técnicas de *inteligencia artificial* (o IA) para el proceso de recuperación de información. La inteligencia artificial es el campo de las ciencias de la computación en el que se intenta emular o reproducir comportamientos inteligentes en forma computacional, y en general se puede afirmar que cualquier sistema computacional que pretenda modelar y trabajar con conocimientos y sabiduría en cualquier disciplina, entra en el campo de la IA [43]. En ese sentido, algunas de las muchas técnicas que se aplican en modelos asociados al contexto de la RI son los *modelos lógicos*, las *bases de conocimientos*, las *redes neuronales*, los *algoritmos evolutivos*, el *procesamiento de lenguaje natural*, la *representación de conocimientos mediante ontologías*, el *aprendizaje automático (machine learning)* y los *agentes inteligentes*.

a.) Modelos Lógicos. El subgrupo de los *modelos lógicos* incluye modelos basados en lógica formal. En general se acepta que este campo se inició en 1986 a partir del trabajo de *Cornelis Joost van Rijsbergen* [44],

quien propuso el *Principio de Incertidumbre Lógica*: desde el punto de vista de los usuarios, una base de datos documental no es completa ni consistente y para lidiar con eso los documentos y las consultas se representan mediante *fórmulas proposicionales*, para luego aplicar diversas técnicas para medir la similitud entre documentos y consultas [16, 45, 44]. Por otra parte, los modelos lógicos permiten incorporar *representación y análisis semántico* con cierto grado de precisión, mediante funciones o fórmulas designadas como *interpretaciones* [45]; o bien a partir de conceptos más generales como el de *intencionalidad*, el cual permite manejar la situación de frases o palabras dependientes del contexto [46], o los de *parcialidad y flujo de información*, mediante los cuales se puede manejar el hecho de que un documento contenga información implícita, desde la cual pueda inferirse la coincidencia con una consulta [46]. En general se ha asumido que los modelos lógicos no son muy difundidos en el campo de la RI debido a que muchos investigadores y desarrolladores carecen de preparación en lógica formal y no llegan a ver la relación entre *lógica y recuperación de información* [46]. Los especialistas en el campo de los modelos lógicos sugieren que los modelos clásicos tienen tendencia a posturas demasiado simplistas, como por ejemplo, asumir que se puede determinar si un documento es relevante (o no) analizando únicamente el conjunto de términos que contiene, convirtiendo de esta forma al proceso de indexado de términos en un mecanismo vago y poco preciso. De allí que, en forma similar a lo que plantean los modelos basados en lógica difusa, los *modelos lógicos* proponen puntos de vista asumidos como más realistas, incorporando elementos formales en diversos niveles del proceso general de consulta y recuperación. Un posible planteo consiste en representar a los documentos y a las propias consultas mediante lógica proposicional y luego usar mecanismos de *revisión de creencias* (o *belief revision*) para actualizar la base de conocimientos y capturar formalmente la noción de similitud entre fórmulas lógicas [45]. Otros planteos y propuestas de implementación y experimentación para profundizar las ideas de van Rijsbergen incluyen el *modelado por lógica y enrejado* (o *logic and lattice*) [47].

b.) Modelos basados en Bases de Conocimientos. Una *base de conocimientos* (o *knowledge base*) es un tipo particular de base de datos usada en gestión del conocimiento para ubicar, recoger, representar y almacenar conocimiento en forma organizada y estructurada, de manera que luego su uso resulte simple. Una base de conocimientos se diseña para ayudar a resolver un problema de un campo específico, recolectando, representando y organizando grandes volúmenes de información propia de ese campo para

luego acceder a ella mediante herramientas adecuadas de RI [48]. Las bases de conocimientos se utilizan en el contexto de la RI para ayudar a estructurar la información de la Web (típicamente no estructurada) o de un dominio específico, mediante mecanismos de extracción de contenidos [48, 49, 50].

c.) Modelos basados en *Redes Neuronales*. Una *red neuronal* (o *neural network*) es un tipo de sistema conexionista del campo de la inteligencia artificial, que se inspira en simular el funcionamiento de la red de neuronas de un cerebro biológico. Una red neuronal utiliza procesadores interconectados que simulan el funcionamiento de las neuronas en un cerebro biológico, de manera que cada procesador (o *neurona artificial*) puede transmitir una señal a otra neurona artificial, en forma similar a como lo hacen las neuronas biológicas. La idea es que una red neuronal puede implementarse para que "aprenda" a realizar alguna tarea, sin necesidad de ayuda o asistencia humana [43]. En el campo de la RI, una actividad que típicamente suele ser llevada a cabo con una red neuronal es la de medir la similitud entre términos de un conjunto de documentos [51] (aunque pueden usarse también técnicas tradicionales basadas en estructuras de datos para búsqueda de vecinos próximos [52]).

d.) Modelos basados en *Algoritmos Evolutivos*. Un *algoritmo evolutivo* está basado en la idea de proponer y mantener diversas soluciones posibles para un problema, luego aplicar algún tipo de variación sobre ellas y finalmente, seleccionar aquellas que se identifiquen como las más aptas para permanecer en la siguiente generación de soluciones. El área de los algoritmos evolutivos abarca diversos tipos de estrategias, de las cuales existen cuatro que se aceptan como las más desarrolladas: los *algoritmos genéticos*, las *estrategias de evolución*, la *programación evolutiva* y la *programación genética* [18]. En el campo de la RI, los algoritmos evolutivos se utilizan regularmente para dar con buenas soluciones en diferentes áreas, como la indexación de documentos [53], el ranqueo de documentos recuperados [54] y la medición de similitud entre consultas y textos u otros objetos [55] (entre otras tareas).

e.) Modelos basados en *Procesamiento de Lenguaje Natural*. El *procesamiento de lenguaje natural* (PLN) (o *Natural Language Processing*) es una rama de la inteligencia artificial que estudia la forma de interpretar el lenguaje humano desde modelos y procesos computacionales. El PLN provee la capacidad de rescatar información y significado desde un contexto o ambiente no estructurado [56] (como es el caso de los documentos de texto de los que está compuesta la Web, o también el caso de mucha información técnica que está disponible

en forma de especificaciones de requerimientos, manuales de usuario o descripciones de escenarios, por citar algunos casos típicos) [57], pero también permite (con distintos niveles de profundidad) el desarrollo de modelos de representación semántica tanto para la interpretación de una consulta como para el análisis del contenido de un documento para su clasificación y posterior ubicación y/o recuperación [18, 7, 58].

f.) Modelos basados en *Ontologías*. Una *ontología* (u *ontology*) es una forma de representación del conocimiento de forma tal que se rescaten las relaciones semánticas entre los distintos términos y conceptos: los conceptos se representan como nodos o vértices de una red o grafo, y las relaciones semánticas entre esos conceptos se representan como líneas o arcos que unen entre sí a dos vértices. La información que se almacena en una ontología es consensuada por expertos en el campo sobre el que se construye la ontología, lo cual hace que la misma sea fiable [43]. En un modelo de RI convencional (no basado en ontologías) la recuperación de información típicamente se hace mediante el análisis de términos clave (que pueden tener asociado algún factor de peso para medir su relevancia), pero estas técnicas normalmente no pueden analizar la relación semántica entre distintos términos que podrían estar en un documento sin haber sido necesariamente pedidos en una consulta. La representación de información mediante ontologías permite incluir ese análisis y rescate de relaciones de significados, tanto a nivel de reconocimiento y mapeo de información en un documento, como a nivel de implementación de funciones de similitud, además de la construcción más realista de índices de consulta [59, 60].

g.) Modelos basados en *Aprendizaje Automático*. Se entiende por *aprendizaje automático* (adaptado del inglés *machine learning*) al campo de la inteligencia artificial cuyo objetivo es el desarrollo de programas que puedan generalizar la solución de un problema a partir de información disponible en casos y ejemplos típicos. En términos intuitivos, se busca que una computadora "aprenda" a resolver un problema, y desde este punto de vista podríamos incluirse en esta área las *redes neuronales* o los *algoritmos evolutivos* ya citados, aunque el campo abarca gran cantidad de otras técnicas como el *aprendizaje estadístico* (o *statistical learning*), los *árboles de decisión* (o *decision trees*) y el *aprendizaje no supervisado* (o *unsupervised learning*) entre otras [61]. Algunos ejemplos de aplicación de las técnicas de aprendizaje automático en el campo de la RI se dan en el análisis y recuperación de relaciones semánticas entre documentos [62], así en la recuperación de información incluyendo no sólo el texto sino también las imágenes presentes en los documentos analizados [63].

h.) Modelos basados en Agentes Inteligentes. En el área de la inteligencia artificial, un *agente inteligente* (o *intelligent agent*) es un programa que organiza información y/o realiza algún otro servicio, pero sin necesidad de presencia ni de control humano. En el campo de la RI, es común asignar a agentes inteligentes tareas tales como buscar en la Web (o en parte de ella) cierta información específica, reunir información en la que un usuario pudiese estar interesado, y presentársela de acuerdo con ciertas pautas o en determinados períodos [64, 65].

3. Conclusiones

Si bien los distintos modelos que aquí se han presentado se clasificaron en diversos grupos de acuerdo al modelo matemático aplicado o a las estrategias y técnicas empleadas en general para representar la participación del usuario, la estructura de navegación de los documentos u otros elementos formales, el hecho es que un punto que siempre subyace en el estudio de modelos para RI es el del *análisis semántico* (el impacto del significado del texto y su relevancia frente a una consulta; y por ello la relación que pudiesen tener los distintos términos entre sí). En este sentido, el nivel de formalismo con el cual se procede al análisis semántico podría considerarse como un criterio alternativo para clasificación de modelos.

En algunos modelos no se plantea análisis semántico alguno (por caso, en los modelos booleano estándar y vectorial estándar). En otros puede decirse que el análisis semántico se plantea en forma implícita al intervenir directamente el usuario en el proceso y registrar o aprovechar de alguna forma su participación (como en los modelos de interactividad y en alguna medida en el modelo probabilístico estándar), aunque el propio modelo no incorpore ese análisis en forma explícita. Por otra parte, el tema del análisis semántico se plantea explícitamente (con distintos niveles de profundidad, formalismo y detalle) en prácticamente todos los demás, lo que muestra que el campo de la RI claramente ha avanzado en esa dirección.

El campo de la RI es amplio y está en constante evolución. Existen muchas propuestas de clasificaciones de modelos y técnicas usadas en el diseño de motores de búsqueda, ofrecidas a través de los años. Del mismo modo, existe también una gran cantidad de publicaciones, presentaciones en congresos, informes, desarrollos técnicos, trabajos finales de carreras, tesis de maestría y tesis de doctorado referidos a temas de la RI, por lo que en la práctica resulta imposible el relevamiento completo de todas las propuestas y variantes que en esos trabajos se han planteado. Sin embargo, el planteo de una clasificación de modelos o la revisión y ajuste de alguna preexistente contribuye a organizar el estudio de la

disciplina y/o la inmersión en ella o en alguna de sus áreas, así como a considerar la comparación de ventajas y desventajas de técnicas diferentes y eventualmente descubrir alternativas que ayuden al replanteo de un modelo o a la combinación de técnicas que lleven a estrategias mixtas.

Numerosos modelos de los que aquí fueron brevemente enumerados podrían clasificarse en uno u otro grupo (sobre todo si se trata de técnicas mixtas), o incluso en más de un grupo a la vez, pero por obvias razones de simplicidad se siguió el camino de mantener a un modelo o conjunto de modelos dentro de un único grupo, sin pretender con ello subestimar la validez o la importancia de las técnicas que llevarían a que un modelo se lleve a otro grupo diferente.

4. Trabajos Futuros

En el proceso final de decisión entre los documentos obtenidos por un motor de búsqueda frente a una consulta se podrían plantear mecanismos de apoyo que ayuden al usuario a hacer una selección más certera con más información. Algunos sistemas del mundo del *Big Data* (tales como *Qlik Sense* [66] y *Tableau* [67]) permiten manejar grandes volúmenes de información de distintas fuentes simplificando la interpretación del subconjunto en el cual se enfoque un usuario, presentándolo en forma de tablas, gráficos estadísticos, grafos, y modelos visuales diversos. Otros sistemas (como *Gephi* [68]) directamente toman los documentos de la base documental y los presentan visualmente como nodos de un grafo en el cual los arcos representan algún tipo de relación de contenidos entre dos documentos, y a partir de ese grafo se pueden extraer subconjuntos de documentos con algún tipo de relación de proximidad.

Lo expresado en el párrafo anterior sugiere que existe un campo de investigación y desarrollo amplio y prometedor, que gira alrededor de la necesidad de brindar mecanismos de apoyo al usuario final, los cuales le permitan explorar con precisión y profundidad un conjunto de documentos (posiblemente ya recuperados por un proceso de búsqueda previa [69]) y seleccionar los más relevantes respecto de la lista pre-procesada [70, 69]. De este modo, esos mecanismos podrían estar basados en el uso de herramientas que rescaten las relaciones (posiblemente semánticas) de esos documentos [6, 71], y que presenten los documentos mediante la interfaz visual al usuario con perspectivas y órdenes múltiples.

Existen formas gráficas de visualización potencialmente muy diversas [72], pero en todos los casos debiera ser posible permitir la interacción directa con el usuario en distintos niveles (en forma similar a *Gephi*), ya sea facilitando la selección visual de un documento (o de varios documentos similares o relacionados), ampliando y/o rotando una vista,

incorporando o eliminando en forma visual un nuevo documento al conjunto representado, entre otras variantes que podrían surgir del diseño de cada posible proyecto de investigación o desarrollo.

Las bases de datos documentales de tipo empresarial, académico, legal y/o científico (como por ejemplo, la *Digital Library de la ACM* o la librería de artículos de la *IEEE*) son especialmente permeables para este tipo de aplicaciones. Es decir, cuando un usuario necesita recuperar documentos o fuentes relevantes para cierto tema o asunto específico (por caso, documentos de apoyo para un tema de tesis doctoral o de maestría, o documentos legales que impliquen modificatorias o derogatorias a leyes o normas previas) el trabajo de búsqueda se basa en un motor que recupera los documentos más relevantes, pero luego la tarea de seleccionar los mejores de la lista recuperada se hace típicamente sin herramientas de apoyo.

En el caso de las búsquedas de tipo científico, existen plataformas específicamente diseñadas para el trabajo de investigadores y/o grupos de investigación (como *ResearchGate* [73]) las cuales le permiten a un investigador hacer una inmersión rápida en proyectos similares al que se esté desarrollando, y a partir de allí obtener listas de trabajos referenciados o citados en esos proyectos similares. Si bien ello representa una alternativa útil, la selección final continúa dependiendo de la exploración lineal del usuario interesado. Por lo tanto, resulta interesante el desafío de plantear proyectos de investigación tendientes a diseñar y desarrollar herramientas de medición de similitud documental, contemplando el análisis semántico [70] y permitiendo la visualización del esquema de relaciones entre los documentos analizados, para facilitarle al usuario final la selección desde una gran base documental (por ejemplo, de carácter científico). El modelo de interfaz gráfica (muy posiblemente basado en el patrón MVC (Model – View – Controller) [74]) podría representar a los documentos recuperados como objetos visualmente manejables, destacando también en forma visual las relaciones de similitud entre ellos.

5. Referencias

- [1] Navarro, G., "Spaces, Trees, and Colors: The Algorithmic Landscape of Document Retrieval on Sequences," *ACM Computing Surveys*, Vol. 46, No. 4, Article 52, Publication date: March 2014., vol. 46, no. 4, Marzo 2014.
- [2] Tenopir, C., "Online Systems for Information Access and Retrieval," *Librery Trends*, vol. 56, no. 4, pp. 816-829, 2008.
- [3] Salton, G., Wong, A. and Yang, C. S., "A Vector Space Model for Automatic Indexing," *Communications of the ACM*, vol. 18, no. 11, p. 613–620, 1975.
- [4] Brin, S. and Page, L., "The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine," 1998. [Online]. Available: <http://infolab.stanford.edu/~backrub/google.html>.
- [5] Buttcher, S., Clarke, C. and Cormack, G., *Information Retrieval - Implementing and Evaluating Search Engines*, Cambridge: MIT Press, 2010.
- [6] Bollegala, D., Matsuo, Y. and Ishizuka, M., "A Web Search Engine-Based Approach to Measure Semantic Similarity between Words," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 23, no. 7, pp. 977-990, 2011.
- [7] Vallejo Figueroa, S. and Nava Lozano, V., "Organización de documentos mediante grafos de relaciones," *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 19, núm. 57., vol. 19, no. 57, pp. 1-21, 2016.
- [8] Sahami, M. and Heilman, T., "A Web-based Kernel Function for Measuring the Similarity of Short Text Snippets," in *International World Wide Web Conference Committee (IW3C2)*, Edinburgo, 2006.
- [9] Baeza-Yates, R. and Ribeiro-Neto, B., *Modern Information Retrieval*, Harlow: Addison Wesley Longman Limited, 1999, pp. 389-390.
- [10] Plasencia-Salgueiro, A. and Ballagas-Flores, B. d. I. M., "Análisis comparativo de herramientas de recuperación y análisis de información de acceso libre desde una concepción docente," in *XIII Congreso Internacional de Información - INFO' 2014.*, La Habana (Cuba), 2014.
- [11] Richardson, M., Prakash, A. and Brill, E., "Beyond PageRank: Machine Learning for Static Ranking," in *WWW '06 - Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web*, Edimburgo (Escocia), 2006.
- [12] Dăneț, T. and Dinu, L., "Meta-search: aggregating search engine results using rank-distance," in *SISAP '11 - Proceedings of the Fourth International Conference on Similarity Search and Applications*, Lipari (Italia), 2011.
- [13] Álvarez Carmona, M., "Detección de Similitud Semántica en Textos Cortos," Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Tonantzintla (Puebla), 2014.
- [14] Wu, W., "Proactive Natural Language Search Engine: Tapping into Structured Data on the Web," in *EDBT '13 - Proceedings of the 16th International Conference on Extending Database Technology*, Génova (Italia), 2013.
- [15] Dominich, S., "A unified mathematical definition of classical information retrieval," *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 51, no. 7, pp. 614-624, 2000.
- [16] Martínez Méndez, F., *Recuperación de información: modelos, sistemas y evaluación*, Murcia: El Kiosco JMC, 2004.
- [17] Kadwe, S. and Ardhapurkar, S., "Implementation of PDF crawler using boolean inverted index and n-gram model," in *2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, Chennai (India), 2017.

- [18] Luque Rodríguez, M., "Modelos de Recuperación de la Información basados en Información Lingüística Difusa y Algoritmos Evolutivos. Mejorando la Representación de las Necesidades de Información," Editorial de la Universidad de Granada, Granada, 2005.
- [19] Thakur, N., Singh, P., Dhawan, S. and Agarwal, S., "Implementation of an efficient Fuzzy Logic based Information Retrieval System," *EAI Endorsed Trans. Scalable Information Systems*, vol. 2, p. e5, 2015.
- [20] Nowacka, K., Zadrożny, S. and Kacprzyk, J., "A New Fuzzy Logic Based Information Retrieval Model," in *12th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU'08)*, Málaga, 2008.
- [21] Gupta, Y., Saini, A. and Saxena, A. K., "A comparative analysis of fuzzy based ranking functions for information retrieval," in *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, 2016.
- [22] Berzal, F., Martín-Bautista, M., Vila, M. A. and Blanco, I., "La lógica difusa en el proceso de recuperación de información," in *XI Congreso Español Sobre Tecnologías y Lógica Difusa - ESTYLF 2002*, León, 2002.
- [23] Salton, G., Fox, E. and Wu, H., "Extended Boolean Information Retrieval," *Communications of the ACM*, vol. 26, no. 11, pp. 1022-1036, 1983.
- [24] Pohl, S., Moffat, A. and Zobel, J., "Efficient Extended Boolean Retrieval," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 24, no. 6, pp. 1014-1024, 2012.
- [25] Wong, M., Ziarko, W. and Wong, P., "Generalized Vector Space Model in Information Retrieval," in *Proceedings of the 8th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval (SIGIR '85)*, Montreal, 1985.
- [26] Tsatsaronis, G. and Panagiotopoulou, V., "A Generalized Vector Space Model for Text Retrieval," in *Proceedings of the 12th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Student Research Workshop (EACL '09)*, Atenas, 2009.
- [27] Furnas, G., Deerwester, S., Durnais, S., Landauer, T., Harshman, R., Streeter, L. and Lochbaum, K., "Information Retrieval using a Singular Value Decomposition Model of Latent Semantic Structure," in *Eleventh Annual International ACM/SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, Grenoble, 1988.
- [28] Rosario, B., "Latent Semantic Indexing: An overview," University of California, Berkeley, 2000.
- [29] Robertson, S. and Spärck Jones, K., "Relevance Weighting of Search Terms," *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 27, no. 3, pp. 129-146, 1976.
- [30] Turtle, H. and Croft, B., "Inference Networks for Document Retrieval," *Proceedings of the Thirteenth Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 1-24, 1990.
- [31] Ribeiro-Neto, B. and Muntz, R., "A belief network model for IR," *Proceedings of the 19th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 253-260, 1996.
- [32] Robins, D., "Interactive Information Retrieval: Context and Basic Notions," *Informing Science - Special Issue on Information Science Research*, vol. 3, no. 3, pp. 57-61, 2000.
- [33] Vargas-Quesada, B., de Moya Anegón, F. and Olvera Lobo, M. D., "Enfoques en torno al modelo cognitivo para la recuperación de información: análisis crítico," *Ciência da Informação*, vol. 31, no. 2, pp. 107-119, 2002.
- [34] Saracevic, T., "The stratified model of information retrieval interaction: Extension and application.," *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the American Society for Information Science*, vol. 34, pp. 313-327, 1997.
- [35] Belkin, N., "Intelligent information retrieval: Whose intelligence?," in *Proceedings of the Fifth International Symposium for Information Science (ISI '96)*, Konstanz, 1996.
- [36] Spink, A., "Study of interactive feedback during mediated information retrieval," *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 48, no. 5, pp. 382-394, 1997.
- [37] Ingwersen, P., "Cognitive perspectives of information retrieval.," *Journal of Documentation*, vol. 52, no. 1, pp. 3-50, 1996.
- [38] Ellis, D., "The Physical and Cognitive Paradigms in Information Retrieval Research," *Journal of Documentation*, vol. 48, no. 1, pp. 45-64, 1992.
- [39] Borisov, A., Wardenaar, M., Markov, I. and de Rijke, M., "A Click Sequence Model for Web Search," in *The 41st International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval (SIGIR '18)*, Ann Arbor, 2018.
- [40] Agichtein, E., Brill, E. and Dumais, S., "Improving Web Search Ranking by Incorporating User Behavior Information," in *Proceedings of the 29th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR '06)*, Seattle, 2006.
- [41] Verma, M., "Going Beyond Relevance: Incorporating Effort in Information Retrieval," in *Proceedings of the 39th International ACM SIGIR conference on Research and Development in Information Retrieval*, Pisa, 2016.
- [42] Chuklin, A., Serdyukov, P. and de Rijke, M., "Click Model-Based Information Retrieval Metrics," in *SIGIR 13 - International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval*, Dublin, 2013.
- [43] Dorado de la Calle, J., "Técnicas inteligentes de recuperación y análisis de la información," in *Jornadas de Nuevas Tecnologías en Bibliotecas y Archivos*, Narón, 2011.
- [44] van Rijsbergen, C. J., "A non-classical logic for information retrieval," *The Computer Journal*, vol. 29, no. 6, pp. 481-485, 1986.
- [45] Losada, D. and Barreiro, Á., "A Logical Model for Information Retrieval based on Propositional Logic and

- Belief Revision," *The Computer Journal*, vol. 44, no. 5, pp. 411-424, 2001.
- [46] Lalmas, M., "Logical Models in Information Retrieval: Introduction and Overview," *Information Processing & Management*, vol. 34, no. 1, pp. 19-33, 1997.
- [47] Abdulahhad, K., "Information Retrieval (IR) Modeling by Logic and Lattice. Application to Conceptual IR," Université de Grenoble, Grenoble, 2014.
- [48] Chen, G. and Zhang, P., "The content extraction method of webpage information based on knowledge base," in *Fifth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*, Harbin, 2012.
- [49] Guo, W. and Fan, X., "A Knowledge-base for Web Information Integration and Retrieval," in *WRI Global Congress on Intelligent Systems*, Xiamen, 2009.
- [50] Chandurkar, A. and Bansal, A., "Information Retrieval from a Structured KnowledgeBase," in *2017 IEEE 11th International Conference on Semantic Computing (ICSC)*, San Diego, 2017.
- [51] Zhang, R., Ding, G., Zhang, F. and Meng, J., "The Information Retrieval Technology of Dynamic Feedback Artificial Intelligence Based on the Neural Network," in *International Conference on Smart City and Systems Engineering*, Hunan, 2016.
- [52] Frittelli, V., Steffolani, F., Teicher, R., Picco, J. and Vázquez, J. C., "Búsqueda por similaridad aplicada en la recuperación de factores que inciden en el cálculo del índice de riesgo para la salud de la vivienda urbana," in *Monitoreo de la salud ambiental: análisis y perspectivas desde salud colectiva, vulnerabilidad social y sistemas computacionales asociados*, Resistencia, Instituto de Investigaciones Geohistóricas de la Provincia del Chaco., 2012, pp. 114-126.
- [53] Drias, H., Khennak, I. and Boukhedra, A., "A Hybrid Genetic Algorithm for Large Scale Information Retrieval," in *IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, Shanghai, 2009.
- [54] Sameer, V. U., and Balabantaray, R. C., "Improving ranking of webpages using user behaviour, a Genetic algorithm approach," in *First International Conference on Networks & Soft Computing*, Guntur, 2014.
- [55] Thakare, A. and Dhote, C., "New Unification Matching Scheme for efficient information retrieval using Genetic Algorithm," in *International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*, Nueva Delhi, 2014.
- [56] Bravo, M., Montes, A. and Reyes, A., "Natural Language Processing Techniques for the Extraction of Semantic Information in Web Services," in *Seventh Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, Atizapan de Zaragoza, 2008.
- [57] Haiduc, S., Arnaudova, V., Marcus, A. and G. Antoniol, "The Use of Text Retrieval and Natural Language Processing in Software Engineering," in *IEEE/ACM 38th International Conference on Software Engineering Companion (ICSE-C)*, Austin, 2016.
- [58] Calvillo Moreno, E., Mendoza Gonzalez, R., Muñoz Arteaga, J., Martínez Romo, J., Vargas Martín, M. and Rodríguez Martínez, L., "Automatic algorithm to classify and locate research papers using natural language," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 3, pp. 1367 - 1371, 2016.
- [59] Deshmukh, D., Lohiya, P. and Pundkar, S., "Information Retrieval System Based On Ontology," in *2016 International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPEs)*, Paralakhemundi, 2016.
- [60] Ramli, F., Noah, S. A. and Kurniawan, T. B., "Ontology-Based Information Retrieval for Historical Documents," in *Third International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management (2016)*, Bandar Hilir (Malasia), 2016.
- [61] Nilsson, N., *Introduction to Machine Learning*, Stanford: Stanford University, 1998.
- [62] Weixin, T. and Fuxi, Z., "Learning to Rank Using Semantic Features in Document Retrieval," in *WRI Global Congress on Intelligent Systems*, Xiamen, 2009.
- [63] Jadhav, P., Chatur, P. and Wagh, K., "Integrating Performance of Web Search Engine with Machine Learning Approach," in *2nd International Conference on Advances in Electrical, Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics (AEEICB16)*, Chennai, 2016.
- [64] Curran, K., Murphy, C. and Annesley, S., "Web Intelligence in Information Retrieval," in *IEEE / WIC International Conference on Web Intelligence (WI 2003)*, Halifax, 2003.
- [65] Dhanasekaran, S. and Vasudevan, C., "Multiple intelligent agent coordination strategy for categorizing and searching appropriate cloud services," in *2017 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*, Srivilliputhur (India), 2017.
- [66] QlikTech International, "Qlik Sense®. Analytics without blind spots," 2018. [Online]. Available: <http://www.qlik.com/us/products/qlik-sense>.
- [67] Tableau Software, "Análisis e Inteligencia de Negocios - Tableau Software," 2018. [Online]. Available: <https://www.tableau.com/es-es>.
- [68] Gephi Consortium, "Gephi: The Open Graph Viz Platform," 2018. [Online]. Available: <https://gephi.org/>.
- [69] Dumais, S., Cutrell, E., Cadiz, J. J., Jancke, G. and Sarin, R., "Stuff I've Seen: A System for Personal Information Retrieval and Re-Use," in *SIGIR Forum*, New York, 2015.
- [70] Palangi, H., Deng, L., Shen, Y., Gao, J., He, X., Chen, J., Song, X. and Ward, R., "Deep Sentence Embedding Using Long Short-term Memory Networks: Analysis and Application to Information Retrieval," *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing (TASLP)*, vol. 24, no. 4, pp. 694-707, 2016.
- [71] Dong, G., "Cross Domain Similarity Mining: Research Issues and Potential Applications Including Supporting Research by Analogy," *SIGKDD Explorations*, vol. 14, no. 1, pp. 43-47, 2012.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [72] Torres Guerrero, F. and Garza, S., "Visualización de Redes Semánticas Naturales a través de Acomodo de Grafos Dirigido por Fuerzas," *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 9, no. 3, pp. 68-75, 2014.
- [73] ResearchGate GmbH, "Home Feed - Research Gate," 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/>.
- [74] Kalelkar, M., Churi, P. and Kalelkar, D., "Implementation of Model-View-Controller Architecture Pattern for Business Intelligence Architecture," *International Journal of Computer Applications*, vol. 102, no. 12, pp. 16-21, 2014.

Determinación de perfiles de clientes de un Centro Unificado de Frontera utilizando la combinación de técnicas de Minería de Datos

Roque J. Ortega, Karina B. Eckert
Departamento de Ingeniería y Ciencias de la Producción
Universidad Gastón Dachary
Avda. López y Planes 6519, Posadas Misiones Argentina
roqueortega@hotmail.com, karinaeck@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar cuáles son los perfiles de los clientes propensos a disminuir o aumentar la cantidad de cruces, en el Centro Unificado de Frontera (CUF) de Santo Tomé Corrientes, a través de patrones de comportamiento obtenidos mediante la combinación de técnicas de Minería de Datos (MD). Como metodología para guiar el proceso se utiliza CRISP-DM, como herramienta de MD WEKA y se trabaja sobre un dataset que engloba 5 años de facturación del CUF (periodo 2012-2016). En primera instancia se aplica un algoritmo de segmentación para obtener grupos de clientes con valores similares de RFM, trabajando sobre el comportamiento comercial de los clientes. Por otra parte se realiza una comparativa entre los algoritmos K-means y EM, seleccionando este último. Se identifican 7 grupos de clientes, para cada uno de ellos se analiza los valores de los atributos y se asigna un tipo de cliente a cada grupo, esto se confecciona junto con personal administrativo del concesionario; adicionalmente se realiza una descripción del perfil característico de cada grupo. Seguidamente se utiliza un algoritmo de clasificación sobre la salida del agrupamiento, para esto, se cotejan varios algoritmos y se opta por J48; utilizando para ello los atributos restantes del dataset. Como resultado, se obtiene un árbol de decisión del cual se extraen las reglas más representativas para cada grupo. Dichas reglas permiten identificar a partir de los valores de determinados atributos a que perfil pertenece cada cliente y así tomar las medidas necesarias para cada tipo.

1. Introducción

Un Centro Unificado de Frontera es un paso fronterizo entre dos países, en este caso entre Argentina y Brasil. El que existe en Santo Tomé Corrientes, fue creado para localizar a la totalidad de los organismos públicos argentinos y brasileños, en un mismo predio, lo que les

permite estar físicamente integrados, logrando así una mayor eficiencia en sus funciones.

En dicho CUF pasan aproximadamente 110.000 camiones anuales. El concesionario del CUF, posee un sistema informático donde registra todos los movimientos desde que ingresa un camión hasta que es liberado por las aduanas y la facturación correspondiente. Se emiten un promedio de 3500 facturas mensuales de los (aproximadamente) 13.000 clientes registrados. Toda la información se registra en una base de datos relacional, con más de 300 tablas.

Los clientes del CUF son empresas de transporte internacional, importadores y exportadores, entre ellos existe una gran diversidad de características, en cuanto a: monto de facturación, cantidad de cruces, mercadería que transportan, nacionalidad, servicios que se le factura, etc.

La Toma de Decisiones (TD) estratégicas dentro de una organización, no es tarea sencilla, ya que, requiere el análisis detallado de una importante cantidad de información. De manera general, los encargados de la TD son los directivos, los cuales dependen de sus conocimientos y experiencias, junto a la coexistencia de varios factores que pueden, en muchos casos, entorpecer el diseño de una estrategia correcta [1].

El CUF existente en Santo Tomé Corrientes (el primero del Mercosur) es una institución muy importante en la región, ya que concentra gran parte de intercambio comercial entre Argentina y Brasil. Para el actual concesionario, Mercovia S.A, la determinación de perfiles de clientes es un factor determinante a la hora de tomar decisiones estratégicas en relación a los mismos.

Previamente a la presente investigación se utilizaba una agrupación de clientes de acuerdo al monto de facturación, sin embargo, este agrupamiento es muy limitado, dado que utiliza una sola variable. Para superar dicha limitación, se procura alcanzar la determinación de perfiles, siendo este un concepto de marketing donde se segmenta a los clientes en base a características comunes. Sobre todo, interesa identificar los perfiles de los clientes claves, es decir, los que tienen posibilidad de aumento o riesgo de abandono; de esta manera se les podría dar un tratamiento preferencial, como así también definir

determinadas estrategias de marketing adaptadas a las características particulares de cada perfil. También posibilitaría adecuar mejor la oferta de servicios e identificar sectores donde buscar potenciales clientes. Lo que beneficiaría aumentando la facturación y mejorando los servicios que se brindan.

La estadística convencional considera fundamentalmente las variables y sus relaciones primarias, sin embargo, muchas veces no se refleja la verdadera interrelación de las variables y por lo tanto, el problema real [1]. Además, cuando se diseñó la base de datos se pensó en aspectos como la capacidad y eficiencia de almacenamiento y no en su posterior análisis, también ocurre que algunos registros almacenados son demasiado grandes o complejos como para analizar y superan el alcance de la estadística.

El contexto del CUF requiere un tratamiento más complejo debido a que para obtener los perfiles deseados se deben analizar múltiples variables y las relaciones entre las mismas no son tan evidentes en muchos casos. Lo anterior sumado al volumen y complejidad de la información justifican el uso de herramientas y técnicas más potentes que la estadística.

El empleo de técnicas y herramientas de MD para el análisis de la información, permite a las organizaciones y empresas, comprender y modelar de una manera más eficiente y precisa, el contexto donde deben actuar [1]. Detectar comportamientos comunes, patrones recurrentes, segmentar muestras y otras funcionalidades relacionadas con el análisis de datos, permiten detectar algunas características por las cuales ciertos grupos de clientes aumentan o disminuyen la cantidad de movimientos dentro del CUF, incorporando conocimiento valioso para realizar ajustes en las estrategias de retención e incentivo para los clientes actuales, como los potenciales.

Analizar y comprender un mayor número y tipos de variables, permite una adecuada caracterización de los perfiles de los clientes actuales, que deriva en futuras predicciones según comportamientos similares. Para ello se utiliza la metodología CRISP-DM, debido a su popularidad en proyectos de MD en todo el mundo y que posee una serie de fases que facilita la comprensión y aplicación del proceso de KDD o MD, las fases son las siguientes: Comprensión del negocio, Comprensión de los datos, Preparación de los datos, Modelado, Evaluación y Desarrollo [2].

Para llevar a cabo el análisis de los datos se considera que la herramienta de MD WEKA [3] es la adecuada, debido a que posee una extensa colección de algoritmos, es de distribución libre y gratuita, posee una interfaz gráfica fácil de usar y cuenta con una extensa documentación en varios idiomas.

En relación a los trabajos vinculados se pueden citar [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], que

realizan segmentación de clientes utilizando MD y/o análisis RFM. Un aspecto a resaltar es que el presente trabajo se aplica una combinación de las técnicas de agrupamiento y clasificación, las cuales fueron seleccionadas según su desempeño para el caso de estudio; tomando como punto de partida el análisis RFM. También se puede mencionar como una diferencia el ámbito de aplicación, los trabajos relacionados se aplican sobre productos y el presente trabajo se efectúa en un CUF, donde no se venden productos a los clientes, sino que se prestan servicios a los mismos.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se mencionan aspectos generales respecto a la segmentación de clientes y análisis RFM; en la sección 3 se describen conceptos generales de MD, técnicas, algoritmos y metodología; en la sección 4 se explica el desarrollo del trabajo y se realiza una evaluación los resultados obtenidos y finalmente, en la sección 5, se mencionan las conclusiones obtenidas y líneas futuras de investigación.

2. Segmentación de clientes

En la actualidad las empresas enfrentan cada vez mayor competencia, una de las estrategias de marketing para lograr un mejor desempeño es cultivar una relación sólida con sus clientes [1]. Las compañías necesitan desarrollar actividades de marketing innovadoras para capturar las necesidades de los clientes y mejorar la satisfacción y retención de los mismos [4].

La segmentación de clientes se ocupa de reducir la complejidad de los datos de los compradores, que pueden ser miles de casos, con muchas variables a una sola imagen donde: Los clientes se aglomeran en número pequeño de segmentos o grupos [1].

2.1. Análisis RFM

Los factores críticos para decidir el éxito o el fracaso de una empresa son evaluar el valor de vida del cliente, CLV por sus siglas en inglés: *Customer Lifetime Value*; y retener a los clientes más valiosos. CLV es el valor neto del beneficio futuro que puede crearse con una duración particular [4], [5].

RFM es la sigla en inglés de: *Recency, Frequency, Monetary*, es uno de los métodos de segmentación de clientes más sencillos de implantar, y al mismo tiempo uno de los que mejores resultados aportan a corto plazo. Se basa en el célebre principio de Pareto, según la cual el 20% de los clientes de una empresa generan el 80% de los ingresos [6].

A manera de ejemplo, en la Figura 1 se puede observar la escala de valores para el análisis RFM.

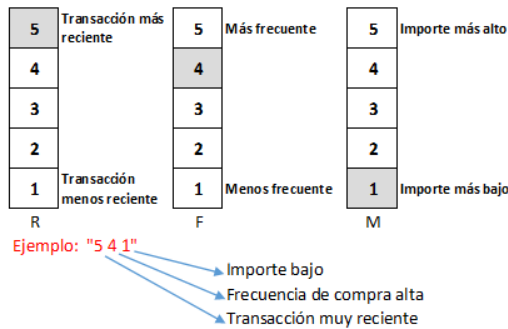


Figura 1: Ejemplo de escala de valores RFM

La segmentación se realiza utilizando tres variables cuantitativas relacionadas con el comportamiento comercial del cliente, las variables son las que componen las siglas que dan nombre a la técnica [4], [6]:

R- Recency - Recencia de compra: Son los días que transcurrieron desde la última compra realizada por el cliente; un valor más bajo corresponde a una mayor probabilidad de que el cliente realice una compra repetida.

F- Frequency - Frecuencia de compra: Numero de compras realizadas por el cliente en un determinado periodo; mayor frecuencia indica mayor lealtad.

M- Monetary - Monto de compra: Valor de las compras realizadas por el cliente en un determinado periodo; un valor más alto indica que se debe concentrar más en ese cliente.

Agrupamiento usando RFM

En los últimos años, varios investigadores han considerado las variables RFM en el desarrollo de modelos de agrupamiento. Por ejemplo, Hosseini y otros [7] ha combinado el modelo RFM ponderado con el algoritmo K-medias para mejorar la relación de las empresas con sus clientes para las empresas. Wu y otros [7] aplicó el modelo RFM y el método de K-medias en el análisis del valor de la base de datos de clientes de un armador en Taiwán para establecer una fuerte relación y, finalmente, consolidar la lealtad del cliente para clientes de alto rentables a largo plazo [7].

3. Minería de datos

El descubrimiento de conocimientos en bases de datos, del inglés: *Knowledge Discovery in Databases*, KDD; se define como: "El proceso no trivial de identificar patrones válidos, nuevos, potencialmente útiles y en última instancia comprensible en los datos" [14]. Los datos son un conjunto de hechos, por ejemplo:

casos en una base de datos, y el patrón es una expresión en un lenguaje que describe un subconjunto de los datos o un modelo aplicable al subconjunto. El termino proceso implica que comprende muchos pasos. Por no trivial, se refiere a que la identificación no es un cálculo sencillo, como sería el cálculo del promedio de un conjunto de números. Los patrones detectados, deberían ser válidos en nuevos datos con algún grado de certeza y deben ser potencialmente útil, es decir, dar lugar a algún beneficio al usuario. Por último, los patrones deberían ser comprensibles, después de algún procesamiento posterior. El término KDD y MD suelen ser considerados como sinónimos, aunque éste último es considerado como parte del proceso de KDD [14].

Dentro de la MD existen dos tipos de aprendizajes: el no supervisado y el supervisado, que a su vez se dividen en diferentes técnicas; para esta investigación se utilizaron agrupamiento y clasificación, los cuales son descriptos a continuación [15], [16].

3.1. Agrupamiento

El Agrupamiento o *Clustering* es una técnica de aprendizaje no supervisado, que consiste en agrupar un conjunto de datos basándose en la similitud de los valores de sus atributos. El agrupamiento identifica regiones densamente pobladas, denominadas clúster, de acuerdo a alguna medida de distancia establecida [17].

El objetivo del agrupamiento es encontrar grupos de instancias tales que, las instancias en un clúster sean similares entre sí, y diferentes de las instancias en otros clústeres. De esta manera se busca minimizar las distancias en cada clúster y maximizar la distancia entre distintos clústeres, ver Figura 2 [18], [19], [20], [21].

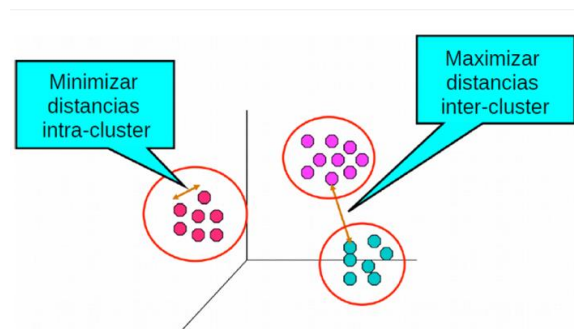


Figura 2. Distancias *intra* e *inter* clústeres [18]

Algoritmo K-meas

Es un método del tipo particionado y de recolocación [22]. Es un método iterativo que busca formar k clústeres, el valor de k se debe especificar antes del inicio del proceso, es decir cuántos grupos se está buscando.

El algoritmo posee las siguientes características [18]:

- Algoritmo de agrupamiento por particiones.
- Número de clústeres conocido (k).
- Cada clúster tiene asociado un centroide, centro geométrico del clúster.
 - Los puntos se asignan al clúster cuyo centroide esté más cerca, utilizando cualquier métrica de distancia.
 - Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clústeres, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Algoritmo EM

EM es un método de agrupamiento probabilístico, que busca obtener una Función de Densidad de Probabilidad, FDP, desconocida a la cual pertenece el conjunto completo de datos. La sigla EM en inglés que significa: *Expectation Maximization*, es decir, Expectativa y Maximización, este algoritmo fue expuesto por Dempster, Laird, y Rubin en 1977, se trata de una técnica iterativa que permite realizar una estimación de la máxima verosimilitud de parámetros en modelos probabilísticos que dependen de variables no observables u ocultos [22], [23].

El algoritmo EM puede aplicarse en situaciones en las que se desea estimar un conjunto de parámetros que describen una distribución de probabilidad subyacente, dada únicamente una parte observada de los datos completos producidos por la distribución [21], [22], [23].

3.2. Clasificación

La Clasificación es una técnica de aprendizaje supervisado, que permite asignar un caso de clase desconocida a una clase concreta; dicho de otro modo, pretende construir un modelo que permita predecir la categoría de las instancias en función de una serie de atributos de entrada, el clasificador aprende un modelo de clasificación de los datos [21].

Ejemplos de clasificación como parte de descubrimiento de conocimiento podrían ser: la clasificación de las tendencias en los mercados financieros, la identificación automatizada de objetos de interés en las bases de datos de imágenes de gran tamaño, un banco podría utilizar clasificación para decidir automáticamente si a los futuros solicitantes de préstamos se le concederá el préstamo o no [15].

Existen diversos algoritmos de clasificación, como ser árboles de decisión, redes neuronales, conjunto de reglas, algoritmos genéticos, entre otros.

Arboles de decisión

Los árboles de decisión pertenecen a los métodos inductivos del Aprendizaje Automático que aprenden a partir de ejemplos preclasificados. El árbol se construye a

partir de un conjunto T de datos de entrenamiento con las clases $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ [24].

La construcción de un árbol de decisión se puede expresar recursivamente. Primero, se selecciona un atributo para colocarlo en el nodo raíz y se crea una rama para cada valor posible. Esto divide el conjunto de ejemplos en subconjuntos, uno para cada valor del atributo. El proceso se puede repetir recursivamente para cada rama, usando sólo aquellos casos que realmente llegan a la rama. Si en cualquier momento todas las instancias en un nodo tienen la misma clasificación, se deja de desarrollar esa parte del árbol [24].

Los árboles de decisión son muy populares dentro del ámbito de la minería de datos; dos de los algoritmos de clasificación más utilizados son: ID3 y C4.5.

Algoritmo ID3

Creado Quinlan en 1986, es un algoritmo de aprendizaje supervisado que construye árboles de decisión a partir de un conjunto de ejemplos. Estos ejemplos están compuestos por atributos y una única clase. El dominio de cada atributo está limitado a un conjunto de valores. Las primeras versiones del ID3 generaban descripciones para dos clases: positiva y negativa. En versiones posteriores, se eliminó esta restricción, pero se mantuvo la restricción de clases disjuntas. ID3 genera descripciones que clasifican cada uno de los ejemplos del conjunto de entrenamiento [15], [24].

Algoritmo C4.5

Creado Quinlan en 1993, C4.5 es una extensión del ID3 que permite trabajar con valores continuos para los atributos, separando los posibles resultados en dos ramas: una para aquellos $A_i \leq N$ y otra para $A_i > N$. Este algoritmo genera un árbol de decisión a partir de los datos mediante particiones realizadas recursivamente. El árbol se construye mediante la estrategia de primero en profundidad, considera todas las pruebas posibles que pueden dividir el conjunto de datos y selecciona la prueba que resulta en la mayor ganancia de información. Para cada atributo discreto, se considera una prueba con n resultados, siendo n el número de valores posibles que puede tomar el atributo. Para cada atributo continuo, se realiza una prueba binaria sobre cada uno de los valores que toma el atributo en los datos [15], [24].

El algoritmo J48 se ajusta al algoritmo C4.5 al que se le amplían funcionalidades tales como permitir la realización del proceso de podado mediante *reducedErrorPruning* o que las divisiones sean siempre binarias *binarySplits* [3], [21], [25].

3.3. CRIPS-DM

La metodología de MD seleccionada es CRISP-DM, del inglés: *CRoss Industry Standard Process for Data Mining*; es un proceso estándar de MD cuyo objetivo es llevar a cabo un proceso de análisis de una industria como base para las estrategias de resolución de problemas de una empresa o unidad de investigación [8], [9].

CRISP-DM, organiza en seis fases el desarrollo de un proyecto de MD. Cada fase se desglosa en varias tareas generales en un segundo nivel; a su vez que cada una de ellas poseen tareas específicas en un nivel inferior, donde se describen las acciones que deben ser desarrolladas para situaciones específicas, sin indicar como realizarlas [2]. El uso de CRISP-DM es ampliamente utilizada en todo el mundo para proyectos de MD y además plantea una división en fases que facilita la comprensión y aplicación del descubrimiento de datos.

Fases [2], [26]:

- **Comprensión del negocio:** Se enfoca en la comprensión de los objetivos de proyecto y exigencias desde una perspectiva de negocio, luego convirtiendo este conocimiento de los datos en la definición de un problema de minería de datos y en un plan preliminar diseñado para alcanzar los objetivos.
- **Comprensión de los datos:** Esta fase comienza con la colección de datos inicial y continua con las actividades que permiten familiarizarse primero con los datos, identificar problemas de calidad de datos y descubrir los primeros conocimientos en los datos.
- **Preparación de los datos:** Comprende las actividades necesarias para construir el conjunto de datos final a partir de los datos en brutos iniciales. Las tareas van a ser realizadas muchas veces y no en un orden prescripto. Las tareas incluyen la selección de tablas, registros, y atributos, así como la transformación y la limpieza de datos para las herramientas que modelan.
- **Modelado:** En esta fase, varias técnicas de modelado son seleccionadas y aplicadas. Típicamente hay varias técnicas para el mismo tipo de problema de minería de datos. Algunas técnicas tienen requerimientos específicos sobre la forma de datos. Por lo tanto, volver a la fase de preparación de datos es a menudo necesario.
- **Evaluación:** En esta etapa, ya se ha construido un modelo que parece tener la alta calidad de una perspectiva de análisis de datos. Antes de proceder al despliegue final, es importante evaluar y revisar los pasos ejecutados para crearlo, para comparar el modelo obtenido con los objetivos de negocio. En el final de esta fase, una decisión en el uso de los resultados de minería de datos debería ser obtenida.

- **Desarrollo:** Dependiendo de los requerimientos, la fase de desarrollo puede ser tan simple como la generación de un informe o tan compleja como la realización repetida de un proceso cruzado de minería de datos a través de la empresa. En muchos casos, es el cliente, no el analista de datos, quien lleva el paso de desarrollo. Sin embargo, incluso si el analista realizara el esfuerzo de despliegue, esto es importante para el cliente para entender de frente que acciones necesita para ser ejecutadas en orden para hacer uso de los modelos creados actualmente.

4. Desarrollo y Evaluación de Resultados

Los resultados producidos mediante el desarrollo del trabajo de investigación, son descriptos de acuerdo a la metodología CRISP-DM. Si bien las fases fueron realizadas en el orden establecido por la metodología, a medida que se fue avanzando y obteniendo resultados, en algunas ocasiones fue necesario volver a la etapa anterior para realizar algunas modificaciones y luego volver a avanzar. Las adecuaciones fueron necesarias para poder cumplir con los objetivos planteados en la investigación.

4.1. Comprensión del negocio

A los efectos del negocio, los objetivos finales para el área comercial del concesionario son los siguientes:

- Obtener una agrupación automática de clientes, segmentándolos por características similares.
- Identificar patrones de comportamiento de los perfiles de los clientes propensos a disminuir o aumentar la cantidad de cruces.

4.2. Comprensión de los datos

La fuente de información proviene de una base de datos relacional con 315 tablas, proveída por el concesionario del CUF.

Si bien la base de datos existente dispone de una cantidad considerable de tablas, para alcanzar los objetivos propuestos se utilizó un número reducido de las mismas. Se seleccionaron aquellas tablas consideradas más relevantes para el análisis, en resumen, las que contienen información sobre: cliente y sus características, facturación, servicios facturados, valores y tipos de descuentos que fueron concedidos, el ingreso de los vehículos, tiempo de permanencia, peso de la carga transportada, etc.

4.3. Preparación de los datos

Selección de datos

El análisis se limitó a los registros de facturación en un período de 5 años, que van desde el año 2012 al 2016,

si bien el CUF comenzó a funcionar el año 1998, en los primeros años el tráfico fue mínimo. Tampoco se tuvo en cuenta la facturación de servicios tales como: alquiler, energía, conectividad, peaje de autos, etc. Ya que el análisis se centra en la facturación de servicios por transporte de carga.

Selección de atributos o campos

De las tablas seleccionadas para el análisis se utilizó únicamente aquellos campos que fueron de interés para alcanzar los objetivos propuestos, particularmente aquellos que permitan la determinación de los perfiles de los clientes. No se tomaron aquellos campos que contenían información personal de los clientes u otro tipo de información que el concesionario consideró confidencial.

Construir e integrar los datos - dataset

Una vez fueron identificadas las tablas para el análisis, se comienza con el proceso de preparación de los datos, se modelan las tablas como clases de Java, para así poder procesarlas desde un proyecto J2EE, *Java 2 Enterprise Edition*, desde dicho proyecto se conectará a la base de datos a través de una conexión JDBC, *Java Database Connectivity*. El motivo para trabajar con objetos y sus relaciones, es para facilitar el acceso a los datos sin necesidad de utilizar consultas complejas en el lenguaje SQL.

Creación de clase auxiliar para el dataset

FacturacionPorCliente
- residenciaEnDias : Integer
- r : Long
- frecuenciaEnCantidad : Long
- f : Long
- montoEnDinero : Double
- m : Long
- paisCliente : String
- activadesCliente : String
- tiposDeDescuento : String
- pesoTotalTranspEnTn : Double
- pesoPromedioPorCruce : Double
- tiempoTotalPermEnHoras : Integer
- tiempoPromedioPorCruce : Double
- montoFactSentidoAr : Double
- montoFactSentidoBr : Double
- montoTotalDescuentos : Double

Figura 3. Clase para el dataset modelada en JAVA

Para obtener el conjunto de datos de resumen, el propósito fue obtener un único registro por cada cliente, totalizando los valores facturados y descuentos por sentido, obteniendo, además, datos tales como: país de origen y las actividades del cliente, peso total transportado en toneladas, peso promedio por cruce,

tiempo total de permanencia en el CUF, tiempo promedio de permanencia por cruce. También se obtienen los valores correspondientes al análisis FRM, explicado en el apartado 2.1.

En la Figura 3 se puede visualizar la clase modelada en JAVA con los nombres de los campos y sus tipos de datos.

Formatear los datos

Se preparó el archivo que se usó como entrada a la herramienta de MD, WEKA, del inglés: *Waikato Environment for Knowledge Analysis*, que significa Entorno para Análisis del Conocimiento; a partir de este momento los campos de datos generados pasan a denominarse atributos. En la Figura 4 se visualiza el formato del archivo ARFF, *Attribute-Relation File Format*.

```

ConjuntoDeDatos6.arff - Bloco de notas
Archivo Editar Formatear Escribir Ayuda
@relation experimento6
@attribute residenciaEnDias real
@attribute R numeric
@attribute frecuenciaEnCantidad real
@attribute F numeric
@attribute montoEnDinero real
@attribute M numeric
@attribute Pais {AR, BR, CL, PN, PY, UY}
@attribute Actividades {ImpExpo, ImpExpo-Repres, Repre, Transp, Transp-ImpExpo, Transp-ImpExpo-Rep}
@attribute tiempoPermanenciaEnHoras real
@attribute pesoTotalTranspEnTn real
@attribute tiempoPromedioPorCruce real
@attribute pesoPromedioPorCruce real
@attribute TiposDeDescuento {Porc, Ninguno, Frans-PorcQ, Frans-Bonif-PorcS-Valon, Frans-Bonif-PorcS-I}
@attribute montoFactSentidoAr real
@attribute montoFactSentidoBr real
@attribute montoTotalDescuentos real

@data
3,5,1642,5,67310,5,BR,Transp,14084,22696,8,14,Bonif-PorcQ,27952,59358,667
1,5,6587,5,423852,5,BR,Transp-Repres,67789,86086,14,13,Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,0,432852,59089
5,5,3966,5,140602,5,AR,Transp,72909,67897,18,17,Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,140549,54,22044
5,5,270,5,11072,5,AR,Transp-ImpExpo,7843,5506,29,24,Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,9637,1415,36
1,5,6720,5,423097,5,AR,Transp,77228,105462,11,16,Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,0,423097,59278
3,5,2112,5,72803,5,BR,ImpExpo,76555,54105,36,26,Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,72803,0,10028
5,5,4200,5,245637,5,BR,Transp-ImpExpo,78211,65213,18,16,Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,6340,239297,11616
105,3,1,1,1860,4,BR,ImpExpo,166,24,166,24,Bonif-PorcS-Valon,0,1860,6
2,5,1176,5,71204,5,BR,Transp,46492,26094,39,22,Bonif-PorcS-Valon,47569,23635,307
112,3,11,3,100,2,BR,ImpExpo,1052,84,95,8,Franq-Bonif-PorcQ,100,0,18
5,5,43,4,2114,4,AR,Transp,1834,395,42,9,Franq-Bonif-PorcQ,2114,0,154
2,4,73,4,7014,5,AR,ImpExpo,215,891,39,12,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,7014,0,228
12,5,824,5,14889,5,BR,ImpExpo,20179,10473,24,13,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,6599,8294,1477
488,2,6,5,59,1,AR,ImpExpo,98,36,16,9,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,45,14,5
2,5,5922,5,130759,5,BR,ImpExpo,90164,94765,15,16,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,12,130748,6907
2,5,773,5,1797,5,BR,ImpExpo,15106,7942,19,10,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,2267,15708,663
54,4,156,5,13467,5,AR,ImpExpo,3871,1556,24,10,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,13463,5,71
7,5,2834,5,40314,5,BR,ImpExpo,48653,46588,17,16,Franq-Bonif-Bonif-PorcS-PorcQ-Valon,7970,32345,10498
    
```

Figura 4. Archivo ARFF

4.4. Modelado

La aplicación de MD consistió en los siguientes pasos:

1. Aplicación de algoritmo de agrupamiento sobre algunos atributos del dataset, 6 de un total de 16 atributos, se seleccionaron los atributos correspondientes al análisis RFM, estos son: *residenciaEnDias*, *R*, *frecuenciaEnCantidad*, *F*, *montoEnDinero* y *M*. De esta manera el agrupamiento está basado solamente en los hábitos de compra de los clientes. Los atributos restantes serán usados en la clasificación.
2. Para definir el algoritmo de agrupamiento a utilizar, se realizó una comparativa de los algoritmos EM y SimpleKmeans, cada uno de ellos con distintas configuraciones. Luego se seleccionó dos opciones de cada algoritmo y se aplicó clasificación, para ver con cuál de las opciones se obtiene mejor performance.
3. Interpretación y análisis de cada uno de los grupos obtenidos en el agrupamiento.

4. Aplicación de algoritmos de clasificación sobre la salida del agrupamiento y utilizando los atributos restantes del *dataset*, 10 atributos: 7 cuantitativos y 3 cualitativos.

5. Obtención e interpretación de reglas.

6. Conclusiones generales.

Para ejecutar los algoritmos de MD, se utilizó la herramienta de MD WEKA, versión 3.6.12.

Agrupamiento

La cantidad de instancias fue de: 1113, es decir, el tamaño de la muestra y la cantidad de atributos es de 16.

Los atributos que se utilizaron para el agrupamiento son: *recenciaEnDias*, *R*, *frecuenciaEnCantidad*, *F*, *montoEnDinero* y *M*.

Se aplicó la regla de Sturges [27], reemplazando los valores, se tiene: $n_i = 1 + 3.32 * \log(1113) = 11,11$. Se puede decir que la cantidad ideal de grupos según esta regla es de 11.

Aplicación de Algoritmo EM

Se realizaron varias ejecuciones de este algoritmo, con distintos valores de semilla y asignado la cantidad de clústeres, obteniendo los siguientes resultados:

Ejecutando el algoritmo con los valores por defecto: semilla= 100 y sin definir la cantidad de clústeres, da como salida 7 clústeres.

Tabla 1. Salida ejecuciones de algoritmo EM

Semilla	Logaritmo de la Maxima Verosimilitud (Log likelihood)	Cantidad de Clusters
100	-19,74	7
20	-22,90	7
15	-20,84	7
12	-19,36	7
8	-18,14	7
100	-18,61	11
20	-17,62	11
15	-18,78	11
12	-18,15	11
8	-18,45	11

De las opciones con 11 clústeres, según regla de Sturges y la otra con 7 clústeres, la salida por defecto del algoritmo se seleccionó las que tienen mayor valor de verosimilitud, o sea la que más se aproxima a cero, las opciones sombreadas en la Tabla 1.

Aplicación de Algoritmo SimpleKmeans

Para definir el valor de K, lo que realizó es usar: K=7, por salida de EM y K=11, por regla de Sturges, para todas se usó distancia Euclídea [18], se fue modificando el valor de semilla. Se realizaron 20 ejecuciones para cada valor de K, obteniendo los resultados que se pueden ver en las Tablas 2 y 3. De cada opción se seleccionó la

que tienen menor valor de la suma de error cuadrático medio (las opciones sombreadas).

Tabla 2. Salida algoritmo SimpleKmeans con K=7

Semilla	Suma de error cuadrático medio	Número de iteraciones
1	81,48	10
2	80,69	14
3	78,75	16
4	81,83	15
5	73,45	7
6	77,29	16
7	76,18	6
8	83,54	13
9	80,90	10
10	78,52	23
11	79,23	11
12	79,78	10
13	74,06	17
14	78,89	10
15	79,66	10
16	75,94	23
17	77,29	15
18	78,76	8
19	78,89	10
20	79,36	17

Tabla 3. Salida algoritmo SimpleKmeans con K=11

Semilla	Suma de error cuadrático medio	Número de iteraciones
1	60,47	11
2	59,23	16
3	55,04	6
4	56,69	12
5	55,61	8
6	54,48	9
7	58,25	9
8	57,32	25
9	57,79	9
10	55,43	15
11	67,55	10
12	57,04	13
13	56,20	9
14	57,53	16
15	56,21	10
16	57,39	13
17	53,79	15
18	55,32	16
19	65,79	10
20	60,32	17

Evaluación clasificación sobre opciones de agrupamiento seleccionadas

Como primer paso se definió el algoritmo de clasificación a utilizar, para esto, se realizó una comparativa utilizando la salida del algoritmo EM con 7 clústeres, se realizaron varias pruebas, obteniendo los resultados de la Tabla 4.

Tabla 4. Comparativa de algoritmos de clasificación

Algoritmo	Resultado (% acierto)
OneR	55,70
ZeroR	82,92
NaiveBayes	50,40
J48	83,01
DecisionStump	33,15
NBTree	72,05
SimpleCart	64,06
LADTree	56,15

Como se puede observar en la Tabla 4, con el algoritmo J48, implementación en WEKA del algoritmo C4.5, se obtuvo mejor porcentaje de acierto, por lo tanto, fue el seleccionado para utilizarlo en la clasificación.

Se seleccionaron dos opciones de cada algoritmo de agrupamiento, EM y SimpleKmeans, una con 7 clústeres y la otra con 11, ver opciones sombreadas en Tablas: 1, 2 y 3, por cada una de las opciones, se guardó la salida como archivo ARFF y se utilizó para realizar la comparativa con el algoritmo de clasificación J48, como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5. Comparativa algoritmos EM y SimpleKmean

Algoritmo de agrupamiento	Salida obtenida	
	% de Acierto	Numero de niveles o reglas
EM - Clusters=7, Semilla=8	83,01	207
EM - Clusters=11, Semilla=8	82,05	260
SimpleKmeans - Clusters=7, Semilla=5	80,05	219
SimpleKmeans - Clusters=11, Semilla=15	79,06	294

Se seleccionó la opción sombreada en la Tabla 5, ya que fue la que mejor salida se obtuvo, es decir, mayor porcentaje de aciertos y árbol más compacto, es decir, con menor número de niveles o reglas, el algoritmo de agrupamiento seleccionado es EM con los parámetros: Numero de clústeres= 7 y Semilla= 8.

Algoritmo de agrupamiento seleccionado

En la Tabla 6 se transforma la información obtenida en WEKA a un formato más legible, se puede visualizar cada uno de los clústeres obtenidos, el tamaño, es decir, la cantidad de clientes de cada clúster, los promedios de cada uno de los atributos utilizados.

Para asignar la columna: Patrón RFM de la Tabla 6, se procedió de la siguiente manera: Si el valor de R del clúster es superior al promedio general, se coloca R↑,

sino se coloca R↓, el mismo procedimiento se realiza para F y M.

Tabla 6. Detalle salida del agrupamiento (tabla de centroides)

ALGORITMO: EM con K=7, com valor de semilla= 8, Log likelihood=-18,14

Cluster	Tamaño	%	Recencia (Promedio)		Frecuencia (Promedio)		Monto (Promedio)		Patron RFM
			Días	R	Cantidad	F	Dinero	M	
C0	129	12%	103	3,60	4	2,15	273	2,28	R↑ F↓ M↑
C1	161	14%	416	1,71	11	2,92	653	2,89	R↓ F↑ M↓
C2	182	16%	29	4,38	41	3,88	1986	3,87	R↑ F↑ M↑
C3	108	10%	181	2,90	47	3,79	2379	3,85	R↓ F↑ M↑
C4	180	16%	614	1,00	2	1,36	82	1,33	R↓ F↓ M↓
C5	190	17%	14	4,73	825	4,97	42341	5,00	R↑ F↑ M↑
C6	163	15%	285	2,36	2	1,49	87	1,40	R↓ F↓ M↓
General	1113			2,95		2,94		2,95	

Análisis de los grupos obtenidos

C0= Está compuesto por clientes que cruzaron hace relativamente poco tiempo, con frecuencia y valores bajos, esto sería un indicador de que estos clientes son nuevos.

C1= Involucra aquellos clientes que han realizado un número relativamente alto de cruces, es decir, la frecuencia, con valores bajos y la cantidad de días que transcurrieron desde el ultimo cruce es alto, es decir, la recencia, esto podría ser un indicador de probables abandonos.

C2= Está compuesto por los clientes valiosos, ya que poseen un valor bajo de recencia, es decir que realizaron una transacción, es decir, un cruce hace poco tiempo, tienen frecuencia y monto altos, realizaron gran cantidad de transacciones con valores altos. Concretamente este clúster está compuesto por clientes cuyo último cruce por el CUF fue en promedio hace 29 días, la cantidad de cruces fue de 41, con una facturación de 1986 dólares

C3= Es similar al C1, pero con valores de transacciones mayores.

C4= Está integrado por los clientes menos valiosos, ya que poseen un valor alto de recencia y valores bajos de frecuencia y monto de facturación.

C5= Es similar al C2, pero con cantidad y valores de transacciones muy superiores. Concretamente este clúster está compuesto por clientes cuyo último cruce por el CUF fue en promedio hace 14 días, la cantidad de cruces fue de 825, con una facturación de 42341 dólares. En este clúster se encuentran los clientes más valiosos para el concesionario.

C6= Es similar al C4, ya que poseen un valor alto de recencia y valores bajos de frecuencia y monto.

Primera interpretación del agrupamiento

De acuerdo al análisis de cada uno de los grupos obtenidos, se asignó un tipo de cliente a cada uno de ellos, para esto se consultó con personal del área de comercialización de concesionario Mercovia S.A, los

tipos de clientes identificados son los que se visualizan en la Tabla 7.

Tabla 7. Salida del agrupamiento con tipo de clientes

Cluster	Tamaño	%	Recencia (Promedio)		Frecuencia (Promedio)		Monto (Promedio)		Patron RFM	Tipo cliente
			Días	R	Cantidad	F	Dinero	M		
C0	129	12%	103	3,60	4	2,15	273	2,28	R↓ F↓ M↑	Nuevo
C1	161	14%	416	1,71	11	2,92	653	2,89	R↓ F↑ M↓	No valioso con riesgo abandono
C2	182	16%	29	4,38	41	3,88	1986	3,87	R↑ F↑ M↑	Valioso
C3	108	10%	181	2,90	47	3,79	2379	3,85	R↓ F↑ M↑	Valioso con riesgo abandono
C4	180	16%	614	1,00	2	1,36	82	1,33	R↓ F↓ M↓	Esporadico
C5	190	17%	14	4,73	825	4,97	42341	5,00	R↑ F↑ M↑	Premium
C6	163	15%	285	2,36	2	1,49	87	1,40	R↓ F↓ M↓	No valioso
General	1113			2,95		2,94				

Clasificación

Una vez obtenida la salida del agrupamiento, se aplica clasificación sobre los clústeres obtenidos y etiquetados en el dataset.

Selección de atributos

Si bien ya estaban estipulados los atributos que se usarían para aplicar clasificación, se realizaron pruebas para definir cuales atributos son importantes y cuáles pueden ser descartados.

Fueron seleccionados los siguientes atributos: País, Actividades, tiempoPermanenciaEnHoras, pesoTotalTranspEnTn, tiempoPromedioPorCruce, pesoPromedioPorCruce, montoFactSentidoAR y montoFactSentidoBR.

Evaluación de la clasificación con distintos parámetros

Para evaluar la clasificación se realizaron varias ejecuciones, con la opción *Use training set*, la cual usa el mismo conjunto de datos para entrenamiento y clasificación. También se colocó la opción *unpruned*, sin podar, igual a false, es decir que en todas las ejecuciones se realiza la poda del árbol generado.

Por cada ejecución se fueron modificando los parámetros: factor de confianza y mínimo de objetos por hoja. El criterio utilizado para modificar los valores de los parámetros configurados fue el siguiente: se comenzó con los valores por defecto, factor de confianza igual a 0,25 y mínimo de objetos por hoja igual a 2, primero se deja fijo el factor de confianza y se va aumentando el mínimo por hoja, luego se modifica el factor de confianza con un valor menor primero y luego con un valor mayor, para ambos casos se procede de la misma forma con el mínimo por hoja.

Las celdas sombreadas de la Tabla 8 son las de la diagonal principal y muestra la cantidad de instancias que fueron clasificadas correctamente, los valores en rojo representan las instancias mal clasificadas y TP RATE muestra el porcentaje de acierto en cada clúster. Se puede observar que los clústeres con menor TP RATE son el clúster 0 y 6, con cerca del 50% de acierto aproximadamente y el clúster con mejor porcentaje de acierto es el 5, con 98%.

Tabla 8. Matriz de confusión de la clasificación

MATRIZ de CONFUSION								Clasificado como:	TP RATE
a	b	c	d	e	f	g			
55	38	0	0	22	0	14		a= Cluster0	0,426
10	124	9	9	6	0	3		b= Cluster1	0,770
0	21	127	29	0	5	0		c= Cluster2	0,698
1	14	12	69	0	12	0		d= Cluster3	0,639
7	1	0	0	152	0	20		e= Cluster4	0,844
0	0	0	3	0	187	0		f= Cluster5	0,984
6	0	0	0	68	0	89		g= Cluster6	0,546

Árbol de decisión generado

El árbol generado consta de 69 hojas. El nodo principal, es decir el nodo raíz, es el atributo pesoTotalTranspEnTn, hacia la rama izquierda están los que son menores o igual a 170 toneladas y en la rama derecha están los que superan las 170 toneladas.

En la Figura 5, se expone el árbol de decisión resumido, donde se identifica la regla principal por cada clúster, seleccionando para ello, las reglas que más instancias clasifican. En las hojas del árbol se muestra el clúster que clasifica, la cantidad total de instancias que fueron clasificadas y separado por una barra, se muestra la cantidad que fueron mal clasificadas.

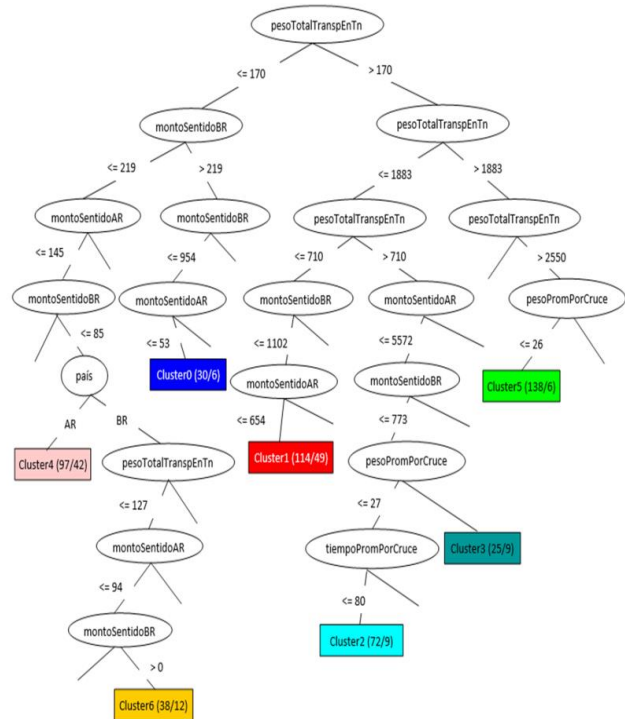


Figura 5. Árbol de decisión resumido

Extracción de reglas

En cada regla se puede observar el valor que deben tomar los atributos y por último el clúster que clasifica y la cantidad de instancias clasificadas.

Se simplifican las reglas, dejando sin repetir atributos y reemplazando el número de clúster por el tipo de cliente identificado en el agrupamiento; como se puede apreciar en la Figura 6.

<p>Regla 1 <i>SI pesoTotal > 170</i> <i>Y montoBr > 219 y <= 954</i> <i>Y montoAr <= 53</i> Entonces "Nuevo"</p> <p>Regla 2 <i>SI pesoTotal > 170 y <= 710</i> <i>Y montoBr <= 1102</i> <i>Y montoAr <= 654</i> Entonces "Cliente No valioso con riesgo abandono"</p> <p>Regla 3 <i>SI pesoTotal > 710 y <= 1883</i> <i>Y montoAR <= 5572</i> <i>Y montoBR <= 773</i> <i>Y pesoPromedioPorCruce <= 27</i> <i>Y tiempoPromedioPorCruce <= 80</i> Entonces "Cliente Valioso"</p> <p>Regla 4 <i>SI pesoTotal > 710 y <= 1883</i> <i>Y montoAR <= 5572</i> <i>Y montoBR <= 773</i> <i>Y pesoPromedioPorCruce > 27</i> Entonces "Cliente Valioso con riesgo abandono"</p> <p>Regla 5 <i>SI pesoTotal <= 170</i> <i>Y montoBr <= 85</i> <i>Y montoAr <= 145</i> <i>Y país = AR</i> Entonces "Cliente Esporádico"</p> <p>Regla 6 <i>SI pesoTotal > 2550</i> <i>Y pesoPromedio <= 26</i> Entonces "Cliente Premium"</p> <p>Regla 7 <i>SI pesoTotal <= 170</i> <i>Y montoBr > 0 y <= 85</i> <i>Y montoAr <= 145</i> <i>Y país = BR</i> Entonces "Cliente No valioso"</p>
--

Figura 6. Conjunto de reglas simplificado

4.5. Evaluación

Resumiendo, el primer paso fue aplicar agrupamiento para obtener grupos de clientes con valores similares de RFM, luego se aplicó clasificación sobre otros atributos: país de procedencia, tipo de cliente, peso transportado,

tiempo de permanencia, etc. para poder identificar con más claridad los perfiles de los clientes.

En las siguientes tablas, de la 9 a la 15, se visualiza las características de cada uno de los perfiles identificados.

Tabla 9. Perfil del cliente NUEVO - Clúster 0

R (Resencia de cruce)	Promedio de 103 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 4 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 273 dolares.
Peso total transportado	Mayor a 170 toneladas.
Monto facturación sentido BR	Entre 219 y 954 dolares.
Monto facturación sentido AR	Menor o igual a 53 dolares.

Tabla 10. Perfil del cliente NO VALIOSO con RIESGO de ABANDONO - Clúster 1

R (Resencia de cruce)	Promedio de 416 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 11 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 653 dolares.
Peso total transportado	Entre 170 y 710 toneladas.
Monto facturación sentido BR	Menor o igual a 1102 dolares.
Monto facturación sentido AR	Menor o igual a 654 dolares.

Tabla 11. Perfil del cliente VALIOSO - Clúster 2

R (Resencia de cruce)	Promedio de 29 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 41 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 1986 dolares.
Peso total transportado	Menor o igual a 141 toneladas.
Monto facturación sentido AR	Menor o igual a 5572 dolares.
Monto facturación sentido BR	Menor o igual a 773 dolares.
Peso promedio por cruce	Menor o igual a 27 toneladas.
Tiempo promedio por cruce	Menor o igual a 80 horas.

Tabla 12. Perfil del cliente VALIOSO con RIESGO de ABANDONO - Clúster 3

R (Resencia de cruce)	Promedio de 181 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 47 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 2379 dolares.
Peso total transportado	Entre 710 y 1883 toneladas.
Monto facturación sentido AR	Menor o igual a 5572 dolares.
Monto facturación sentido BR	Menor o igual a 773 dolares.
Peso promedio por cruce	Mayor a 27 toneladas.

Tabla 13. Perfil del cliente ESPORÁDICO - Clúster 4

R (Resencia de cruce)	Promedio de 614 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 2 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 82 dolares.
Peso total transportado	Menor o igual a 170 toneladas.
Monto facturación sentido BR	Menor o igual a 85 dolares.
Monto facturación sentido AR	Menor o igual a 145 dolares.
País	Argentina

Tabla 14. Perfil del cliente PREMIUM - Clúster 5

R (Resencia de cruce)	Promedio de 14 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 825 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 42341 dolares.
Peso total transportado	Mayor a 2550 toneladas.
Peso promedio por cruce	Menor o igual a 26 toneladas.

Tabla 15. Perfil del cliente NO VALIOSO - Clúster 6

R (Resencia de cruce)	Promedio de 285 días.
F (Frecuencia de cruces)	Promedio de 2 veces.
M (Monto total de facturación)	Promedio de 87 dolares.
Peso total transportado	Menor o igual a 170 toneladas.
Monto facturación sentido BR	Entre 0 y 85 dolares.
Monto facturación sentido AR	Menor o igual a 145 dolares.
País Brasil	

5. Conclusiones y Líneas futuras

5.1. Conclusiones

El agrupamiento basado en RFM, es decir en el comportamiento comercial, ha dado muy buenos resultados, ya que entre los grupos o clústeres que fueron identificados dos de ellos corresponden justamente al perfil de cliente que se planteaba identificar, estos son, aquellos clientes propensos a disminuir la cantidad de cruces, de los dos grupos con riesgo de abandono identificados, uno agrupa los clientes con gran cantidad de cruces y otro con pocos cruces. Para la definición de la cantidad de clústeres, se obtuvo mejor resultado con 7 grupos, resultado obtenido por el algoritmo EM, que con 11 clústeres, por regla de Surges. Al momento de probar la salida del algoritmo de agrupamiento como entrada de la clasificación, el resultado obtenido por el algoritmo EM en cuanto a porcentaje de acierto fue mejor que el resultado con K-means.

Cuando se aplicó clasificación, se pudo observar que algunos atributos que a priori parecían importantes y fueron seleccionados para ser utilizados, no fueron tenidos en cuenta por los algoritmos, de hecho, algunos no aparecen en ninguna regla. Por ejemplo, los atributos: Actividades y Tiempo total de permanencia no juegan un rol importante en la clasificación, ya que no aparecen en las reglas de decisión. El algoritmo J48 ha demostrado tener mejor desempeño en cuanto al porcentaje de aciertos y también en cuanto al tamaño del árbol de decisión generado.

También se puede mencionar que se logró identificar con claridad uno de los perfiles de clientes que se había planteado en los objetivos, es el perfil correspondiente a los clientes con riesgo de abandono o propensos a disminuir la cantidad de cruces. En cuanto a los clientes

propensos a aumentar la cantidad de cruces, la identificación de este perfil no fue tan clara.

Realizando un análisis detallado de cada perfil obtenido se pudo identificar claramente cuál o cuáles son las variables más influyentes y los valores de las mismas, con la información recopilada como resultado de la investigación, podría realizarse un análisis minucioso por parte del sector comercial del concesionario e implementar medidas estratégicas tendientes, por ejemplo, a disminuir el abandono de algunos clientes.

Como conclusión final se puede mencionar, que ha quedado demostrado que es factible la aplicación de MD en la determinación de perfiles de clientes y que es posible obtener información valiosa para la toma de decisiones.

También se puede afirmar que es evidente que las empresas que manejan grandes volúmenes de datos inviertan recursos en el análisis de los mismos, ya que cuando hay gran volumen de datos generalmente existe gran cantidad de información que no está siendo aprovechada, además existen en el mercado diversas herramientas de MD, como lo es WEKA, la cual es libre y gratuita que permite realizar un análisis completo.

5.2. Líneas futuras de investigación

Como trabajo futuro se plantea incorporar datos extras al modelo, para esto, se tendría que trabajar más con el sector comercial del concesionario e identificar otras características que se consideren importante de los clientes, las mismas podrían no estar en la base de datos, con lo cual habría que incorporarlas al modelo, con esta adecuación, se podría resolver la limitación de no haber identificado el perfil de los clientes propensos a aumentar la cantidad de cruces.

Referencias

- [1] Kotler, P. y Keller, K., "Dirección de Marketing", Decimocuarta edición, Editorial Pearson Educación, México, 2012.
- [2] Chapman, P. y otros, "CRISP-DM 1.0, Step-by-step Data Mining Guide", 2000.
- [3] Weka, "Data Mining Software in Java", URL: <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/index.html>, Acceso abril 2018.
- [4] Shen, C.C. y Chuang, H.M., "A study on the applications of data mining techniques to enhance customer lifetime value - based on the department store industry", International Conference on Machine Learning and Cybernetics, pp. 168-173, Kunming: China, 2008.
- [5] Zikmund, W.Z., McLeod, R. y Gilbert, F.W., "Customer Relationship Management - Integrating Marketing Strategy and Information Technology", Wiley, New Jersey, 2003.

- [6] Cuadros López, A.J., Gonzales Caicedo, C. y Jiménez Oviedo, P.C., “Análisis multivariado para segmentación de clientes basada en RFM”, *Tecnura*, vol. 21, no. 54, pp. 41-51, 2017.
- [7] Deyra B., “Data Mining Using RFM Analysis, Knowledge-Oriented Applications in Data Mining”, Editorial Kimito Funatsu, China, 2011.
- [8] Cheng, C. y Chen, Y., “Expert Systems with Applications Classifying the segmentation of customer value via RFM model and RS theory”, *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 3, pp. 4176-4184, 2009.
- [9] Beta Estri, A., Indah, S., Adhitya Erna P., “Analisis Segmentasi Pelanggan Menggunakan Kombinasi RFM Model dan Teknik Clustering”, *Jurnal Terapan Teknologi Informasi*, vol.2, no.1, 2018.
- [10] Cheng, C.H. y Chen, Y.S., “Classifying the segmentation of customer value via RFM model and RS theory”, *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 4176-4184, 2009.
- [11] Kenny, A., “Sistema para caracterización de perfiles de clientes de la empresa zona T”, *Investigación*, Universidad de Cartagena, 2014.
- [12] Taher, N.M., Elzanfaly, D. y Salama, S., “Investigation in Customer Value Segmentation Quality under Different Preprocessing Types of RFM Attributes”, *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES)*, vol. 4, no. 4, 2016.
- [13] Aguirre, D., Gallo, J. C. y Valverde, V., “Obtención de perfil de cliente fiel en una tienda departamental mediante diseño de un Data Warehouse y Árboles de decisión”, *Investigación*, Universidad de Cartagena, 2014.
- [14] Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G. y Smyth, P., “From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases”, *AI Magazine*, vol. 17, no. 3, 1996.
- [15] Britos P., Hossian A., y Garcia M., “Minería de datos basada en sistemas inteligentes”, 1era Edición, Editorial Nueva Librería, Buenos Aires, 2005.
- [16] Weiss, S. M. y Indurkha, N., “Predictive Datamining. A Practical Guide”, 1er Edición, San Francisco EEUU: Editorial Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- [17] Perversi, I., “Aplicación de minería de datos para la exploración y detección de patrones delictivos en Argentina”, *Instituto Tecnológico de Buenos Aires*, Tesis de grado en Ingeniería Industrial, 2007.
- [18] Bersal, F., “Clustering”, Departamento de Ciencias de Computación en I.A. Universidad de Granada.
- [19] Hernández Orallo, J., Ramírez Quintana, M.J. y Ferri Ramírez, C., “Introducción a la Minería de Datos”, 1ra Edición, Editorial Pearson, Madrid España, 2004.
- [20] Pérez López, C., Santín González, D., “Minería de Datos – Técnicas y Herramientas”, 1ra Edición, Editorial Thomson Editores Spain Paraninfo S.A., Madrid España, 2007.
- [21] Witten, I. H. y Frank, E., “Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques”, 2da Edición, Editorial Morgan Kaufmann, San Francisco, 2005.
- [22] Garre, M. y otros, “Comparación de diferentes algoritmos de clustering en la estimación de coste en el desarrollo de software”, *Revista Española de Innovación - Calidad e Ingeniería del Software*, vol.3, no. 1, 2007.
- [23] Gallardo Lopez, D., “Aplicación del muestreo bayesiano en robots móviles: Estrategias para localización y estimación de mapas de entornos”, *Universidad de Alicante*, Tesis Doctoral, 1999.
- [24] Servente, M. y García-Martínez, R., “Algoritmos TDIDT Aplicados a la Minería Inteligente”, *Revista del Instituto Tecnológico de Buenos Aires*, vol. 26, pp: 39-57, 2002.
- [25] Garner, S.R. y otros, “Weka: The waikato environment for knowledge analysis”, *Proceedings of the New Zealand computer science research students conference*, pp. 57-64, 1995.
- [26] Ochoa, A., “Propuesta de Técnicas de Profase Metodológica para la comprensión del Negocio, Reportes Técnicos en Ingeniería del Software”, vol. 7, no. 1, pp. 21-25
- [27] Cruz Ariza, F., “Tabla de distribución de frecuencias”, *Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Contaduría y Administración*, 2002.

Aplicación de Algoritmos de Aprendizaje Automático al Análisis del Churn en Planes de Ahorro

Deroche, A¹; Basso, D.^{1,2}; Pollo-Cattaneo, Ma. F.¹

¹ Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería de Software. Facultad Regional Buenos Aires.
Universidad Tecnológica Nacional, Argentina

² Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza, Argentina
{arielderoche, flo.pollo}@gmail.com, diebasso@yahoo.com.ar

Resumen

Introduciéndonos en el competitivo mercado automotor argentino donde las estrategias para captar nuevos clientes varían, nos encontramos con una gran cantidad de bonificaciones y descuentos para que nuevos clientes se adhieran a un plan.

Sin embargo, la captación de nuevos clientes muchas veces desvía el foco de un aspecto sumamente importante, la satisfacción de los clientes actuales. Esta situación puede ocasionar la rescisión de planes de ahorro ante la falta de estrategias específicas de retención en clientes de este segmento comercial. La predicción de clientes que pueden llegar a rescindir su plan se ha convertido en una arista de interés de estudio por parte de los concesionarios de automotores. Esto se centra en que la cartera de clientes representa uno sus mayores activos, obligando, en consecuencia, no sólo a tener que generar incentivos para aumentar el número de clientes, sino también para mantener los actuales y además, preservar a sus asesores comerciales quienes cobran comisiones por cada cuota que un cliente avanza en el plan.

En este contexto, este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados de la aplicación de distintos algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de explotación de datos sobre la información que un concesionario automotor de la República Argentina tiene de sus clientes, a fin de identificar patrones de comportamiento en aquellos con mayor probabilidad de rescindir el plan de ahorro, además de analizar las posibles causas que motivan este comportamiento.

1. Introducción

En los últimos años, y a medida que las grandes cantidades de datos de empresas crecen exponencialmente, el concepto de aprendizaje automático o minería de datos (data mining) resulta ser esencial para comprender y proporcionar el conocimiento necesario para la toma de decisiones y el cumplimiento de los

objetivos. Todo esto es posible gracias a la aplicación de diferentes algoritmos de aprendizaje automático [1, 2].

El aprendizaje automático [3] es un subcampo de las ciencias de la computación y una rama de la Inteligencia Artificial cuyo objetivo es desarrollar técnicas que permitan a las computadoras aprender, es decir, generalizar comportamientos y conocimientos a partir de la información suministrada en forma de ejemplos. En general, un problema de aprendizaje automático utiliza un conjunto de n muestras de datos para intentar predecir propiedades de los datos desconocidos.

La retención de clientes, especialmente en tiempos de crisis, resulta ser la principal estrategia de negocio elegida por distintas compañías, teniendo en cuenta que el costo de obtener un nuevo interesado es 5 veces más alto que el de mantener uno existente [4-7].

El "attrition analysis" o "Churn analysis" son técnicas de minería de datos aplicadas a predecir la fuga de clientes o, explicar las causas de por qué los compradores se van de la compañía. Retener al cliente resulta ser el objetivo principal de este tipo de análisis, para que éste no desista de los servicios o elija la competencia [6, 8, 9].

Concesionarios de planes de ahorro enfrentan una intensa competencia, deseando mantener a tantos clientes como sea posible y por otro lado captar nuevos. En este contexto, como objetivo principal del análisis tenemos la identificación de un grupo de clientes con alta probabilidad de fuga, para que la empresa tome las decisiones y acciones necesarias para retener a aquellos que considere importantes.

En Argentina, la compra de un 0 km puede realizarse de dos maneras diferentes: por venta convencional, en donde el comprador cuenta con el valor del vehículo en efectivo o transferencia o usado como parte de pago, y de lo contrario, se puede adquirir financiando el monto total en cuotas. Dentro de esta última alternativa se encuentran varias opciones en donde el plan de ahorro resulta ser la más popular y conocida, seguido por los créditos prendarios y/o leasing.

Según las estadísticas de la Asociación de Concesionarios de Automotores de la República

Argentina (ACARA), la participación del mercado en planes de ahorro, para el acumulado del 2017, resultó del 50,4% y, para el acumulado del 2018 hasta el mes de abril, resultó del 46,5% [9], como se observa en la Figura 1.

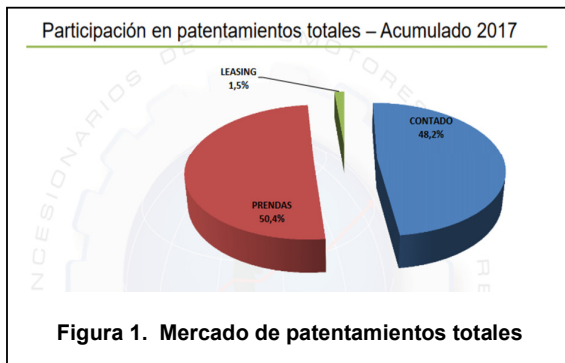


Figura 1. Mercado de patentamientos totales

Los planes de ahorro, en su mayoría, son de 84 cuotas, teniendo en cuenta que al fraccionar el valor del vehículo en mayor cantidad de cuotas, la inversión mensual resulta menor para el consumidor y, a su vez, más accesible. Si bien los planes no cuentan con interés, su valor crece al ritmo que aumenta el precio de la unidad 0 km. Teniendo en cuenta esto, y que en gran parte la mayoría de los 0 km son importados (sobre todo las autopartes), a medida que aumenta el precio del dólar, el precio de la unidad 0 km también aumenta, siendo éste, a priori, un tema a estar alertas para los concesionarios, y evitar así la fuga de clientes.

Dependiendo de la naturaleza de la compañía, el término de “customer Churn” variará, por lo que el análisis está íntimamente relacionado con la definición que la compañía le brinde al “Churn” [8, 11]. La empresa debe definir qué significa que un cliente deje sus servicios. Por ejemplo, para el caso de los concesionarios de autos y el concepto de planes de ahorro, definirá “Churn” a la rescisión del contrato, y por ende, el fin de la prestación del plan con la misma [13].

Existen diferentes algoritmos de aprendizaje automático que se pueden aplicar al análisis del Churn [16-18, 30]. Sin embargo, la elección de uno sobre otro y su aplicación en la construcción de un modelo adecuado de predicción del Churn puede dificultarse, generando cada uno de ellos resultados diferentes.

En el contexto detallado se plantea entonces la definición del problema (sección 2), los elementos y metodología utilizada (sección 3), la solución propuesta (sección 4) y los resultados obtenidos (sección 5). Finalmente se exponen las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 6).

2. Definición del Problema

Considerando la información que el concesionario de autos mantiene sobre cada cliente, es posible realizar un análisis que permita relacionar distintas variables y detectar anticipadamente a aquellos con alto potencial de abandono o rescisión, estableciendo así estrategias de fidelización y/o de retención. En la actualidad, existen varias técnicas y algoritmos de aprendizaje automático que permiten abordar el problema de la fuga de clientes, o “Churn Analysis”. Sin embargo, la elección de un algoritmo específico resulta ser un trabajo arduo, generando cada uno de ellos resultados diferentes. Esto dificulta además su proceso de aplicación por la no existencia de herramientas que unifiquen esta actividad [8, 13, 15].

A partir de lo enunciado y, acompañando las actuales investigaciones sobre cada uno de los algoritmos de manera individual, surge el interrogante de identificar primeramente los algoritmos que se podrían utilizar, aportando información conceptual de cada uno, seleccionando luego un subconjunto de ellos, y aplicándolos con distintas técnicas de explotación de datos al problema de la rescisión de clientes de planes de ahorro del concesionario.

Asimismo, se pretende identificar las características que describen el comportamiento de los clientes con mayor probabilidad a la rescisión del plan, los factores significativos que inciden en este comportamiento y finalmente realizar una comparación de la performance de los algoritmos utilizados en este trabajo.

3. Elementos y Metodología de Trabajo

Dentro de los algoritmos de aprendizaje automático que a menudo se utilizan para construir modelos de predicción de Churn [16-18, 30] se tienen: Árboles de Decisión, Naive Bayes, Redes Neuronales Artificiales, Regresión Logística, Reglas de Asociación, SVM o Máquinas de vectores de soporte (Support Vector Machines), Análisis de Redes Sociales (Social Network Analysis, SNA), Random Forest, Bagging y Boosting, entre otros.

Teniendo en cuenta lo descripto, se considera oportuna la aplicación de los primeros tres algoritmos mencionados a los datos de una cartera de clientes de planes de ahorro. El resultado será un modelo predictivo que permita identificar clientes o comportamientos que puedan implicar un riesgo de rescisión del plan de ahorro. La elección de estos algoritmos está estrictamente ligada a los objetivos que se plantean en este trabajo. En el caso de los árboles de decisión son una representación simple y una de las técnicas más eficaces para este tipo de problemas de clasificación y predicción. El algoritmo Naive Bayes, además de ofrecer un análisis cualitativo de

los atributos y valores que pueden intervenir en el problema, permite dar cuenta de la importancia cuantitativa de esos atributos en el resultado del Churn. Y la Red Neuronal Artificial, porque además de ser uno de los algoritmos más utilizados en el campo de la Inteligencia Artificial, combinado con otras técnicas permitiría también extraer reglas de comportamiento de los clientes a partir de los valores de peso de cada neurona y comparar sus resultados con las reglas obtenidas de los árboles de decisión. La extracción de reglas desde una red neuronal no entra dentro del alcance del presente trabajo.

Para la recolección de datos se ha utilizado la información de 17 meses de clientes de planes de ahorro de una concesionaria de autos de la República Argentina, situada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). La selección de datos considerados no tuvo en cuenta todas las provincias del país, por el extenso volumen de información que implicaba su análisis y procesamiento. En la sección 4.1 se describen con mayor detalle los datos utilizados en este trabajo.

Para este trabajo se ha utilizado el software Weka [10] y Tanagra [12] a fin de comparar y evaluar las soluciones dadas por cada uno. Para su uso se requiere un archivo de formato filas-columnas que contengan en las columnas las variables a analizar y, en cada fila los valores asociados. Este archivo es obtenido del sistema oficial de la marca del concesionario, y luego de realizar el preprocesamiento de datos necesario, es ingresado en el software como *dataset* (conjunto de datos). Entre las variables definidas como columnas del archivo *dataset*, algunas de ellas serán consideradas como atributos explicativos (denominados input), y otro atributo se seleccionará como la clase a predecir.

Se han utilizado los mismos datos para probar con todos los algoritmos. Para realizar las pruebas se ha aplicado validación cruzada de 10 iteraciones. La validación cruzada o cross-validation es una técnica que se aplica para evaluar los resultados de un análisis estadístico y garantizar que son independientes de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. Consiste en repetir y calcular la media aritmética obtenida de las medidas de evaluación sobre las diferentes particiones, con el objetivo de estimar la exactitud (o precisión) del modelo al llevarlo a la práctica.

Como estimador de la bondad de los modelos obtenidos se han utilizado las métricas de [34]: *Exactitud*, que muestra mejores resultados cuando más se acerca a 1; *Tasa de Errores*, que garantiza que el modelo tiene la capacidad de predecir mejor nuevos casos cuando su valor se acerca a 0; *Cobertura de Regla*, que expresa mejor calidad y utilidad de la regla cuando su valor tiende a 1 y *Grado de Incidencia del valor de un Atributo* que aporta más significancia cuando su valor tiende a 1.

4. Solución Propuesta

A continuación, se presenta la descripción y preparación de los datos utilizados, se realiza una explicación conceptual de los algoritmos propuestos y se aplican los mismos utilizando algunas técnicas de explotación de datos, con el objetivo de responder a los interrogantes planteados en la *Definición del Problema*.

4.1. Descripción de los datos iniciales

Para el desarrollo del trabajo se han utilizado 15.004 registros asociados a clientes que poseen planes de ahorro, correspondiente al período Diciembre 2016 - Abril 2018. Se consideraron clientes de todo el territorio nacional, exceptuando la provincia de Buenos Aires y CABA por el gran volumen de datos que representaban. Por motivos de confidencialidad, los datos personales de los clientes de planes de ahorro no pudieron ser incluidos ya que requerían autorización especial de la gerencia del concesionario, los cuales no se obtuvieron hasta avanzado el trabajo de investigación. En base a la experiencia y al conocimiento del analista del negocio, es posible identificar los atributos relevantes para construir un modelo predictivo. En primera instancia se logró identificar un conjunto de 9 atributos iniciales que pueden explicar el comportamiento del cliente, los cuales se encuentran detallados en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de atributos iniciales

Atributo	Descripción	Tipo de Atributo
Provincia	Provincia de residencia del cliente	Categorico ó Nominal
Fecha Inicio	Fecha de inicio del plan de ahorro	Fecha
Vehículo	Código de vehículo del plan de ahorro	Categorico ó Nominal
Medio de Pago	Medio de pago de las cuotas del plan	Categorico ó Nominal
Deuda Moroso	Cantidad de cuotas con mora	Numérico
Cuotas Pagas	Cantidad de cuotas que pagó el cliente	Numérico
Licita-Cancela	Número de cuota en la que se licitó o canceló la totalidad del plan de ahorro	Numérico
Cuotas a Vencer	Cantidad de cuotas que restan pagarse	Numérico
Estado del Plan	Estado del plan de ahorro. Este atributo representa la clase a predecir (Rescindido / No Rescindido).	Categorico ó Nominal

4.2. Preparación de los datos

Previo al procesamiento de los datos, los mismos se integraron en una única tabla y se corrigieron las inconsistencias que presentaban. Se identificaron valores faltantes, los cuales se completaron en base al análisis de los datos mensuales anteriores y posteriores al estudiado. Se aplicó transformación de datos, estandarización de valores sobre un rango y se incluyeron nuevos atributos, indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de nuevos atributos

Atributo	Descripción	Tipo de Atributo
Región	Es la región geográfica donde se encuentra la provincia	Catagórico ó Nominal
Mes Inicio	Mes de inicio del plan	Numérico
Año Inicio	Año de inicio del plan	Numérico
Modelo	Clasificación que permite agrupar los vehículos de un plan de ahorro	Catagórico ó Nominal

Luego de la limpieza de los datos, se obtuvo una distribución balanceada entre clientes que rescindieron el plan (53,7%) de los que no lo hicieron (46,3%). Posteriormente y utilizando una función aleatoria se selecciona un 70% de los registros para datos de entrenamiento y los restantes como datos de prueba del modelo de predicción del Churn obtenido. En la Tabla 3 se muestra una lista parcial de los datos usados.

4.3. Algoritmos a utilizar

La elección de los algoritmos a utilizar, además de lo ya fundamentado en la sección 3, se basa también en diferentes investigaciones que señalan su utilización más frecuente en problemas de predicción del Churn [14]. Por cada uno se realiza una breve descripción junto a su recomendación de uso. Se ha relevado la base de datos científica Science Direct [16] enfocándose en los trabajos de los últimos diez años. Asimismo, se han recolectado investigaciones utilizando el buscador académico Google Scholar y el buscador académico de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) [17, 18].

4.3.1. Árboles de decisión. El árbol de decisión permite describir gráficamente los posibles sucesos que pueden ocurrir a partir de una decisión asumida, permitiendo además ayudar a la toma de decisiones. Realiza predicciones basándose en la tendencia hacia un resultado concreto. Proporciona un conjunto de reglas que se van aplicando sobre los ejemplos nuevos para decidir qué clasificación es la más adecuada a sus

atributos. La construcción del árbol de decisión depende del orden en que se hacen las preguntas sobre los atributos a encontrar [19, 21, 25].

Los algoritmos utilizados para la construcción de árboles son diferentes variaciones del genérico "Greedy algorithm" que va desde la raíz hacia las hojas (top-down), buscando recursivamente los atributos que generan el mejor árbol hasta encontrar el óptimo global con una estructura de árbol lo más simple posible [22]. De esta manera, dependiendo del corte en cada nodo, el mecanismo de división o segmentación del espacio de ejemplos y criterio de parada, se da lugar a distintos algoritmos de clasificación como CART, ID3, C4.5, C5.0 y J48. Estos algoritmos, de la familia TDIDT (Top Down Induction of Decision Trees), pertenecen a los métodos inductivos del aprendizaje automático que aprenden a partir de ejemplos preclasificados y generan árboles y reglas de decisión a partir de estos ejemplos [19, 27]. Entre los mencionados, CART brinda la posibilidad de obtener valores reales (o continuos) como resultado contra los valores discretos o categóricos de ID3, C4.5, C5.0 y J48 [22].

Debido a su capacidad de representar reglas de modo *si-entonces*, que permiten una mayor comprensión de los resultados, los algoritmos C4.5 y J48 son uno de los más populares del aprendizaje automático. Ambos son una extensión mejorada del algoritmo ID3, ya que cuentan con la capacidad de tratar atributos continuos y no sólo discretos como estos últimos [23]. El algoritmo C5.0 es una evolución de la versión C4.5, ya que construye árboles considerablemente más pequeños, en menos tiempo y con la misma capacidad predictiva [22].

En [5], se plantea que los árboles de decisión y las reglas de asociación, descriptivas de la situación, especifican patrones secuenciales que logran explicar por qué los clientes se van de una empresa. Si estos patrones son aplicados de forma inversa, se puede mejorar la situación. Los árboles de decisión se pueden utilizar para modelizar problemas de clasificación binaria (SI/NO) o clasificación multiclase, resultando útil para medir el grado de satisfacción de los clientes, y de regresión (para el caso del análisis de gastos o pagos de clientes). Además confluye en el plan de marketing de cualquier empresa de retail orientado a retener compradores frecuentes [12, 24].

4.3.2. Naive Bayes. Este algoritmo calcula la probabilidad condicional entre atributos de entrada y de predicción y además supone que las relaciones de dependencias entre los atributos del conjunto de datos son condicionalmente independientes entre sí dado un atributo clase o target [22]. De esta manera, se suele utilizar cuando se desea estimar la probabilidad de que ocurra un suceso determinado [11, 12, 21, 27].

Tabla 3. Datos ejemplo de la base de datos

Provincia	Región	Fecha Inicio	Mes Inicio	Año Inicio	Vehículo	Modelo	Medio de Pago	Deuda Moroso	Cuotas Pagas	Licita-Cancela	Cuotas a Vencer	Estado del Plan
La Rioja	Norte	01/03/2015	3	2015	GOTR1	Compacto	Desconocido	0	1	0	52	Resc
Mendoza	Cuyo	01/09/2017	9	2017	SURAN	Familiar	Tarjeta	2	3	0	79	No Resc
Misiones	Litoral	01/01/2016	1	2016	AMSL	Comercial	Automático	0	19	65	0	No Resc
Córdoba	Centro	10/04/2016	4	2016	GOPOW	Compacto	Desconocido	0	4	0	49	Resc
Chubut	Patagonia	06/10/2017	10	2017	SAVCS	PickUp	Tarjeta	1	2	0	68	Resc

El algoritmo Naive Bayes combinado con un modelo de redes bayesianas resulta de interés cuando se quiere identificar las características o factores de mayor incidencia sobre un determinado resultado de un problema en particular [28]. En nuestro análisis, el algoritmo podría aplicarse para ponderar las características más significativas que presentan los clientes con tendencia a darse de baja, focalizando las acciones en minimizar esta situación de riesgo.

Asimismo, podría utilizarse combinado con los árboles de decisión, para ponderar los resultados de las reglas descubiertas [28]. Otra de las aplicaciones de interés de este algoritmo es en la clasificación de textos, concretamente para el filtrado de spam [29].

4.3.3. Redes Neuronales Artificiales. Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son un tipo de algoritmo del área de la Inteligencia Artificial donde se modela el comportamiento del cerebro. Las neuronas son unidades interconectadas que poseen un peso numérico, y cada una recibe un número de valores de entrada, se procesa y produce distintos valores de salida. Las entradas y las respuestas pueden provenir o servir de entrada a otra unidad [12, 19, 20, 21, 25]. El entrenamiento de la red busca identificar el valor del conjunto de pesos o sinapsis que, minimizando el error de predicción, logra reproducir las salidas incluidas en el conjunto de datos de entrenamiento. El resultado del modelo es una clasificación categórica.

Tomando el mismo ejemplo de la entidad bancaria, este modelo puede ser utilizado previamente entrenado con los datos históricos. Los clientes de los cuales se desea conocer si dejarán, o no, la entidad, son la entrada al modelo previamente entrenado y, la salida es una clasificación de su posible comportamiento.

El Perceptrón Multicapa, es el algoritmo más conocido de RNA con aprendizaje supervisado. El mismo podría ayudar a predecir si un cliente puede irse, o no, basándonos en sus características de comportamiento (variables de entrada), y contando con los datos históricos del comportamiento de los clientes, se puede entrenar la red para predicción/clasificación de nuevos casos [26].

4.4. Aplicación de Algoritmos y Técnicas

Para identificar las características que describen el comportamiento de los clientes que rescinden el plan de ahorro se utilizaron los árboles de decisión C4.5 [31] y J48 [10] sobre el dataset que contiene los datos de entrenamiento descriptos en la sección 4.1 y 4.2. Este dataset se cargó en las herramientas Tanagra y Weka, configurando como atributo objetivo del Churn al “Estado del Plan”, que toma los valores Rescindido o No Rescindido, y los restantes atributos como entrada de los algoritmos. Asimismo, se estableció un tamaño mínimo de 5 hojas y nivel de confianza del 25%.

De esta configuración y luego de la etapa de entrenamiento y prueba de los modelos, se obtuvieron 2 reglas generales que describen el comportamiento general de los clientes que rescinden el plan. Estas reglas se describen en la Tabla 6 de la siguiente sección.

Luego, para identificar si los clientes que rescinden el plan tienen características homogéneas, independientemente de la región geográfica en la que viven, se seleccionó en primer lugar a los clientes por su región de pertenencia (Centro, Cuyo, Litoral, Norte y Patagonia), sobre los que aplicaron los mismos algoritmos C4.5 y J48. En este análisis, se obtuvieron 2 reglas que describen el comportamiento de los clientes que rescinden el plan en la región Centro y Cuyo, respectivamente, y 3 reglas para las regiones Litoral, Norte y Patagonia. Las mismas se describen en las Tablas 7 a 11 de la siguiente sección.

Además de identificar las características generales y regionales que describen a los clientes que rescinden el plan de ahorro, resulta de interés poder ponderar aquellas características más significativas que inciden sobre este resultado del Churn. Para ello, se aplicó una técnica que aplica redes bayesianas con el algoritmo Naive Bayes [28]. En este caso, se configuró como atributo objetivo del Churn al “Estado del Plan”, y los restantes atributos como entrada del algoritmo previa discretización de aquellos de tipo continuo. El resultado de la aplicación de esta técnica y algoritmo se muestra en la Figura 2 de la siguiente sección.

El último de los modelos construidos para la predicción de la rescisión de planes de ahorro está basado en la aplicación de redes neuronales artificiales. La topología de la red adoptada es un Perceptrón de tres capas: la de entrada, oculta y capa de salida. Las variables para la capa de entrada corresponden a los atributos indicados en las Tablas 1 y 2, mientras que la capa de salida corresponde al “Estado del Plan”, objetivo del Churn. Debido a que una sola capa oculta es suficiente para la mayoría de los problemas [32, 33], la topología del Perceptrón se configuró de esta manera, comenzando con dos a seis neuronas para generar el menor error y evitar el sobreentrenamiento (overfitting). Los resultados de la red neuronal artificial se muestran en la Tabla 14 de la siguiente sección.

5. Resultados obtenidos

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la aplicación de cada uno de los algoritmos y técnicas propuestas, dando respuesta a los interrogantes planteados en la sección 2:

5.1. Árboles de Decisión

Para el estudio del mejor árbol de decisión se consideraron los algoritmos C4.5 y J48. La selección del mejor modelo de predicción para la rescisión de los planes de ahorro se efectuó basándose en los datos de prueba. Las Tablas 4 y 5 muestran la información y exactitud predictiva de cada algoritmo aplicado.

Tabla 4. Información Predictiva con C4.5

Predicción del Estado de Rescisión			
	Rescindido	No Rescin.	Tasa de Error
Para casos de entrenamiento			
Rescindido	5563	46	0,82%
No Rescin.	14	4880	0,28%
Para casos de prueba			
Rescindido	2417	30	1,22%
No Rescin.	7	2047	0,34%

Tabla 5. Información Predictiva con J48

Predicción del Estado de Rescisión			
	Rescindido	No Rescin.	Tasa de Error
Para casos de entrenamiento			
Rescindido	5528	81	1,44%
No Rescin.	25	4869	0,51%
Para casos de prueba			
Rescindido	2410	37	1,51%
No Rescin.	4	2050	0,19%

Como puede deducirse de las Tablas 4 y 5, el modelo predijo los datos de entrenamiento con el 99,42% (C4.5) y 98,99% (J48) de exactitud y los datos de prueba con un 99,17% (C4.5) y 99,08% (J48). Asimismo, el modelo predice los planes en estado “Rescindido” con una tasa de aciertos del 99,18% (C4.5) y 98,56% (J48) en la etapa de entrenamiento y de 98,78% (C4.5) y 98,49% (J48) durante la de prueba, mientras que los planes “No Rescindidos” los predice con un 99,72% (C4.5) y 99,49% (J48) de aciertos en la etapa de entrenamiento y con 99,66% (C4.5) y 99,81% (J48) en la de prueba. Por consiguiente, si bien ambos modelos presentan muy buena capacidad de predicción y generalización, se considera que el algoritmo J48 resultó ser levemente superior al momento de predecir los planes de ahorro que pueden resultar rescindidos.

Por otra parte, de la aplicación del algoritmo J48, se obtuvieron 2 reglas que describen el comportamiento general de los clientes que pueden rescindir sus planes, las cuales se detallan en la Tabla 6:

Tabla 6. Clientes que rescinden el plan de ahorro

R ₁	Si Licitación_Cancela = 0 y Medio de Pago = ‘DESCONOCIDO’ y Deuda Moroso = 0 y Cuotas Pagas <= 10 y Cuotas a Vencer <= 73
R ₂	Si Licitación_Cancela = 0 y Medio de Pago = ‘DESCONOCIDO’ y Deuda Moroso = 0 y 10 < Cuotas Pagas <= 18 y Cuotas a Vencer <= 65

A partir de las reglas identificadas se describe el comportamiento general de estos clientes:

- **Regla 1:** Los planes que se rescinden son de clientes que no licitaron ni cancelaron su plan y que tampoco presentan mora en el pago, abonaron a lo sumo 10 cuotas y le restan pagar menos de 73. En este caso, se desconoce el medio de pago (pudiendo ser tarjeta o débito automático). Esta regla da una cobertura del 82% de los casos analizados.
- **Regla 2:** Los planes que se rescinden son de clientes que no licitaron ni cancelaron su plan, tampoco presentan mora en el pago, abonaron entre 10 y 18 cuotas y le restan pagar menos de 65. En este caso, también se desconoce el medio de pago elegido por el cliente. Esta regla da una cobertura del 7% de los casos analizados.

Del análisis realizado se observa que cuando el cliente pagó menos de 10 cuotas tiene mayor probabilidad de rescindir el plan, disminuyendo esta situación a medida que abona más cuotas. Asimismo, el 99% de los planes que se abonan con medios de pago “tarjeta” o “débito automático” son de clientes que no rescinden el plan, siendo este un indicador importante a tener en cuenta. Con el objetivo de identificar alguna otra regla relevante, se aplicó el algoritmo C4.5, obteniéndose exactamente las mismas reglas generales que con el algoritmo J48.

Respecto al análisis realizado por región, luego de aplicar el algoritmo J48 se obtuvieron las siguientes reglas que describen el comportamiento de los clientes que rescinden el plan, detalladas en las Tablas 7 a 11:

Tabla 7. Reglas de comportamiento - Región Centro

R ₁	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y Cuotas Pagas <= 9
R ₂	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y 9 < Cuotas Pagas <= 26

A partir de las reglas descubiertas en la Tabla 7 se identifica que los clientes de la región Centro con mayor predominancia a rescindir el plan de ahorro, son aquellos que abonaron a lo sumo 9 cuotas, no licitaron ni cancelaron el plan y no tienen mora en el pago. Esta regla da una cobertura del 87,6% sobre los clientes que rescinden los planes en esta región. Otra posibilidad, aunque con una cobertura bastante menor del 9,6%, incluye a los clientes que abonaron entre 9 y 26 cuotas.

En cuanto a los clientes de la región de Cuyo, a partir de las reglas descubiertas en la Tabla 8 se identifica que los de mayor tendencia a rescindir el plan son aquellos que abonaron a lo sumo 10 cuotas, no licitaron ni cancelaron el plan y tampoco tienen mora en el pago. Esta regla da una cobertura del 90,8% sobre los clientes que rescinden los planes en esta región. Otra regla, aunque con una cobertura menor del 9,6%, incluye a los clientes que comenzaron el plan antes del año 2015 y abonaron entre 10 y 28 cuotas.

Respecto a las reglas descubiertas en la Tabla 9 se identifica que los clientes de la región Litoral con mayor tendencia a rescindir el plan, son aquellos que abonaron a lo sumo 11 cuotas, no licitaron ni cancelaron el plan y no tienen mora en el pago. Esta regla da una cobertura del 82,7% sobre los clientes que rescinden los planes en esta región. Otras reglas, aunque con una cobertura del 7,4% y 5,4% respectivamente, incluyen a los clientes que tienen pagas a lo sumo 4 cuotas y le restan pagar más de

72 o bien que habiendo pagado entre 11 y 28 cuotas comenzaron el plan antes del año 2016.

Tabla 8. Reglas de comportamiento - Región Cuyo

R ₁	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y Cuotas Pagas <= 10
R ₂	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y 10 < Cuotas Pagas <= 28 y Año Inicio <= 2015

Tabla 9. Reglas de comportamiento - Región Litoral

R ₁	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y Cuotas Pagas <= 11 y Cuotas a Vencer <= 72
R ₂	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y Cuotas Pagas <= 4 y Cuotas a Vencer > 72
R ₃	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y 11 < Cuotas Pagas <= 28 y Año Inicio <= 2015

De la Tabla 10, correspondiente a la región Norte se obtienen 3 reglas que describen el comportamiento de los clientes con mayor predominancia a rescindir el plan. Por un lado, se identifica que quienes pagaron a lo sumo una cuota son los más propensos a rescindir el plan, dando una cobertura del 41,4% sobre el total de clientes de esta región. Por otra parte, y con una cobertura similar a la regla anterior, se presenta la posibilidad de rescisión en clientes que, habiendo abonado entre 2 y 6 cuotas, no licitaron ni cancelaron el plan, ni tampoco tienen mora en el pago. Otra posibilidad, aunque menor, incluye también a los clientes que comenzaron el plan de ahorro entre los años 2014 y 2016 y abonaron entre 6 y 15 cuotas. Esta última situación presenta una cobertura del 12% sobre los clientes de esta región.

Por la región Patagonia, tal como se observa en la Tabla 11, también se obtienen 3 reglas que describen el comportamiento de los clientes con tendencia a rescindir el plan. Por un lado, se identifica a aquellos clientes que a lo sumo pagaron una cuota, otorgando una cobertura del 38,9% sobre el total de clientes de esta región. Además, y

con una cobertura del 44%, se tiene a los clientes que, habiendo abonado entre 2 y 9 cuotas, no licitaron ni cancelaron el plan, tampoco tienen mora en el pago y le restan abonar 74 cuotas. Como última posibilidad, aunque en menor proporción de cobertura (10,5%), se identifica a los clientes que pagaron entre 9 y 24 cuotas, adeudan hasta 74 e iniciaron el plan antes de 2016.

Tabla 10. Reglas de comportamiento - Región Norte

R ₁	Si Cuotas Pagas <= 1
R ₂	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y 1 < Cuotas Pagas <= 6
R ₃	Si Licita_Cancela = 0 y Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y Deuda Moroso = 0 y 6 < Cuotas Pagas <= 15 y Año Inicio <= 2016

Tabla 11. Reglas de comportamiento - Región Patagonia

R ₁	Si Cuotas Pagas <= 1
R ₂	Si Licita_Cancela = 0 y Deuda Moroso = 0 y 1 < Cuotas Pagas <= 9 y Cuotas a Vencer <= 74
R ₃	Si Medio de Pago = 'DESCONOCIDO' y 9 < Cuotas Pagas <= 24 y Cuota a Vencer <= 74 y Año Inicio <= 2015

5.2. Naive Bayes

Para el estudio de la red bayesiana se aplicó el algoritmo Naive Bayes utilizando el software Weka y Tanagra. Ambas herramientas presentaron los mismos resultados sobre los datos de entrenamiento y prueba. En la Tabla 12 se muestra la información y exactitud predictiva del algoritmo aplicado.

Tabla 12. Información Predictiva con Naive Bayes

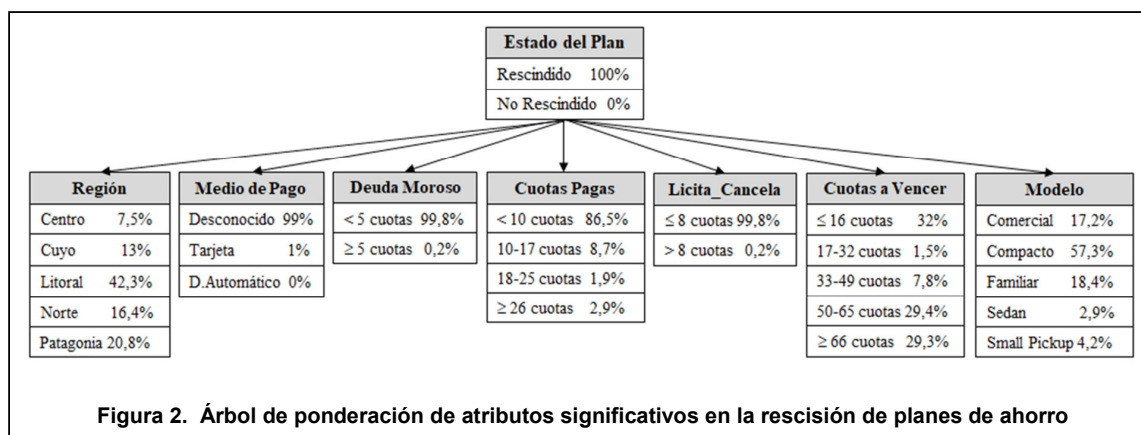
Predicción del Estado de Rescisión			
	Rescindido	No Rescin.	Tasa de Error
Para casos de entrenamiento			
Rescindido	5504	105	1,87%
No Rescin.	919	3975	18,77%
Para casos de prueba			
Rescindido	2388	59	2,41%
No Rescin.	388	1666	18,88%

Como se observa en la Tabla anterior, el modelo predijo los datos de entrenamiento con el 90,25% de exactitud y los de prueba con un 90,07%. También, que el modelo predice los planes en estado "Rescindido" con una tasa de aciertos del 98,13% en la etapa de entrenamiento y del 97,59% durante la de prueba, mientras que los planes "No Rescindidos" los predice con una tasa del 81,23% en la etapa de entrenamiento y con 81,12% en la de prueba. Si bien el modelo tiene buena capacidad de predicción y generalización, tiende a confundir los planes que no fueron rescindidos como que sí van a serlo. No obstante, desde el punto de vista del impacto para el concesionario no resultará alto, ya que el cliente en definitiva no rescindirá el plan de ahorro, siendo simplemente un indicador de "atención".

Por otra parte, para identificar el o los factores de mayor incidencia sobre los planes rescindidos, en la Figura 2 se muestra el árbol de ponderación obtenido de aplicar una red bayesiana con el algoritmo Naive Bayes. Este árbol muestra en qué medida la variación de los valores de cada atributo incide en el estado de "Rescisión" de un plan.

Del análisis de atributos significativos se observa que los de mayor incidencia sobre el estado de un plan "Rescindido" son: la REGION, donde el valor "Litoral" da una incidencia del 42,3%; el MODELO de autos "Compacto" con una significancia del 57,3%; el atributo DEUDA MOROSO con una incidencia del 99,8% sobre los clientes que tienen hasta 5 cuotas en mora; el atributo CUOTAS PAGAS con una significancia del 86,5% en aquellos planes que pagaron hasta 9 cuotas y el atributo LICITA_CANCELA con una incidencia del 99,8% cuando no se superan las 8 cuotas licitadas/canceladas. En el caso del atributo CUOTAS AVENCER, si bien tiene incidencia en el resultado de la rescisión de un plan, el comportamiento queda extrapolado entre los que adeudan menos de 16 cuotas y más de 50. Los restantes atributos del algoritmo no son significantes, por lo que no se indicaron en la Figura 2. No obstante, se mencionan las conclusiones sobre la incidencia que los mismos aportan al modelo de predicción del Churn construido:

- Las 22 provincias dan una incidencia entre 1,21% y 9%. Las más relevantes son Chaco (6,99%), Neuquén (6%), Corrientes (7,56%), Entre Ríos (7,76%), Mendoza (7,18%) y Santa Fe (9,04%). Ninguna tiene más significancia sobre otra, por lo que no se consideró un atributo significativo en el modelo.
- Todos los meses tienen una incidencia entre 6,35% y 10,8%, por lo que tampoco resultan significantes.
- Los años de mayor incidencia son el 2016 (29,51%) y 2017 (18,95%). Los restantes dan una incidencia entre 0,1% y 12,9% sobre el estado de rescisión del plan. Este atributo tampoco es significativo ya que corresponde a los valores de la muestra utilizada en el trabajo.



5.3. Redes Neuronales Artificiales

Para el estudio de la mejor Red Neuronal Artificial (RNA) se consideró una topología de dos a seis nodos en la capa oculta, obteniéndose seis modelos. La selección del mejor modelo se efectuó basándose en los datos de prueba. Los resultados de la búsqueda de la mejor RNA se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la mejor red neuronal

Capa Oculta	Error del Modelo	
	Entrenamiento	Prueba
2 nodos	0,94%	1,16%
3 nodos	1%	1,18%
4 nodos	1,1%	1,58%
5 nodos	1,05%	1,31%
6 nodos	1,23	2,09

En esta tabla se puede observar que la tasa de clasificaciones correctas del estado de todos los planes de ahorro es del 99,06% con un modelo de 2 nodos en la capa oculta, del 99% con el modelo de 3 nodos, mientras que con un número mayor de nodos la tasa de clasificaciones correctas desciende por debajo de este valor. Además, se resalta en negrita el mejor modelo de RNA seleccionado. La selección se basa en una mejora por debajo de la primera cifra significativa en el porcentaje de clasificación correcta.

En la Tabla 14 se muestra la información y exactitud predictiva de la Red Neuronal Artificial, la cual utiliza un perceptrón de 2 nodos en la capa oculta. Como se observa, el modelo predijo los datos de entrenamiento con el 99,06% de exactitud y los de prueba con un 98,84%. También, que el modelo predice los planes en estado “Rescindido” con una tasa de aciertos del 98,56% durante la etapa de entrenamiento y del 98,53% durante

la de prueba, mientras que los planes “No Rescindidos” los predice con una tasa del 99,64% en la etapa de entrenamiento y del 99,23% en la de prueba.

Tabla 14. Información Predictiva con Red Neuronal

Predicción del Estado de Rescisión (2 nodos)			
	Rescindido	No Rescin.	Tasa de Error
Para casos de entrenamiento			
Rescindido	5528	81	1,44%
No Rescin.	18	4876	0,36%
Para casos de prueba			
Rescindido	2411	36	1,47%
No Rescin.	16	2038	0,77%

6. Conclusiones

Los concesionarios de autos necesitan analizar diferentes indicadores que contribuyan a la toma de decisiones a mediano y largo plazo con el fin de implementar estrategias que mejoren su eficiencia y posicionamiento en un mercado muy competitivo.

La explotación de información, el aprendizaje automático y la minería de datos son fundamentales para proporcionar patrones de conocimiento de poblaciones de datos basándose en el análisis y exploración de los mismos, conjuntamente con la aplicación de procesos, técnicas y algoritmos a utilizar.

El análisis comparativo realizado a los resultados obtenidos muestra que el algoritmo de árboles de decisión resultó ser el mejor modelo de predicción del Churn para los planes de ahorro, con una exactitud de clasificación del 99,08% y una tasa de error del 0,2% en la predicción de planes rescindidos y no rescindidos. Además, permitió la identificación de reglas de comportamiento que pueden presentar los clientes con intenciones de rescindir un plan.

En segundo lugar ubicamos a la Red Neuronal, con una exactitud del modelo obtenido del 98,84% y una tasa de aciertos del 98,53% y 99,23% en la predicción de los planes rescindidos y no rescindidos, respectivamente. A pesar del desempeño satisfactorio alcanzado, con frecuencia estos modelos son criticados en la medida que se consideran cajas negras que no permiten hacer inferencias acerca de la manera en que las variables de la capa de entrada afectan a los resultados del modelo, en este caso la predicción del Churn.

Por último se ubica el algoritmo Naive Bayes, que presenta una exactitud del modelo del 90,07% y una tasa de aciertos de planes rescindidos y no rescindidos del 97,59% y 81,12%, respectivamente. No obstante, este último algoritmo facilitó la identificación de los atributos más significativos que influyen en la posibilidad de que un cliente rescinda un plan.

Teniendo en cuenta lo descripto, en el trabajo se pudo identificar que la principal alerta que un cliente manifiesta en la fase previa del abandono del plan es haber pagado menos de 12 cuotas de un plan para la compra de un automóvil del tipo familiar o compacto. Ante esta situación, los concesionarios pueden estar atentos a la proximidad de este número de cuotas, realizando diferentes alternativas de marketing o similares para los clientes.

Acorde a lo expuesto, como futuras líneas de desarrollo se propone por un lado la entrega al concesionario de toda esta información a fin de poder realizar distintas estrategias de contacto y/o citas para revertir el Churn. Por otro lado, se plantea incorporar los datos personales y socio-económicos de los clientes, que no pudieron incluirse en esta etapa del trabajo, a fin de ajustar los modelos y validar la existencia de otras características a tener en cuenta. Asimismo, se propone actualizar la evolución de los actuales planes proyectados a la fecha, estudiando la injerencia de factores micro o macroeconómicos sobre los planes de ahorro. Por último, se plantea el interés de aplicar las Redes Neuronales con técnicas que permitan identificar reglas de comportamiento sobre clientes con posibilidad de rescindir planes de ahorro y extender la aplicación a modelos que combinen varios algoritmos de clasificación.

7. Referencias

- [1] Pollo-Cattaneo, M., Pytel, P., García-Martínez, R., Vegega, C., Amatriain, H., Ramón, H., Mansilla, D., Deroche, A., Cigliuti, P., Saavedra-Martínez, P., Garbarini, R., Rodríguez, D., Britos, P., Tomasello, M. (2013). Prácticas y Aplicaciones de Ingeniería de Requisitos en Proyectos de Explotación de Información. Proceedings del XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Pág. 171-175. ISBN 978-9-872-81796-1.
- [2] Barrientos, F., Ríos, S.A. (2013). Aplicación de Minería de Datos para Predecir Fuga de Clientes en la Industria de las Telecomunicaciones. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- [3] B. Lantz (2015). "Machine Learning with R Second Edition". Packt Publishing Ltd.
- [4] He, B., Shi, Y., Wan, Q., & Zhao, X. (2014). Prediction of customer attrition of commercial banks based on SVM model. *Procedia Computer Science*, 31, 423-430.
- [5] Chiang, D. A., Wang, Y. F., Lee, S. L., & Lin, C. J. (2003). Goal-oriented sequential pattern for network banking Churn analysis. *Expert Systems with Applications*, 25(3), 293-302.
- [6] Ahn, J. H., Han, S. P., & Lee, Y. S. (2006). Customer Churn analysis: Churn determinants and mediation effects of partial defection in the Korean mobile telecommunications service industry. *Telecommunications policy*, 30(10), 552-568.
- [7] Keramati, A., & Ardabili, S. M. (2011). Churn analysis for an Iranian mobile operator. *Telecommunications Policy*, 35(4), 344-356.
- [8] Mutanen, T. (2006). Customer Churn analysis—a case study. *Journal of Product and Brand Management*, 14(1), 4-13.
- [9] ACARA (Asociación de Concesionarios de automotores de la República Argentina), www.acara.org.ar, Último acceso Julio de 2018.
- [10] Ian H. Witten, Eibe Frank (1999). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems. ISBN 978-0-12-374856-0.
- [11] Kisioglu, P., & Topcu, Y. I. (2011). Applying Bayesian Belief Network approach to customer Churn analysis: A case study on the telecom industry of Turkey. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 7151-7157.
- [12] Rakotomalala, R. (2005). Tanagra: data mining software for academic and research purposes. in *Actes de EGC'2005, RNTI-E-3*, vol. 2, pp. 697-702.
- [13] Ahn, J. H., Han, S. P., & Lee, Y. S. (2006). Customer Churn analysis: Churn determinants and mediation effects of partial defection in the Korean mobile telecommunications service industry. *Telecommunications policy*, 30(10), 552-568.
- [14] AManso, F. (2015) *Análisis de Modelos de Negocios basados en Big Data para Operadores móviles*. Universidad de San Andrés. Tesis de Maestría en Gestión de Servicios Tecnológicos y Telecomunicaciones (goo.gl/d88nV2).
- [15] Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C. & Wirth, R. *CRISP-DM 1.0 Step-by-step Data Mining Guide*. <http://tinyurl.com/crispdm>, 2000 (accessed 02.05.17).

- [16] Science Direct, <http://www.sciencedirect.com/>, Último acceso Julio de 2018.
- [17] Google Académico, <https://scholar.google.com.ar/>, Último acceso Julio de 2018.
- [18] Bibliotecas Electrónicas UTN, <http://portal.bibliotecas.utn.edu.ar/proxy/>, Último acceso Julio de 2017.
- [19] Britos, P. V., & Britos, P. V. (2005). Minería de datos basada en sistemas inteligentes. Nueva Librería.
- [20] Dreiseitl, S., & Ohno-Machado, L. (2002). Logistic regression and artificial neural network classification models: a methodology review. *Journal of biomedical informatics*, 35(5), 352-359.
- [21] Vafeiadis, T., Diamantaras, K. I., Sarigiannidis, G., & Chatzisavvas, K. C. (2015). A comparison of machine learning techniques for customer Churn prediction. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 55, 1-9.
- [22] Dupouy Berrios, C. (2014). Aplicación de Árboles de decisión para la estimación del escenario económico y la estimación de movimiento la tasa de interés en Chile. Santiago, Chile.
- [23] Ramírez Cabrera, J.L. (2013) Análisis comparativo DBDT vs otros Algoritmos para el manejo de datos no escalares. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia.
- [24] Martín Arevalillo, J. (2013) Data mining con árboles de decisión en Bioinformática. In Ciclo de conferencias de la Facultad de Informática 2012/2013, 18 de junio de 2013, Sala de Grados de la Facultad de Informática de la Universidad Complutense de Madrid.
- [25] Pyle, D. (1999). Data preparation for data mining (Vol. 1). morgan kaufmann.
- [26] Mihaich, F. (2014). Aplicación de redes neuronales en la clasificación de imágenes. Trabajo Especial de Licenciatura en Ciencias de la Computación. Universidad Nacional de Córdoba.
- [27] Nath, S. V., & Behara, R. S. (2003, November). Customer Churn analysis in the wireless industry: A data mining approach. In Proceedings-annual meeting of the decision sciences institute (pp. 505-510).
- [28] Britos, P. (2008). Procesos de Explotación de Información basados en Sistemas Inteligentes. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Informática. Argentina.
- [29] García Serrano, A. (2013). Inteligencia artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones. Alfaomega.
- [30] Manso, F. (2015). Análisis de Modelos de Negocios Basados en Big Data para Operadores Móviles. Tesis de Magíster en Gestión de Servicios Tecnológicos y de Telecomunicaciones. Universidad de San Andrés.
- [31] Quinlan, J. R. (1993). C4.5: Programs for Machine Learning. Morgan Kaufmann Publishers.
- [32] Hegazy, T.; Fazio, P. and Moselhi, O. (1994). "Developing practical neural network applications using backpropagation". *Microcomputers in Civil Engineering*, vol. 9, No. 2 (March), pp. 145-159
- [33] Palisade. "Guía para el uso de NeuralTools: Programa auxiliar de redes neuronales para Microsoft® Excel Versión 5.7". Ithaca, NY: Palisade Corporation, 2010. 110 P.
- [34] Basso, D. (2014). Propuesta de Métricas para Proyectos de Explotación de Información. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 2(4): 157-218, ISSN 2314-2642.

Aplicación de algoritmos de minería de secuencias a una vista minable de exámenes aprobados

Oscar Eduardo Quinteros*, Hernán César Ahumada*, Ana Funes†

*Universidad Nacional de Catamarca - Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas

{oequinteros, hcahumada}@tecno.unca.edu.ar

†Universidad Nacional de San Luis

afunes@unsl.edu.ar

Resumen

La aplicación de algoritmos de minería de secuencias, sobre los datos de los exámenes finales rendidos y aprobados, permite generar modelos descriptivos que descubran patrones de comportamiento de los alumnos en sus recorridos académicos. Los algoritmos utilizados requieren que los datos se encuentren en un formato determinado para poder ser procesados. Dicho formato se denomina vista minable, y es la consolidación en una única tabla de todas las observaciones y atributos que se extraigan del caso de estudio. En este trabajo, la vista minable está formada por las secuencias de exámenes aprobados de materias del Ciclo Común de Articulación (CCA) de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca. Se procesa la vista minable con dos algoritmos de minado de secuencias. Primero se analiza sólo el orden en el que fueron aprobados los exámenes, utilizando el algoritmo SPADE. Luego se considera, además, el tiempo transcurrido entre cada materia aprobada, aplicando el algoritmo Generalizado para Minado de Patrones Secuenciales con Intervalo entre Ítems. El proceso para generar los modelos descriptivos correspondientes se desarrolla según lo establecido por la metodología CRISP-DM (CRoss Industry Standard Process for Data Mining), la cual es una metodología para el descubrimiento de conocimiento en bases de datos, estructurada en un proceso jerárquico, compuesto por tareas descriptas en cuatro niveles diferentes de abstracción, que van desde lo general a lo específico. Las secuencias frecuentes, resultantes de aplicar SPADE y Algoritmo Generalizado para Minado de Patrones Secuenciales con Intervalo entre Ítems, permiten descubrir patrones de comportamiento de los alumnos en sus recorridos académicos con respecto a exámenes finales aprobados.

1. Introducción

La Minería de Secuencias Temporales consiste en encontrar patrones de secuencias, generalmente bajo la forma de asociaciones del tipo: cuando ocurre A, entonces ocurre B dentro de algún lapso de tiempo [2].

El proceso de descubrir patrones secuenciales involucra dos etapas: representar las secuencias y la aplicación del algoritmo que encontrará patrones frecuentes en las secuencias.

La minería de secuencias frecuentes involucra los siguientes elementos básicos [13]:

- Alfabeto: conjunto de ítems. $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$
- Evento: n-upla no ordenada de ítems. $\alpha_i = (i_1, i_2, \dots, i_n)$
- Secuencia: lista ordenada de eventos $\alpha = (\alpha_1 \rightarrow \alpha_2 \rightarrow \dots \rightarrow \alpha_k)$

Una secuencia α está compuesta de uno o más eventos α_i que a su vez incluyen n ítems del alfabeto I .

Las secuencias temporales incluyen información sobre el momento de ocurrencia de cada evento. Por lo tanto, la serie de eventos se ordena según la variable tiempo. La incorporación de la variable tiempo, que representa el tiempo que transcurre entre dos eventos en una secuencia, puede ser realizada adicionando entre los eventos un nuevo pseudo evento o elemento denominado *item de intervalo* [5].

El *item de intervalo* se representa en la secuencia como un pseudo evento o elemento, el cual toma el valor del segmento de tiempo definido por el usuario. Después de extender las secuencias originales insertando pseudo elementos, el algoritmo Generalizado para Minado de Patrones Secuenciales con Intervalo entre Ítems [5] puede extraer los patrones secuenciales frecuentes de ellos.

El recorrido académico de alumnos se puede modelar y analizar a través de técnicas de minería de secuencias, tal como fue planteado en [10]. La Minería de Secuencias [1] consiste en la búsqueda de patrones secuenciales frecuentes en una base de datos de eventos con fecha y hora [8] [4]. En nuestro caso, la búsqueda de patrones secuenciales significa poder identificar las secuencias de exámenes rendidos más frecuentes, que nos permita obtener conclusiones sobre dichas secuencias y lapsos de tiempo para aprobar las asignaturas.

El proceso de extracción de conocimiento mediante técnicas de minería de datos se realiza en el marco de una metodología. En este caso se ha seleccionado la metodología CRISP-DM (CRoss Industry Standard Process for Data Mining) [12], la cual consta de 6 fases: 1. Entendimiento

del negocio, 2. Entendimiento de los datos, 3. Selección y Preparación de los datos, 4. Modelado, 5. Evaluación y 6. Implementación.

Las fases 1 y 2 fueron desarrolladas en [10] con el objetivo de caracterizar y analizar el recorrido académico de los alumnos en base a exámenes finales aprobados de materias del Ciclo Común de Articulación (CCA) de las Carreras de Ingeniería en la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas (FTyCA) de la Universidad Nacional de Catamarca (U.N.C.A.). La fase 3 fue presentada en los trabajos [9] y [3], con el objetivo de definir los elementos de la secuencia, identificador, tiempo y evento para generar una vista minable y realizar un estudio de frecuencias en las secuencias de aprobación de materias.

En las siguientes secciones del presente trabajo se desarrolla la fase 4 de CRISP-DM, denominada "Modelado", donde se aplican las distintas técnicas de minería sobre el conjunto de datos (vista minable) para obtener los modelos descriptivos (patrones) buscados. En la sección 2 Selección de la técnica de modelado, se desarrolla la tarea de selección de la técnica de minería de datos más apropiada al tipo de problema a resolver, teniendo en cuenta los tipos de datos disponibles, los objetivos de minería de datos, y requisitos específicos del modelado. En la sección 3 Vista minable se describe la estructura y conformación de la base de datos de secuencias la cual será objeto de aplicación de los algoritmos de minado. En la sección 4 Construcción del modelo se aplican las técnicas seleccionadas sobre los datos previamente preparados para generar uno o más modelos. En la sección 5 Evaluación el modelo se interpretan los modelos de acuerdo al conocimiento preexistente del dominio y los criterios de éxito preestablecidos. Finalmente en la sección 6 Conclusiones y Trabajo Futuro se evalúan los resultados encontrados en este trabajo y se dejan expresadas acciones a realizar para cumplimentar con las fases 5 y 6 de la metodología CRISP-DM.

2. Selección de la técnica de modelado

Existen diferentes enfoques y técnicas para la extracción de patrones secuenciales, y de acuerdo a las características del conjunto de datos a analizar es que se debe seleccionar particularmente la más adecuada.

Dada una base de datos de secuencias, se quieren descubrir todas las secuencias frecuentes (patrones repetidos) cuya ocurrencia en el conjunto de secuencias sea mayor o igual que un valor umbral especificado por el usuario, denominado *soporte mínimo*. El valor de *soporte mínimo* constituye un porcentaje de las secuencias que incluyen a esta secuencia en la base de datos. El problema de descubrir las secuencias frecuentes se encuentra estudiado y existen diferentes tipos de aproximaciones para encontrar una solución [6] [5].

Los algoritmos para minar secuencias consideran principalmente el orden de ocurrencia de los ítems ya que la variable tiempo de ocurrencia de cada evento es utilizada a los fines de realizar el ordenamiento cronológico de los eventos. Estos algoritmos se agrupan según dos enfoques:

los basados en el principio Apriori tal como GSP (Generalized Sequential Patterns) [11] y SPADE [13], y los basados en crecimiento de patrones como FreeSpan y PrefixSpan [7]. Ambos enfoques sólo consideran el orden y no tienen en cuenta el intervalo de tiempo transcurrido entre eventos sucesivos, por lo tanto es imposible distinguir entre dos secuencias frecuentes iguales, donde el intervalo entre eventos sea diferente.

Para extraer secuencias frecuentes que satisfagan diferentes restricciones de intervalo de tiempo se han propuesto algoritmos de minería basados en extender la secuencia original de eventos y así poder considerar la información que represente el tiempo de ocurrencia de cada evento. En particular la propuesta descrita por Yu Hirate y Hayato Yamana [5] se desarrolla en este sentido y requiere definir para cada evento de la secuencia, un valor numérico natural que represente el tiempo en que ocurre ese evento.

En el presente trabajo se analiza la *vista minable* de las secuencias de aprobación de exámenes generada en [9] desde dos perspectivas, primero sólo observando el orden secuencial de aprobación de materias, y luego teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre los exámenes aprobados.

Para la primera perspectiva se utiliza el algoritmo SPADE [13], el cual admite un formato vertical de la *vista minable*, igual al formato generado en [9]. En la segunda perspectiva de análisis consideramos el algoritmo propuesto por Yu Hirate y Hayato Yamana en "Minería de patrones secuenciales generalizada con intervalos de ítems" [5], en donde es posible asociar, entre pares de eventos consecutivos α_i y α_j , un valor numérico natural t_{ij} que representa el tiempo transcurrido desde que ocurrió α_i hasta que ocurre α_j . En nuestro caso de estudio [9], cada valor t_{ij} indica la cantidad de *semestres* de separación entre eventos de aprobación de materias.

El uso de la cantidad de *semestres* como representación del tiempo fue establecido durante la construcción de la *vista minable*, y representa cuántos *semestres académicos* transcurrieron desde la fecha de ingreso a la carrera hasta la fecha del aprobación del examen. La cantidad de *semestres* se calcula iniciando en 1 el conteo a partir del año de ingreso de cada alumno a la carrera, y luego incrementando en 1 por cada *semestre* que avanza en el tiempo de la vida académica del alumno. Al considerar el avance de un *semestre* a otro se tiene como referencia al año académico, que va desde Abril a Marzo, entonces se considera como un *semestre académico* al período Abril-Septiembre y el otro *semestre académico* comprende los meses Octubre-Marzo.

3. Vista minable

Los algoritmos de minería de secuencias requieren que los datos se organicen en una estructura específica para que puedan ser procesados. Dicho formato se denomina *vista minable*, y es la consolidación en una única tabla de todas las observaciones y atributos que se extraigan del caso de estudio. En este trabajo la *vista minable* es la obtenida en [9], y está formada por las secuencias de exámenes aprobados de materias del Ciclo Común de Articulación

(CCA) de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

En nuestro caso de estudio, el *Alfabeto* o conjunto de ítems que pueden aparecer en una secuencia lo constituyen las 11 materias que componen el CCA. En la Tabla 1 se detalla la denominación de cada materia y el código mediante el cual se la referencia en la base de datos de secuencias.

Tabla 1: Materias consideradas en la base de datos de secuencias

Materia	Código de Materia
FUNDAMENTOS DE INFORMÁTICA	M1
QUÍMICA	M2
FÍSICA I	M3
SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	M4
ÁLGEBRA	M5
GEOMETRÍA ANALÍTICA	M6
ANÁLISIS MATEMÁTICO I	M7
ANÁLISIS MATEMÁTICO II	M8
CÁLCULO AVANZADO	M9
PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA	M10
FÍSICA II	M11

Para obtener la *vista minable*, se genera una única tabla que contenga tres columnas:

- **Identificador único de secuencia:** S_{id} establecido según el atributo “*Legajo*”, el cual es el número identificador del alumno.
- **Tiempo del evento:** $t(E_{id})$ es el *item de intervalo*, que en nuestro caso de estudio es el atributo “*Semestre*”, y constituye el número del semestre donde se ha producido el evento de rendir y aprobar el examen.
- **Ítems del evento:** representa la n-upla de ítems, de atributos “*Materia*” aprobadas por un alumno en un semestre académico en particular.

En la Tabla 2 se muestran, a modo de ejemplo, 3 de las 886 secuencias temporales construidas, cuyo formato es el apropiado para ser procesado con algoritmos de *Minería de Secuencias*.

Tabla 2: Ejemplo de secuencia temporal de materias aprobadas por cada alumno

IdAlumno (S_{id})	Tiempo del evento $t(E_{id})$	Ítems del evento
1	1	(M6)
1	2	(M3)
2	1	(M4, M5)
2	4	(M1, M3, M6)
3	2	(M1)
3	3	(M2, M7)

Un resumen de la base de datos de secuencias de exámenes aprobados se muestra en la Tabla 3 donde se puede observar la cantidad de secuencias (alumnos) según la cantidad de ítems de cada secuencia (exámenes aprobados). Por ejemplo, 101 alumnos aprobaron los 11 exámenes de materias del CCA.

Tabla 3: Cant. de secuencias por cantidad de ítems

Cant. Ítems	Cant. Secuencias
1	166
2	134
3	129
4	77
5	66
6	49
7	56
8	49
9	40
10	19
11	101

4. Construcción del modelo

4.1. Criterio de aceptación

Los algoritmos de minería de secuencias pueden generar un gran número de secuencias frecuentes, las cuales algunas de ellas pueden no resultar de interés al análisis de nuestro caso de estudio, y es por ello que previo a aplicar los algoritmos definimos un criterio de aceptación de las secuencias frecuentes que consideraremos.

Como criterio de aceptación establecemos que, del conjunto de secuencias frecuentes, sólo se tendrán en consideración para nuestro análisis las secuencias que tengan una longitud mayor a 1 y un valor de *soprote mínimo* del 20%. El motivo de nuestro criterio es que no resulta de nuestro interés las secuencias que presenten un solo ítem, es decir alumnos que han aprobado una sola materia, con lo cual fijamos que la longitud de secuencia sea mayor a 1, observando solamente las relaciones entre 2 o más ítems (materias aprobadas). Además de todas las secuencias frecuentes que se generen solo consideraremos las que tengan una presencia de al menos un 20% en nuestra base de datos de secuencias, entendiendo que ese porcentaje mínimo es el requerido para poder extraer futuras conclusiones.

4.2. Aplicación de los algoritmos

Se realizó una aplicación preliminar de los algoritmos de minería de secuencias seleccionados en la sección 2, a la base de datos de secuencias, para observar la cantidad de secuencias frecuentes generadas y el resultado fue que no se encontraron secuencias frecuentes. El motivo de este resultado fue la mayor incidencia que presenta la cantidad de alumnos que sólo han rendido y aprobado 1, 2 o 3 materias. Por este motivo se procedió a segmentar la base de datos de secuencias en tres grupos según su rendimiento, a fin de que resulten más homogéneos los conjuntos de secuencias para su análisis posterior. En cada segmento se han agrupado los alumnos cuya cantidad de exámenes aprobados se encuentre dentro de cierto intervalo, denominando a los segmentos como *BAJO*, *REGULAR* y *BUENO*. En la Tabla 4 se muestran criterios y resultados de la segmentación de las secuencias según el rendimiento del alumno en base a la cantidad de materias aprobadas.

Tabla 4: Segmentación de secuencias según rendimiento académico

Rendimiento	X=Cant. Materias Aprobadas	Cant. Alumnos
BAJO	$1 \leq X \leq 5$	572
REGULAR	$6 \leq X \leq 8$	154
BUENO	$9 \leq X \leq 11$	160

Sobre cada segmento de la base de datos de secuencias, se aplicaron nuevamente los algoritmos de minería seleccionados en la sección 2. Los resultados obtenidos para cada segmento se detallan a continuación.

4.3. Análisis de Patrones Frecuentes aplicando SPADE

En primer lugar se analizan las secuencias, de cada segmento, para determinar si existen patrones frecuentes en el orden cronológico en el que fueron aprobadas las materias. Para ello se utiliza el algoritmo SPADE [13].

4.3.1. Rendimiento BAJO. La aplicación del algoritmo SPADE sobre las 572 secuencias de Rendimiento *BAJO* no arrojó resultados con *soporte mínimo* de 20%. Se encontraron solamente 4 secuencias frecuentes con *soporte* del 7% al 11%, las cuales se muestran en la Tabla 5. Allí se observa, por ejemplo, que cuando se ha rendido y aprobado la materia *M6* a continuación se fue aprobada la materia *M5*. Esta secuencia se presentó en el 11% de las secuencias de este segmento.

Tabla 5: Patrones secuenciales frecuentes del segmento rendimiento bajo

Patrón	Cant. Secuencias	Soporte
<i>M6</i> → <i>M5</i>	143	11
<i>M6</i> → <i>M1</i>	117	9
<i>M6</i> → <i>M4</i>	91	7
<i>M1</i> → <i>M5</i>	94	7

4.3.2. Rendimiento REGULAR. La aplicación del algoritmo SPADE al conjunto de secuencias del segmento Rendimiento *REGULAR* encontró 78 subsecuencias frecuentes que cumplen con el *soporte mínimo* del 20%. Un resumen de la cantidad de secuencias frecuentes según la cantidad de ítems de las mismas y el rango de soporte se consigna en la Tabla 6.

Tabla 6: Resumen de cantidad y soporte de patrones secuenciales frecuentes según cantidad de ítems del segmento rendimiento regular

Cant. ítems	Cant. Secuencias Frecuentes	Rango de Soporte
2	41	21 – 90
3	37	20 – 47

En la Tabla 7 se muestran algunas de las secuencias frecuentes más relevantes, donde se observa por ejemplo que cuando se ha rendido y aprobado la materia *M6* a continuación se ha aprobado la materia *M4*, y posteriormente la materia *M7*. Esta secuencia se presentó en un 47% de las 154 secuencias de alumnos de rendimiento *REGULAR*.

Tabla 7: Patrones secuenciales frecuentes más relevantes del segmento rendimiento regular

Patrón	Cant. Secuencias	Soporte
<i>M6</i> → <i>M4</i> → <i>M7</i>	72	47
<i>M6</i> → <i>M5</i> → <i>M3</i>	64	42
<i>M5</i> → <i>M4</i> → <i>M7</i>	55	36
<i>M6</i> → <i>M3</i>	139	90
<i>M5</i> → <i>M4</i>	102	66
<i>M1</i> → <i>M11</i>	33	21

4.3.3. Rendimiento BUENO. La aplicación del algoritmo SPADE sobre el conjunto de datos del Rendimiento *BUENO* encontró 559 secuencias frecuentes que cumplen con el *soporte mínimo* del 20%. Un resumen de la cantidad de secuencias frecuentes según la cantidad de ítems de las mismas y el rango de soporte se consigna en la Tabla 8.

Tabla 8: Resumen de cantidad y soporte de patrones secuenciales frecuentes según cantidad de ítems del segmento rendimiento bueno

Cant. ítems	Cant. Secuencias	Rango de Soporte
2	127	20 – 98
3	235	20 – 75
4	176	20 – 49
5	21	20 – 32

En la Tabla 9 se muestran las secuencias frecuentes más relevantes, donde se observa por ejemplo que cuando se ha rendido y aprobado la materia *M6*, luego se aprobó la materia *M7*, a continuación la materia *M11*, luego la materia *M8*, y finalmente la materia *M9* y que esta secuencia se presentó un 32% sobre el total de 160 secuencias de materias aprobadas por alumnos del segmento de rendimiento *BUENO*.

Tabla 9: Patrones secuenciales frecuentes más relevantes del segmento rendimiento bueno

Patrón	Cant. Secuencias	Soporte
<i>M6</i> → <i>M7</i> → <i>M11</i> → <i>M8</i> → <i>M9</i>	51	32
<i>M5</i> → <i>M7</i> → <i>M11</i> → <i>M8</i> → <i>M9</i>	46	29
<i>M1</i> → <i>M3</i> → <i>M11</i> → <i>M8</i> → <i>M9</i>	36	23
<i>M6</i> → <i>M3</i> → <i>M11</i> → <i>M8</i>	69	43
<i>M2</i> → <i>M11</i> → <i>M8</i> → <i>M9</i>	57	36
<i>M1</i> → <i>M4</i> → <i>M8</i> → <i>M9</i>	56	35
<i>M6</i> → <i>M11</i>	157	98
<i>M3</i> → <i>M11</i>	148	93
<i>M1</i> → <i>M11</i>	140	88

4.4. Análisis de Patrones Frecuentes con intervalos de tiempo

La otra perspectiva bajo la cual se analizan las secuencias de aprobación de exámenes consiste en incluir como elemento de la secuencia el intervalo de tiempo transcurrido entre la ocurrencia de dos eventos consecutivos. Para ello, en primer lugar, cada secuencia procesada con el algoritmo SPADE en la subsección 4.3, ha sido extendida para agregar la referencia del tiempo, que en nuestro caso es el número de semestre en el cual se aprobó cada materia. Se obtiene así un conjunto de *Secuencias Extendidas*, siendo cada una de ellas una lista ordenada de eventos $\alpha = ((\alpha_1, t_1) \rightarrow$

$(\alpha_2, t_2) \rightarrow \dots \rightarrow (\alpha_i, t_i) \rightarrow \dots \rightarrow (\alpha_k, t_k)$, donde t_i es el valor entero del semestre donde se ha rendido y aprobado un examen α_i . Posteriormente, para tener una *vista minable* apta para la aplicación del algoritmo de Hirate-Yamana [5], se procedió a calcular el tiempo entre eventos consecutivos, t_{ij} , como la diferencia entre pares de tiempos de eventos consecutivos. En símbolos: $t_{ij} = t_{i+1} - t_i$. El formato final de una secuencia con intervalos de tiempo resulta: $\alpha = ((\alpha_1) \rightarrow (t_{12}) \rightarrow (\alpha_2) \rightarrow (t_{2i}) \rightarrow (\alpha_i) \rightarrow \dots \rightarrow (t_{(k-1)k}) \rightarrow (\alpha_k))$. De este modo, el tiempo entre eventos puede interpretarse como un nuevo evento con respecto a las secuencias analizadas con SPADE.

4.4.1. Rendimiento BAJO. La aplicación del algoritmo de Hirate-Yamana sobre el conjunto de datos del Rendimiento BAJO no arrojó resultados que cumplan con el *soporte mínimo* del 20%. Se encontraron solamente 3 secuencias frecuentes con rango de *soporte mínimo* del 4% al 6%. En la Tabla 10 se muestran dichas secuencias frecuentes, donde se observa por ejemplo que cuando se ha rendido y aprobado la materia M6 a continuación y con una demora de 1 *semestre* (D1) fue aprobada la materia M5, y que esta secuencia se presentó en un 6% de las 572 secuencias del Segmento Rendimiento BAJO.

Tabla 10: Patrones secuenciales frecuentes del segmento rendimiento bajo

Patrón	Cant. Secuencias	Soporte
M6 → D1 → M5	82	6
M1 → D1 → M5	54	4
M6 → D1 → M1	54	4

4.4.2. Rendimiento REGULAR. La aplicación del algoritmo de Hirate-Yamana sobre el conjunto de datos del Rendimiento REGULAR encontró 4 secuencias con *soporte mínimo* de 20%, con rango de *soporte mínimo* del 23% al 34%. En la Tabla 11 se muestran las secuencias frecuentes más relevantes. Se observa, por ejemplo, que cuando se ha rendido y aprobado la materia M5, a continuación y con una demora de 2 *semestres* (D2) ha sido aprobada la materia M4. Esta secuencia se presentó en el 31% de las 154 de secuencias del Segmento Rendimiento REGULAR.

Tabla 11: Patrones secuenciales frecuentes del segmento rendimiento regular

Patrón	Cant. Secuencias	Soporte
M6 → D1 → M5	53	34
M5 → D2 → M4	47	31
M1 → D1 → M5	39	25
M6 → D3 → M4	35	23

4.4.3. Rendimiento BUENO. La aplicación del algoritmo de Hirate-Yamana sobre el conjunto de datos del Rendimiento BUENO encontró 19 secuencias con *soporte mínimo* de 20%, con rango de *soporte mínimo* que va desde el 21% al 39%. En la Tabla 12 se muestran las secuencias frecuentes más relevantes, donde se observa por ejemplo que cuando se ha rendido y aprobado la materia M5 a continuación y con una demora de 2 *semestres* (D2) se aprobó la materia

M4. Esta subsecuencia se presentó en el 27% del total de 160 secuencias del Segmento Rendimiento BUENO.

Tabla 12: Patrones secuenciales frecuentes más relevantes del segmento rendimiento bueno

Patrón	Cant. Secuencias	Soporte
M7- > D1- > M11	62	39
M5- > D2- > M4	43	27
M6- > D1- > M4	35	22

5. Evaluación el modelo

Los modelos obtenidos han demostrado una aceptable capacidad descriptiva, encontrando en total 660 secuencias frecuentes que cumplen con el *soporte mínimo* de 20% en los diferentes segmentos de la base de datos de secuencias. Se ha dejado disponible un repositorio público con los archivos utilizados y los resultados de la aplicación de los algoritmos en la siguiente dirección web: https://github.com/oscarquinteros/mineria_de_secuencias

6. Conclusiones y Trabajo Futuro

La representación del historial de materias aprobadas como secuencias temporales permite la aplicación de diversos algoritmos de minería de secuencias. Los diferentes enfoques aplicados ofrecen perspectivas que enriquecen la capacidad descriptiva del fenómeno estudiado.

La gran presencia de secuencias cuyas longitudes son ≤ 3 no ha permitido a los algoritmos seleccionados encontrar patrones de secuencias frecuentes con longitudes mayores a la indicada. El criterio de proceder a segmentar la base de secuencias en subconjuntos que contengan las secuencias con longitudes similares si ha permitido a los algoritmos demostrar su capacidad de procesar el conjunto de datos presentado. De este modo, en cada segmento, se descubrieron numerosos patrones frecuentes con un interesante nivel de soporte.

El conjunto de secuencias frecuentes encontrado permite conocer diferentes características del fenómeno de aprobación de materias del CCA, por ejemplo comparativamente resulta que lo más común en el conjunto de alumnos que tienen un rendimiento REGULAR, es que se demoren 3 semestres en aprobar la materia SISTEMA DE REPRESENTACION (M4) luego de aprobar GEOMETRÍA ANALÍTICA (M6). En contraposición de los alumnos que tienen un rendimiento BUENO donde para las mismas secuencias la demora de aprobación entre ambas materias es de solamente 1 semestre.

De igual forma, se observa que del conjunto de alumnos que tienen un rendimiento REGULAR, un 21% rinden primero FUNDAMENTOS DE INFORMATICA (M1) para luego rendir FISICA II (M11). En contraposición de los alumnos que tienen un rendimiento BUENO donde para la misma secuencia su porcentaje asciende al 88%.

El resultado de este trabajo posibilita completar en trabajo futuro las fases 5 y 6 de la metodología CRISP-DM, en

donde se realizará una análisis más profundo de las secuencias frecuentes encontradas permitiendo caracterizar a los grupos de alumnos con diferentes rendimientos académicos y grado de avance en los estudios.

Referencias

- [1] Rakesh Agrawal and Ramakrishnan Srikant. Mining sequential patterns. In *Data Engineering, 1995. Proceedings of the Eleventh International Conference on*, pages 3–14. IEEE, 1995.
- [2] Jussi Ahola. Mining sequential patterns. *VTT research report*, 10, 2001.
- [3] Hernán César Ahumada, Oscar Eduardo Quinteros, and Claudia Alejandra Bazán. Minería de datos para la caracterización de recorridos académicos. In *IV Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información (CoNaIISI 2016, Salta, Argentina)*, 2016.
- [4] Dante Conti and Fco Javier Martínez de Pisón Ascacibar. Reglas de asociación en series temporales: panorama referencial y tendencias. In *II Congreso Español de Informática*.
- [5] Yu Hirate and Hayato Yamana. Generalized sequential pattern mining with item intervals. *JCP*, 1(3):51–60, 2006.
- [6] Carl H. Mooney and John F. Roddick. Sequential pattern mining – approaches and algorithms. *ACM Comput. Surv.*, 45(2):19:1–19:39, March 2013.
- [7] Jian Pei, Jiawei Han, Behzad Mortazavi-Asl, Jianyong Wang, Helen Pinto, Qiming Chen, Umeshwar Dayal, and Mei-Chun Hsu. Mining sequential patterns by pattern-growth: The prefixspan approach. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 16(11):1424–1440, 2004.
- [8] Prof Pinkal Shah and AK Dua. Algorithm for sequence mining using gap constraints. *International Journal of Engineering Research and Development*, pages 37–49, 2014.
- [9] Oscar Eduardo Quinteros, Ana Funes, and Hernán César Ahumada. Construcción de una vista minable para aplicar minería de datos secuenciales temporales. In *XXII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2016)*, 2016.
- [10] Oscar Eduardo Quinteros, Ana Funes, and Hernán César Ahumada. Extracción de conocimiento en el cursado del ciclo común de articulación de carreras de ingeniería. In *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*, 2016.
- [11] Ramakrishnan Srikant and Rakesh Agrawal. Mining sequential patterns: Generalizations and performance improvements. *Advances in Database Technology—EDBT'96*, pages 1–17, 1996.
- [12] Rüdiger Wirth and Jochen Hipp. Crisp-dm: Towards a standard process model for data mining. In *Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining*, pages 29–39. Citeseer, 2000.
- [13] Mohammed J. Zaki. Spade: An efficient algorithm for mining frequent sequences. *Mach. Learn.*, 42(1-2):31–60, January 2001.

Minería de datos para la detección de factores de influencia en el test Apgar

Soledad Retamar, Anabella De Battista
Lautaro Ramos, Juan Pablo Nuñez
Depto. Ingeniería en Sistemas de Información
Fac. Reg. Conc. del Uruguay, Univ. Tecnológica Nacional
Entre Ríos, Argentina
{retamars, debattistaa, ramosl, nunezjp}
@frcu.utn.edu.ar

Francisco Savoy, Laura De Gracia
Fac. de Ciencias de la Salud
Univ. Nac. de Entre Ríos
Entre Ríos, Argentina
{savoyf, degracial}
@fcs.uner.edu.ar

Resumen

En este trabajo se aplicaron técnicas de minería de datos para clasificar los valores del test de Apgar en los nacimientos ocurridos en el hospital público Justo José de Urquiza entre los años 2009 y 2017. Se aplicaron técnicas de selección de atributos para reducir la dimensionalidad en la vista minable, se realizaron experimentos con tres algoritmos de balanceo de clases: Class Balancer, SMOTE y Spread Sub Sampled; y se aplicaron tres modelos de clasificación basados en árboles de decisión: J48, REP Tree y Random Tree. Se compararon los resultados mediante métricas como TPRate, F-Score y matriz de confusión obteniendo mejores resultados con la combinación de Class Balancer y Random Tree. Entre los principales factores resultantes de aplicar el modelo de clasificación se encuentran: la aplicación de oxitócicos durante el trabajo de parto, la posición del niño al nacer, el peso y la edad gestacional del recién nacido.

1. Introducción

Las afecciones originadas en el período perinatal y los defectos congénitos de los neonatos, continúan siendo la principal causa de muerte en Argentina en los menores de un año, representando más del 80% de las muertes reportadas [1], y conformando uno de los grandes problemas a los que se enfrentan las estrategias en salud pública.

El test Apgar fue creado con el objetivo de evaluar, por medio de una herramienta sencilla, la condición física del neonato inmediatamente después de haber

nacido en función de características obstétricas, disminución del dolor en la madre y los efectos de la resucitación [2]. Esta evaluación se repite nuevamente a los cinco minutos posteriores al nacimiento asignando al neonato un puntaje que varía en una escala de 1 a 10, siendo el 10 el puntaje óptimo de la escala. Se considera que si el recién nacido obtiene un valor del test de Apgar igual o superior a 7 se encuentra en buenas condiciones de salud, si el puntaje está por debajo de 7 en bajas condiciones y por debajo de 4 puntos en muy bajas condiciones. Los puntajes inferiores a 7 en el test de Apgar, especialmente a los cinco minutos de vida, indican un compromiso para la salud del recién nacido [3].

En este trabajo se analizan mediante técnicas de minería de datos, particularmente a través de algoritmos de clasificación, las principales características que influyen en los distintos resultados del test de Apgar a los cinco minutos (Apgar5) para los recién nacidos en el Hospital Justo José de Urquiza, de la provincia de Entre Ríos, Argentina.

2. Descripción del Problema

El Descubrimiento de conocimiento en bases de datos, KDD (del inglés Knowledge Discovery in Databases), se ha definido como el proceso no trivial de identificación de patrones válidos, nuevos, potencialmente útiles y comprensibles, a partir del análisis de los datos [4]. El KDD consta de una serie iterativa de etapas o fases, estas son: preparación de los datos que incluye la selección, limpieza, transformación y proyección de los mismos; la etapa de minería de datos; y finalmente la evaluación, y validación del

conocimiento extraído. Para llevar a cabo las tareas de preparación de los datos y aplicación de los algoritmos de minería se requieren conocimientos de estadística, informática, computación, entre otros; pero en la fase de consolidación de ese conocimiento extraído es muy importante la participación de expertos del dominio del problema [5].

La fase de Minería de Datos es la más característica del proceso de KDD, y su objetivo es producir nuevo conocimiento mediante de la construcción de un modelo basado en los datos recopilados [6]. Las técnicas empleadas para la construcción del modelo dependerán del objetivo de la tarea de minería y la información obtenida en etapas previas. Las principales tareas se pueden clasificar como *predictivas*, que resuelven problemas regresión y clasificación mediante técnicas como árboles de decisión, redes bayesianas, redes neuronales, SVM; y *descriptivas* que abarcan problemas de reglas de asociación, correlaciones, clustering, detección de anomalías [7].

El problema de clasificación, puede enunciarse como: dado un conjunto de instancias de entrenamiento y sus etiquetas asociadas, determinar la clase de etiqueta para una instancia de prueba sin etiquetar [8]. Así, el problema de clasificación segmenta en tantos grupos la instancia de prueba como etiquetas de clases definidas haya. Los algoritmos de clasificación típicamente contienen dos fases: una de entrenamiento o aprendizaje, donde se construye el modelo en base a los datos etiquetados, y una etapa de prueba donde se asignan clases o etiquetas a nuevos datos para validar el modelo. Dentro de la tarea de clasificación los Árboles de Decisión son métodos muy utilizados por los algoritmos ya que los modelos resultantes son fáciles de interpretar, su implementación es simple y generalmente son tolerantes al ruido presente en los datos. Distintas técnicas de minería de datos se han aplicado ampliamente en el campo de la salud para obtener modelos que permitan estimar con un cierto grado de confianza el valor de un atributo de clase que resulte útil conocer por su dificultad de obtención o por representar riesgos para la vida humana. A través de los atributos registrados en las historias clínicas de pacientes y sus correspondientes diagnósticos, es posible realizar predicción de enfermedades en base a un conjunto de características presentes en los pacientes. En [9] se analizan los datos de los expedientes clínicos de pacientes prediabéticos con el objetivo de obtener patrones de comportamiento; en [10] se han utilizado técnicas de minería de datos para la vigilancia epidemiológica de la AH1N1, a través de la detección de comportamientos epidemiológicos anormales, con base en las características sociodemográficas y sin-

tomatológicas de los usuarios del servicio de salud y en [11] para el estudio de la mortalidad en México, con el fin de obtener reglas o patrones sobre las características de la defunción y detectar así grupos vulnerables.

2.1. Caso de estudio

En el año 1952 Virginia Apgar [12] propuso un método para evaluar el estado físico del recién nacido inmediatamente después del parto. Esta prueba, denominada test de Apgar, incluye la valoración de cinco características: frecuencia cardíaca, esfuerzo respiratorio, tono muscular, irritabilidad refleja y color. El profesional encargado de la atención del neonato es quien evalúa estas características y asigna un valor de 0 a 2 a cada una de ellas. La puntuación total del test resulta de la suma de los valores dados a los cinco componentes. Esta evaluación se realiza al primer minuto luego del nacimiento y se repite en el quinto minuto de vida del bebé.

Cuando el test de Apgar arroja un resultado de 7, 8, 9 o 10 es normal y es una señal de que el recién nacido presenta un buen estado de salud. Cuando el puntaje es inferior a 7 es una señal de que el bebé necesita atención médica; cuanto más bajo es el puntaje, mayor ayuda necesita el bebé para adaptarse fuera del vientre materno. Un puntaje bajo de Apgar, especialmente a los cinco minutos de vida, es indicativo del compromiso del recién nacido [2], y a menudo se asocia con un mayor riesgo de muerte neonatal [13]. También hay evidencia de que el puntaje de Apgar al quinto minuto es capaz de predecir los resultados adversos del neurodesarrollo a largo plazo, incluidas las puntuaciones reducidas de cociente intelectual y el deterioro motriz [14]. El puntaje de Apgar ha sido desde entonces un método universalmente aceptado para informar la condición del recién nacido y su respuesta a cualquier medida de resucitación.

El hospital Justo José de Urquiza es el único hospital público de la ciudad de Concepción del Uruguay, provincia de Entre Ríos, y cuenta con un promedio de nacimientos entre 1000 y 1200 niños por año [15]. El hospital administra la información de las embarazadas atendidas por medio del Sistema Informático Perinatal (SIP) provisto por el Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano de la Organización Panamericana de la Salud.

El SIP posee la funcionalidad de la Historia Clínica Perinatal que, mediante más de 330 variables, permite almacenar la información relacionada con la madre, como sus datos censales, estado de salud, antecedentes familiares, análisis practicados durante el embarazo, información del momento del parto y algunos datos

del recién nacido hasta el momento del alta médica, incluyendo el resultado del test de Apgar realizado a los cinco minutos posteriores al nacimiento.

Analizar los factores que pueden influir en el resultado de este test resulta un problema complejo ya que los datos suelen presentar una alta dimensionalidad, por la cantidad de variables registradas que podrían presentar alguna relación, y generalmente suelen estar muy desbalanceados, dado que la mayoría de los recién nacidos obtienen valores del test Apgar5 mayores a 6.

El objetivo de este estudio es, por medio de algoritmos de clasificación, identificar los factores que más influyen en los resultados del test de Apgar5 realizado a los recién nacidos entre los años 2009 y 2017 en el Hospital Justo José de Urquiza.

3. Materiales y Métodos

Para llevar a cabo el proceso de Minería de Datos se implementó la metodología CRISP-DM ya que proporciona un enfoque sistemático y detallado sobre las tareas y actividades a ejecutar en cada etapa. Para el análisis de la información y la construcción del modelo de clasificación de los factores de riesgos se utilizó la herramienta de software libre WEKA, desarrollado por la Universidad de Waikato para el aprendizaje automático y la minería de datos.

3.1. Recopilación y selección

Como se menciona en la sección anterior, la HCP es un instrumento diseñado para registrar los datos clínicos individuales de la mujer embarazada durante el control prenatal, el parto y el puerperio, y del neonato. El contenido de la HCP se organiza en secciones, que fueron analizadas para determinar la influencia que podrían tener cada una de las variables allí contenidas en el resultado del test de Apgar5. Los criterios de selección empleados se basaron en: el momento en que acontece el hecho registrado, el grado de completitud de la variable y la importancia del nivel de detalle.

La información se encuentra almacenada en una base de datos Microsoft Access y estructurada en cinco tablas diferentes. Mediante una consulta SQL se seleccionaron las variables elegidas, renombrándolas y recodificando sus valores, ya que se almacenan con códigos propios, por ejemplo cuando una madre presenta antecedentes de Hipertensión Arterial se registra en un atributo denominado VAR_0025 el cual fue renombrado a HTA_Pers, y como los valores posibles de dicho atributo se almacena con 'A' y 'B', fueron convertidos en 'S' y 'N' para facilitar luego su interpretación.

3.2. Preprocesamiento

Antes de aplicar una técnica de minería de datos, se deben realizar tareas de preprocesamiento que permitan transformar los datos originales a una forma más adecuada para ser usados por el algoritmo.

La población inicial constaba de 5473 casos de embarazos registrados en el período comprendido entre enero de 2009 y noviembre de 2017. Se excluyeron los registros que no poseían mas que el identificador del caso y aquellos que no poseían el valor de Apgar5, resultando un total de 5374 registros (98% de la base original). Se analizó el grado de completitud de las variables extraídas, y en base a eso se descartaron aquellas dimensiones que no superaban el 50% de valores completos. Entre ellas se descartaron algunas que hubieran sido de interés como: peso y talla de la madre, infección puerperal, inmunización, entre otras.

Se unificaron variables por medio de la agregación ya que indicaban un mismo fenómeno medido en distintas etapas del embarazo obteniendo de este modo una sola variable que generalice el evento. Por ejemplo, las pruebas de Sífilis se registran en variables separadas, perteneciendo una de ellas al resultado del análisis realizado durante las primeras 20 semanas de gestación y la otra variable al realizado durante las semanas restantes, ambas categóricas con valores 'S' o 'N'. Para este tipo de casos se creó una variable adicional que se estableció como 'S' si en alguno de los dos análisis la prueba dió positiva y como 'N' si en ambos resultó negativa. El mismo tipo de transformación se realizó sobre dimensiones como: pruebas de hemoglobina inferiores a 11,0 g/dl, toxoplasmosis, Glucemia basal igual o mayor a 105 mg/dL, Bacteriuria, entre otras.

Se discretizaron variables numéricas en intervalos nominales, entre las mas importantes se destacan la edad, transformada en intervalos de 5 años; y la variable que representa el valor del test de Apgar5 quedando representada en los siguientes intervalos: 0-3, 4-6, 7-10, considerando el hecho de las diferencias existentes en ciertos rangos de valores, es decir que la medida del riesgo no es lineal.

La vista minable se conformó de 5374 registros de embarazadas y las dimensiones de la misma se describen en la Figura 1 junto al porcentaje de completitud de las mismas.

3.3. Exploración y selección de los datos

Dada la alta dimensionalidad de la vista minable se realizó una selección de atributos basada en la capacidad predictiva de cada una de las dimensiones y

Nombre de la variable	% de Completitud	Nombre de la variable	% de Completitud
Abortos previos	92,0%	Fumadora pasiva 1er.	94,2%
Alcohol 1er.	97,4%	Fumadora pasiva 2do.	92,6%
Alcohol 2do.	95,5%	Gestas previas	100,0%
Alcohol 3er.	94,5%	Glucosa > 1.05	98,0%
Alfabeta	97,3%	Hemorragia 1er. trim.	68,7%
Amenaza parto pretérmino	68,8%	Hemorragia 2do. trim.	68,7%
Analgésia	98,0%	Hemorragia 3er. trim.	68,6%
Anemia	91,8%	Hipertensión (familiares)	97,8%
Anestesia general	98,0%	Hipertensión (personales)	97,8%
Anestesia local	97,0%	Hospitalización	96,6%
Anestesia regional	98,0%	HTA inducida	68,9%
Antecedentes gemelares	92,5%	HTA previa	68,9%
Antibióticos	98,1%	Infección ovular	68,8%
Antirubéola	94,1%	Infección urinaria	68,0%
Antitetánica vigente	94,9%	Infertilidad (personales)	97,2%
Bacteriuria	90,5%	Inicio parto	98,2%
Boca arriba al nacer	91,7%	Ligadura cordón precoz	98,1%
Cardiopatía	68,7%	Nefropatía	68,7%
Cardiopatía antecedentes	97,1%	Ocitócicos en TDP	98,0%
Cirugía (personales)	97,5%	Ocitócicos prealumbramiento	97,2%
Consultas prenatales	95,6%	Otra condición grave	68,7%
Corticoides	97,5%	Otro Antec. familiar	97,3%
Desgarros	98,2%	Otro Antec. Personal	97,0%
Diabetes	68,8%	Otros durante el Parto	93,2%
Diabetes (familiares)	98,0%	Placenta completa	98,8%
Diabetes (personales)	97,8%	Placenta retenida	97,1%
Drogas 1er.	97,3%	Posición parto	98,8%
Drogas 2do.	95,5%	Preeclampsia	68,8%
Drogas 3er.	94,5%	Presentación situación	98,2%
Eclampsia	68,7%	RCIU	68,8%
Eclampsia (familiares)	97,3%	RN Peso para Edad Gestacional	97,6%
Eclampsia (personales)	97,4%	Ruptura de membranas	97,6%
Edad gestacional al parto	97,3%	Prueba sífilis Treponémica	98,8%
Edad gestacional RN	98,5%	Tamaño fetal acorde	97,8%
Edad materna	99,1%	Tamiz. Anten. Chagas	98,5%
Embarazo anterior < 1	100,0%	Tamiz. Anten. Estreptococo B	92,8%
Embarazo múltiple	99,4%	Tamizaje Antenatal - Malaria	92,7%
Embarazo planeado	93,4%	Tamiz. Anten. Toxoplasmosis	94,3%
Enfermedades	95,7%	TBC (familiares)	98,0%
Episiotomía	98,7%	TBC (personales)	97,9%
Estado civil	96,2%	Terminación	99,3%
Estudios	96,6%	Trabajo de parto, detalles	87,9%
Etnia	98,0%	Transfusión	98,0%
Fumadora activa 1er.	97,9%	Tratamiento Sífilis	92,2%
Fumadora activa 2do.	95,9%	Tres abortos espont. Consec.	100,0%
Fumadora activa 3er.	94,9%	Vive sola	93,5%

Figura 1. Variables de la vista minable y completitud del dato

su grado de redundancia común. El objetivo de aplicar esta clase de técnicas es obtener un subconjunto de los datos originales que poseen un nivel expresivo similar al original [16]. Las técnicas empleadas para la selección de atributos se pueden clasificar en base a la estrategia que utilizan para evaluar los atributos, siendo denominadas algunas de tipo *de filtros*, en la que los atributos son evaluados independientemente del algoritmo de aprendizaje y otras de tipo *wrappers* (envoltorios) que evalúan los atributos mediante el uso de estimaciones de la precisión que aporta el subconjunto de datos a un algoritmo de aprendizaje [17]. Para llevar a cabo la reducción de la dimensionalidad se ejecutaron los siguientes algoritmos de selección de atributos disponibles en el software Weka:

- CfsSubsetEval (CFS): este evaluador maximiza la correlación con la clase y minimiza la intercor-

relación del subconjunto.

- ClassifierAttributeEval: evalúa el valor de un subconjunto de atributos considerando la capacidad predictiva individual de cada atributo junto con el grado de redundancia entre ellos [18].
- ConsistencySubsetEval: elige el subconjunto de atributos por el nivel de consistencia respecto a la clase cuando las instancias de entrenamiento se proyectan en el subconjunto de atributos [19].
- CorrelationAttributeEval: evalúa el valor de un atributo midiendo la correlación de Pearson entre él y la clase.
- GainRatioAttributeEval: evalúa cada atributo midiendo su razón de beneficio con respecto a la clase.
- InfoGainAttributeEval: evalúa los atributos midiendo la ganancia de información de cada uno con respecto a la clase. Anteriormente discretiza los atributos numéricos.
- OneRAttributeEval : evalúa la calidad de cada atributo utilizando el clasificador OneR, que emplea el atributo de mínimo error para predecir, discretizando los atributos numéricos.
- ReliefFAttributeEval: selecciona en el conjunto de datos k vecinos, los mas cercanos de la misma clase y de las clases diferentes respectivamente. Calcula la media de la distancia euclídea entre los atributos de estas instancias y asigna un peso a los atributos que luego servirá para determinar su relevancia [20].

En la Tabla 1 se muestran los diez primeros atributos resultantes de aplicar cada uno de los algoritmos de selección de a la vista minable completa. Se puede observar que existen atributos que han sido seleccionados por más de dos técnicas como por ejemplo la edad gestacional del recién nacido, si el bebe nace boca arriba y si la madre fue víctima de violencia durante el 3er trimestre. Sin embargo estas técnicas han descartado atributos que hubieran sido de gran interés clínico tales como: si existieron restricciones de crecimiento intrauterino (RCIU), si el peso del niño es adecuado para su edad gestacional, hipertensión, glucemia, entre otras.

Para unificar los resultados de la ejecución de estas técnicas de selección de atributos se elaboró una tabla en base al resultado arrojado por los mismos. Se calculó la frecuencia de aparición de cada atributo en los resultados y se seleccionaron las 28 dimensiones mas frecuentes de la vista minable que se presentan en la Tabla 2, sin considerar el atributo de clase.

En la vista reducida se analizó la distribución de las clases y, como se mencionó anteriormente, el conjunto de datos es altamente desbalanceado respecto a las

Tabla 1. Primeros 10 atributos escogidos por cada algoritmo de selección

Algoritmos	Atributos
Cfs Subset	eclamp_pers, violencia_3er, etnia, emb_planeado, malaria_antenatal, emb_multiple, episotomia, transfusion, boca_arriba_rm, peso_al_nacer
Classifier Attribute	peso_segun_edad_gest, violencia_1er, violencia_3er, antirubeola, antitetanica_vigente, violencia_2do, alcohol_3er, edad_gest_rm_semanas, alcohol_2do, drogas_2do
Consistency Subset	terminacion_parto, hta_flia, eclamp_flia, fuma_activa_3er, antirubeola, antitet_vigente, rango_edad, estudios, toxoplasmosis, anemia
Correlation Attribute	boca_arriba_rm, edad_gest_rm, semanas, peso_al_nacer, eclamp_pers, emb_multiple, ocitocicos_tdp, ligadura_cordon, amenaza_parto_preter, hospitalizacion, anestesia_regional
Gain Ratio Feature	boca_arriba_rm, peso_al_nacer, edad_gest_rm_semanas, eclamp_pers, malaria_antenatal, violencia_1er, violencia_3er, violencia_2do, transfusion, alcohol_2do, edad_gest_rm_semanas, peso_al_nacer
InfoGain Attribute	boca_arriba_rm, rango_edad, ocitocicos_tdp, episotomia, hospitalizacion, ocitocicos_prealum, ligadura_cordon, corticoides
OneR Attribute	boca_arriba_rm, peso_segun_edad_gest, violencia_3er, antirubeola, violencia_1er, antitet_vigente, violencia_2do, alcohol_3er, abortos_prev, drogas_3er, anestesia_regional, inicio_parto, terminacion_parto, rango_edad, estudios, boca_arriba_rm
ReliefF Attribute	fuma_pasiva_3er, fuma_pasiva_2do, toxoplasmosis, ocitocicos_tdp

Tabla 2. Atributos escogidos en base a su frecuencia de aparición

Atributos	Atributos
alcohol_2do	estudios
alcohol_3er	hospitalizacion
amenaza_parto_preter	ligadura_cordon
anestesia_regional	malaria_antenatal
antirubeola	ocitocicos_tdp
antit_vigente	peso_segun_edad_gest
boca_arriba_rm	rango_edad
drogas_2do	terminacion_parto
drogas_3er	toxoplasmosis
eclamp_flia	transfusion
eclamp_pers	violencia_1er
edad_gest_rm	violencia_2do
emb_multiple	violencia_3er
episotomia	

clases a predecir, lo que se observa en la Figura 2. La clase que representa los valores mas favorables (7-10) de Apgar5 se encuentra presente en el 99,2% de las instancias, mientras que del resto de las clases representan sólo un 0,8% de las instancias.

Las principales técnicas [21] para disminuir el des-

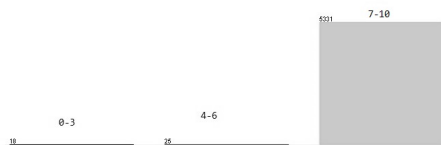


Figura 2. Distribución de las Clases de Apgar5

balanceo se basan principalmente en dos estrategias: seleccionar una mayor cantidad de instancias de datos pertenecientes a las clases minoritarias o descartar instancias pertenecientes a la clase predominante. Para mitigar los efectos adversos de las clases desbalanceadas en la construcción del modelo de clasificación se aplicaron sobre la vista reducida métodos previos de balanceo de clases que permitan obtener mejores resultados en la construcción del modelo. El problema de desbalanceo de los datos tiene una considerable influencia en el desempeño de los algoritmos de clasificación, por lo que resulta conveniente aplicar métodos que resuelvan este problema.

3.4. Entrenamiento y Prueba o Construcción del Modelo

Se experimentó con la vista minable reducida y tres algoritmos de clasificación. Previo a la etapa de entrenamiento se aplicaron a la muestra sin balancear tres técnicas de balanceo diferentes disponibles en Weka:

- **SpreadSubSample**: realiza un re muestreo permitiendo cambiar las proporciones de las distintas clases del conjunto de datos original
- **Class Balancer**: aplica pesos distintos a las clases, haciendo que el algoritmo penalice más los errores de la clase con menor representación
- **SMOTE**: genera nuevas instancias de la clase minoritaria interpolando los valores de las instancias minoritarias más cercanas a una dada.

Se experimentó con los siguientes algoritmos de clasificación del tipo Árbol de Decisión:

J48: Weka implementa el algoritmo C4.5 que es una versión mejorada del J48. Consiste en la construcción del árbol de clasificación a partir del conjunto de entrenamiento y luego realiza una poda (*prunning*) basada en el test de hipótesis para decidir si expande cada rama. En cada nodo selecciona el atributo con mayor *ratio* de ganancia de información, evitando así favorecer la elección de variables con un mayor número de valores.

Random Tree: este algoritmo construye árboles al azar a partir de una combinación de árboles posibles. En este contexto significa que cada árbol tiene la misma posibilidad de ser probado.

REP Tree: construye un árbol de decisión usando la ganancia de información y realiza una poda de error reducido. Solamente ordena una vez los valores de los atributos numéricos. Los valores ausentes se manejan dividiendo las instancias correspondientes en segmentos.

En la Figura 3 se puede observar la interfaz weka con el experimento completo. En la esquina superior derecha se señalan las etapas diseñadas para cada combinación de algoritmo de clasificación y tipo de balanceo de clase.

4. Resultados

Para medir los resultados del aprendizaje generalmente se utiliza la métrica de porcentaje de aciertos, TP Rate, pero dada la asimetría en los datos en estudio se consideró una métrica adicional que combina la precisión y la sensibilidad, F-Measure.

La medida TP Rate está definida por el cociente entre el número de ejemplos que clasifican correctamente para una clase y el número total de ejemplos para la clase estudiada, es decir, la proporción de elementos que están bien clasificados dentro de la clase respecto a todos los elementos que realmente son de la clase.

En el caso en estudio es importante que la predicción de los nacimientos con nivel bajo de Apgar5 sean lo mas certeras posibles, es decir, alta precisión y a su vez que el número de estas predicciones sea razonable, que lo indica la sensibilidad. Por esto se decidió emplear la métrica F-Score que combina la precisión y la sensibilidad para una clase. La F-Score o F-Measure, se considera como una media armónica y puede calcularse con la fórmula:

$$F - Score = \frac{2 * Precision * Sensibilidad}{Precision + Sensibilidad} \quad (1)$$

La precisión representa el porcentaje de casos positivos predichos correctamente mientras que la sensibilidad corresponde a la capacidad para detectar una condición correctamente.

El rango de valores de la métrica de clasificación F-Score oscila entre 0, indicando que el clasificador no es bueno y 1 en el mejor de los casos.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la ejecución de los tres algoritmos de clasificación combinados con cada uno de los tres métodos de balanceo y con la muestra sin balancear. Las métricas establecidas se estudiaron por clases, dada la importancia de que el clasificador construido sea capaz de identificar las clases minoritarias y no solo que obtenga un buen resultado en el promedio general. Como se puede observar, tanto en los valores de TP Rate como de F-Score, la combinación que arrojó mejores resultados es el algoritmo de clasificación Random Tree con un balanceo de clases mediante el algoritmo Class Balancer.

Tabla 3. Resultados de la ejecución por algoritmo y tipo de balanceo

Balanceo de Clases	Clase	TP Rate			F-Score		
		Random	Tree	REP Tree	Random	Tree	REP Tree
ClassBalancer	0-3	100%	100%	78%	0,60	1,00	0,06
	4-6	100%	100%	56%	0,37	1,00	0,25
	7-10	98%	100%	91%	0,99	1,00	0,95
SMOTE	0-3	11%	100%	11%	0,19	1,00	0,20
	4-6	0%	92%	4%	-	0,96	0,08
	7-10	100%	100%	100%	1,00	1,00	1,00
Spread Subsample	0-3	22%	100%	0%	0,35	0,97	-
	4-6	4%	96%	0%	0,07	0,98	-
	7-10	100%	100%	100%	1,00	1,00	1,00
Sin Balanceo	0-3	22%	89%	11%	0,35	0,94	0,19
	4-6	4%	92%	0%	0,07	0,92	-
	7-10	100%	100%	100%	1,00	1,00	1,00

Respecto al algoritmo REP Tree no presenta resultados prometedores con ninguno de los métodos de balanceo, priorizando siempre a la clase mayoritaria.

En base al desempeño de los algoritmos se decidió aplicar Random Tree con el método de balanceo Class-Balancer, ya que esta combinación reportó mayores valores tanto de TP Rate como de F-Score. De la aplicación de estas técnicas, con los parámetros por defecto, resultó la matriz de confusión de la Tabla 4, donde se puede observar para cada clase la cantidad de instancias clasificadas correctamente como tales. Si se observa la diagonal de la matriz se puede ver cómo la totalidad de las instancias fueron clasificadas correctamente. Esto puede deberse a un sobre entrenamiento del modelo.

Tabla 4. Matriz de confusión resultante al aplicar Random-Tree con ClassBalancer

a	b	c	
18	0	0	a= 0-3
0	25	0	b = 4-6
0	0	5331	c = 7-10

Para reducir el árbol de decisión resultante se limitó la profundidad a cuatro niveles, de esta manera se perdió eficacia en la clasificación de la clase mayoritaria, como se observa en la Tabla 5 pero se obtuvo un árbol simple de leer, Figura 4.

Del análisis del árbol de decisión se pueden inferir reglas que conducen a un probable valor de Apgar del recién nacido, por ejemplo:

- Para las madres a las que durante el parto se le suministraron oxitócicos, que han estado hospitalizadas durante el embarazo y el bebé nació con bajo peso en una edad gestacional mayor a las 34 semanas, se

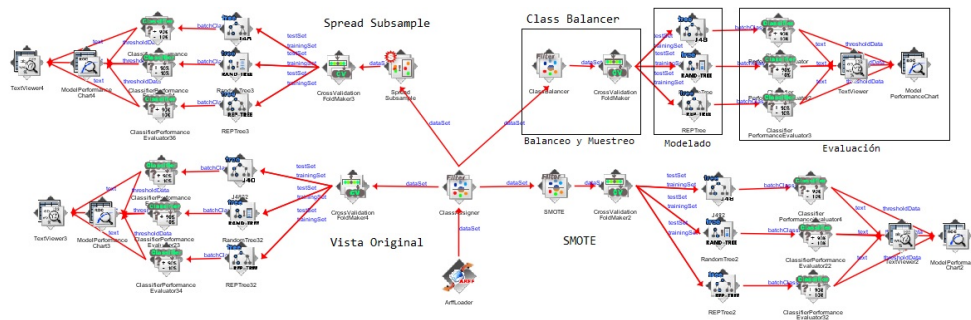


Figura 3. Experimento diseñado para evaluar los algoritmos de clasificación y los métodos de balanceo de clases

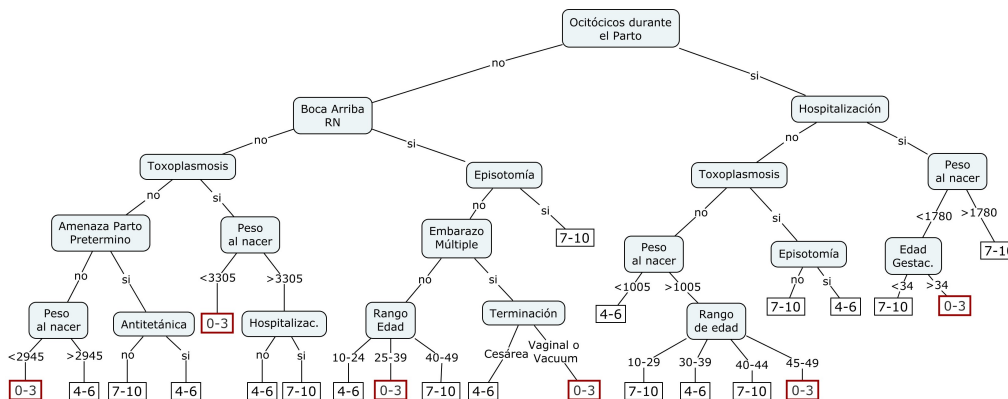


Figura 4. Árbol de decisión resultante de aplicar el algoritmo RandomTree con balanceo ClassBalancer y profundidad de cuatro niveles

Tabla 5. Matriz de confusión resultante limitando la profundidad del árbol

	a	b	c	
18	0	0	a = 0-3	
0	24	1	b = 4-6	
604	1066	3661	c = 7-10	

presentan más casos de los valores mas bajos (0-3) de Apgar5.

- Se observan también casos con puntaje bajo de Apgar5 (0-3) en madres a las que no se les suministró oxitócicos durante el trabajo de parto, pero presentaban un embarazo múltiple y el/los niño/s presentaban posición en decúbito dorsal al nacer y el alumbramiento tuvo una terminación Vaginal o por empleo de Vacuum.

- Se observa que en la mayoría de las ramas del árbol el bajo peso del recién nacido es un determinante de los valores más bajos de Apgar.

El árbol construido representa los principales factores que influyen en el valor de Apgar a lo cinco minutos, siendo algunos relativos a las características de la madre y el embarazo (hospitalización, amenaza de parto pretérmino, toxoplasmosis, embarazo múltiple, rango de edad de la madre, antitétánica vigente), otros referidos al momento del parto (oxitócicos durante el parto, episiotomía, terminación) y otros propios al recién nacido (peso al nacer, edad gestacional y boca arriba el recién nacido).

Las dimensiones resultantes en este estudio tienen su concordancia en la literatura médica [22]–[24] donde se mencionan como factores influyentes en el Apgar la aplicación de oxitócicos en cualquier momento del trabajo de parto, el bajo peso y la edad gestacional al nacer. Sin embargo, al aplicar técnicas de reducción de dimensionalidad y el algoritmo de clasificación, se descartaron variables de comprobada influencia médica en el estado de salud del recién nacido como

son el peso del niño respecto a su edad gestacional, hipertensión arterial de la madre, restricciones en el crecimiento intrauterino, entre otras.

5. Conclusiones

En este trabajo se realizaron diversos experimentos con el objetivo de clasificar los nacimientos del Hospital Justo José de Urquiza según el valor de Apgar evaluado a los 5 minutos posteriores al alumbramiento. Se aplicaron algoritmos de clasificación, no con el objetivo de predecir valores en futuros nacimientos, sino para estratificar los casos e identificar posibles factores determinantes no estudiados en la actualidad. La técnica de clasificación empleada fue la de Árboles de Decisión debido a que los modelos generados resultan comprensibles para los usuarios finales sin necesidad de poseer conocimiento en técnicas de minería de datos.

En el proceso de KDD una de las tareas que demandó mayor cantidad de tiempo fue la etapa de preprocesamiento de la información, no solo por las transformaciones necesarias en los datos, sino por la dificultad de trabajar con un conjunto altamente desbalanceado y de gran dimensionalidad.

Una de las principales ventajas de utilizar minería de datos respecto al análisis individual de las variables radica en la posibilidad de estudiar en forma conjunta la diversidad de factores que pueden conducir al valor resultante de una clase. En este estudio se han analizado tanto eventos relacionados con los antecedentes clínicos de la madre, hábitos durante el embarazo e información obstétrica del desarrollo del mismo como datos propios del momento del nacimiento, todas en simultáneo. Analizar estas co-ocurrencias podría ser el disparador de nuevos estudios médicos sobre factores que aún no han sido tan explorados.

El paso siguiente a este estudio será la incorporación de la dimensión geográfica de los embarazos a nivel censal con el objetivo de analizar variables propias del ambiente donde vive la madre y realizar minería de datos espacial sobre estos registros.

Referencias

- [1] O. P. d. I. S. OPS, "Información y análisis de salud situación de salud en las américas: Indicadores básicos," *Washington, DC*, vol. 2017, 2017.
- [2] H. A. Thorngern-Jerneck K, "Low 5-minute apgar score: a populationbased register study of 1 million term births," in *Am College Obstetr Gynecol*, 2001, p. 65–70.
- [3] S. Lai and S. Kumar, "Perinatal risk factors for low and moderate five-minute apgar scores at term," *European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology*, vol. 2017, 2017.
- [4] U. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro, and P. Smyth, "From data mining to knowledge discovery in databases," *AI magazine*, vol. 17, no. 3, p. 37, 1996.
- [5] S. Monserrat and O. Chiotti, "Minería de datos en base de datos de servicios de salud," *Congreso Nacional de Ingeniería Informática Sistemas de Información*, 2013.
- [6] J. Hernández Orallo, C. Ferri Ramirez, and M. J. Ramirez Quintana, *Introducción a la Minería de Datos*. Pearson Prentice Hall, 2004.
- [7] A. De Battista, P. Cristaldo, L. Ramos, J. P. Nunez, S. Retamar, D. Bouzenard, and N. E. Herrera, "Minería de datos aplicada a datos masivos," in *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*, 2016.
- [8] C. C. Aggarwal, *Data Classification: Algorithms and Applications*, 1st ed. Chapman & Hall/CRC, 2014.
- [9] H. J. H. Gómez, "Aplicación de minería de datos a información de pacientes prediabéticos," *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [10] R. R. López and C. S. D. W. Clegg, "El cambio climático y sus consecuencias en el desarrollo socio-económico de la ciudad de México," 2010.
- [11] P. G. C. y A. Meza Mendoza, "Estudio de minería de datos para la información de mortalidad en México," *Universidad Nacional Autónoma de México*, 2012.
- [12] V. Apgar, "A proposal for a new method of evaluation of the newborn," *Classic Papers in Critical Care*, vol. 32, no. 449, p. 97, 1952.
- [13] B. M. Casey, D. D. McIntire, and K. J. Leveno, "The continuing value of the apgar score for the assessment of newborn infants," *New England Journal of Medicine*, vol. 344, no. 7, pp. 467–471, 2001.
- [14] E. A. Moore, F. Harris, K. R. Laurens, M. J. Green, S. Brinkman, R. K. Lenroot, and V. J. Carr, "Birth outcomes and academic achievement in childhood: A population record linkage study," *Journal of Early Childhood Research*, vol. 12, no. 3, pp. 234–250, 2014.
- [15] C. del Uruguay, "Indicadores de natalidad en," 2016.
- [16] M. A. Hall, "Correlation-based feature subset selection for machine learning," *Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy at the University of Waikato*, 1998.
- [17] M. A. Hall and G. Holmes, "Benchmarking attribute selection techniques for data mining," 2000.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [18] M. A. Hall, "Correlation-based feature subset selection for machine learning," *Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy at the University of Waikato*, 1998.
- [19] H. Liu, R. Setiono *et al.*, "A probabilistic approach to feature selection-a filter solution," in *ICML*, vol. 96. Citeseer, 1996, pp. 319–327.
- [20] K. Kira and L. A. Rendell, "A practical approach to feature selection," in *Machine Learning Proceedings 1992*. Elsevier, 1992, pp. 249–256.
- [21] A. Orriols and E. Bernadó-Mansilla, "The class imbalance problem in learning classifier systems: a preliminary study," in *Proceedings of the 7th annual workshop on Genetic and evolutionary computation*. ACM, 2005, pp. 74–78.
- [22] A. León Pérez and E. Y. Yglesias, "Factores relacionados con el Apgar bajo al nacer," *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*, vol. 36, pp. 25 – 35, 03 2010.
- [23] A. Laffita B, "Factores que influyen en el Apgar bajo al nacer, en el hospital América de La Habana, CUBA, 2000," *Revista chilena de obstetricia y ginecologia*, vol. 70, pp. 359 – 363, 00 2005.
- [24] J. M. Pérez, B. L. Cobián, and C. M. Silva, "Maternal risk factors and premature birth in a public hospital at west of mexico," *Ginecologia y obstetricia de Mexico*, vol. 72, pp. 142–149, 2004.

Desarrollo de Aplicación para la Recolección de Tweets para Proyecto de Agenda Setting

Cristhian Richard, Ramiro Rivera, Esteban Schab,
Lautaro Ramos, Patricia Cristaldo,
Soledad Retamar, Anabella De Battista
Depto. Ingeniería en Sistemas de Información
Fac. Reg. Conc. del Uruguay, Univ. Tecnológica Nacional
Entre Ríos, Argentina
{richardc, riverar, schabe, ramosl, cristaldop,
retamars, debattistaa}@frcu.utn.edu.ar

Leticia Cagnina
Norma Edith Herrera
Departamento de Informática
Univ. Nac. de San Luis
San Luis, Argentina
{lcagnina, nherrera}@unsl.edu.ar

Resumen

La Teoría de la Fijación de Agenda postula que los medios de comunicación tienen una gran influencia sobre el público y logran determinar qué asuntos poseen interés informativo y qué relevancia le otorgan los usuarios. En este artículo se presenta un proyecto que, mediante técnicas de minería de textos, pretende determinar si los medios periodísticos argentinos logran o no instalar temáticas en usuarios de redes sociales como Twitter. Como resultado de la primer etapa del proyecto se presentan en este artículo algunos desarrollos como: un script en R para realizar web scraping sobre los sitios web de periódicos digitales de Argentina, obtener las noticias publicadas en un período de tiempo y determinar los tópicos claves que se abordan en dichas noticias; y el desarrollo de una aplicación web que permite realizar la captura de tweets, en base a parámetros definidos previos a la búsqueda, para constatar si los temas abordados en los periódicos también tienen repercusión en redes sociales. Conjuntamente se presenta una novedosa metodología para la gestión de proyectos de ciencias de datos.

1. Introducción

En la actualidad se generan diariamente, desde diversos orígenes, grandes cantidades de datos de diversos tipos (textos, imágenes, audios, videos, entre otros). Esta constante producción de datos pone a disposición nuevas fuentes de información que pueden

ser aprovechadas para agregar valor en la toma de decisiones. En este contexto, y gracias a la masividad que han adquirido tanto las redes sociales como las aplicaciones de mensajería instantánea o los sistemas de recomendación generados por usuarios que expresan opiniones sobre productos o noticias, el texto no estructurado se ha convertido en un insumo de gran valor.

La disciplina que permite identificar conocimiento implícito dentro de los textos se conoce como Minería de Textos (Text Mining). Su objetivo se centra en descubrir y extraer conocimiento relevante y no trivial a partir de textos no estructurados. Las técnicas de minería de textos son empleadas en diversas áreas como la medicina para el etiquetado automático de notas clínicas [1] o la definición de cohortes de pacientes utilizando notas clínicas y datos de historias clínicas electrónicas [2]. Estas técnicas también son empleadas por plataformas como Netflix, que analiza los comentarios vertidos por sus usuarios en diferentes medios sociales para mejorar su sistema de recomendación y proveer contenido personalizado [3].

La mayoría de los algoritmos, herramientas y recursos disponibles para Minería de Textos han sido probados y/o desarrollados para el idioma inglés, por lo que presentan dificultades al ser empleados sobre textos escritos en otros idiomas como el español. Es por esta razón que es necesario trabajar en la producción de recursos específicos y en la adaptación de algoritmos y herramientas que contemplen las particularidades del idioma español.

El término *Agenda Setting* hace referencia a la

influencia que tienen los medios de comunicación en la fijación de temas en la opinión pública. En este artículo se presenta el desarrollo de una aplicación, en el marco de un proyecto cuyo objetivo es medir los efectos de la instalación de asuntos en la agenda pública, tomando como base artículos escritos sobre diferentes temáticas en medios digitales de relevancia para determinar los tópicos que tratan y luego analizar su difusión en redes sociales empleando técnicas de minería de textos.

Para realizar dicho análisis está previsto obtener y procesar por un lado los artículos periodísticos y por otro lado las publicaciones y/o comentarios en redes sociales, para luego realizar un análisis cruzado para obtener conclusiones. Para obtener la información periodística se aplican técnicas de *web scrapping* a varios medios digitales de noticias previamente seleccionados. El *web scrapping* es una técnica que sirve para extraer información de páginas web de forma automatizada. Una vez obtenidas las noticias, se realiza la detección de *keywords* [4]. Utilizando como filtro los términos o palabras claves encontrados en las noticias, se realiza el proceso de recolección de tweets.

Como un subárea específica de la Minería de Datos se puede citar al Data Stream Mining, que es el proceso de extraer conocimiento en estructuras de datos continuas y con rápidas transiciones [5]. Los data streams son flujos continuos de datos que se generan a altas velocidades. Pueden provenir de diversas fuentes, como registros generados por clientes que utilizan aplicaciones móviles, transacciones electrónicas, logs de navegación de una red de datos, información de redes sociales, datos provenientes de dispositivos *wereables*, entre muchos otros ejemplos.

El procesamiento de estos datos debe realizarse de forma secuencial y gradual registro por registro o bien, en ventanas de tiempo graduales. Los resultados de dicho procesamiento se utilizan para una amplia variedad de tipos de análisis, como correlaciones, agregaciones, filtrado y muestreo. Las conclusiones obtenidas a partir de dicho análisis aporta a las empresas visibilidad de numerosos aspectos del negocio y de las actividades de sus clientes, como la tasa de uso de un servicio, la actividad de un servidor, la ubicación geográfica de un móvil, personas o mercadería, la afluencia de determinado tipo de clientes, entre otros aspectos, y les permite responder con rapidez ante cualquier situación que surja. Por ejemplo, un banco podría analizar el incremento de determinada categoría de clientes en un momento dado y responder rápidamente habilitando más puestos de atención al cliente.

En el presente trabajo se realiza una descripción general del proyecto de *Agenda Setting* y se presenta una de las primeras etapas de dicho proyecto, que consiste

en la recolección de noticias mediante *web scrapping* y el diseño e implementación de una aplicación web para la recolección y preprocesamiento de *tweets* de forma automática según determinados parámetros.

2. Marco Teórico

En los últimos años, se ha experimentado un aumento en el volumen de datos en formato textual no estructurado debido principalmente a la expansión de las TIC y las plataformas de redes sociales. Este crecimiento continuo de los datos en formato de texto también se ve en el ámbito de las organizaciones, que han pasado de utilizar sólo fuentes de datos estructurados, organizados en sistemas de gestión de bases de datos relacionales y data warehouses, a resguardar datos semiestructurados y no estructurados, incluidos los textos. Dentro de estos enormes volúmenes de textos hay información valiosa que, si se identifica y extrae correctamente, puede explotarse para la toma de decisiones y para apoyar una amplia gama de actividades empresariales [6].

Como herramienta para aprovechar el conocimiento potencial que puede obtenerse a partir del procesamiento y análisis de los textos, surge una particularización de la Minería de Datos (Data Mining) conocida como Minería de Textos (o Text Mining) que es el proceso de extraer patrones relevantes a partir de un gran conjunto de textos con el propósito de obtener conocimiento [7].

La Minería de Textos comprende una amplia serie de tareas que se enfocan en distintos aspectos del análisis de textos. Algunas de las más relevantes son [8]:

- Recuperación de información (Information Retrieval, IR): es la tarea de encontrar material (usualmente documentos) de naturaleza no estructurada (generalmente textos) proveniente de grandes colecciones que satisfagan determinadas necesidades de información [9]. El objetivo del IR es encontrar documentos relevantes para una necesidad de información, no solo identificar simples coincidencias con patrones léxicos en una consulta, es decir, la relevancia de los resultados es medida en función del requerimiento de información, y no respecto de si los documentos contienen las palabras incluidas en la consulta de búsqueda [10]. Una tarea crucial para un sistema de IR es indexar la colección de documentos para hacer que sus contenidos sean accesibles de manera eficiente. Generalmente la indexación se realiza sobre una representación lógica del documento, que puede consistir en un conjunto de

palabras clave o términos relevantes que aparezcan en el texto [10].

- Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing, NLP): es un campo de las ciencias de la computación que combina Inteligencia Artificial y conceptos lingüísticos con el fin de hacer que oraciones o palabras escritas en lenguaje natural puedan ser interpretados por programas de computadoras [8], [11].
- Extracción de Información (Information Extraction, IE): es una subdisciplina de la Inteligencia Artificial que se aboca a la identificación, y consecuente clasificación y estructuración en grupos semánticos, de información específica que se encuentran en fuentes de datos no estructurados, como el texto en lenguaje natural, lo que hace que la información sea más adecuada para las tareas de procesamiento de la información [12]. Dentro del ámbito de la IE se encuentran diferentes tareas como la extracción de entidades nombradas y relaciones entre las mismas, la identificación de eventos e información temporal, y la resolución de coreferencias de dos o más expresiones al mismo término o entidad [13].
- Resumen de textos (Text Summarization): es la tarea de producir un resumen conciso y fluido preservando el contenido clave de la información y el significado general de una colección de textos [14]. Los métodos de resumen de texto se pueden clasificar en resumen abstractivo y extractivo. Un método de resumen extractivo consiste en seleccionar oraciones importantes, párrafos, etc. del documento original y concatenarlos en una forma más corta. Un resumen abstracto expresa de forma concisa y en un lenguaje natural claro los conceptos principales que se encuentran en un documento, luego de realizar una comprensión de los mismos.
- Métodos de Aprendizaje Supervisado y No Supervisado: los métodos de aprendizaje supervisado son técnicas de aprendizaje automático relacionadas con entrenar un modelo de clasificación utilizando un conjunto de datos de entrenamiento para realizar predicciones sobre datos desconocidos de antemano. Existe una amplia gama de métodos supervisados, como clasificadores de vecinos más cercanos, árboles de decisión, clasificadores basados en reglas y clasificadores probabilísticos [8]. En cuanto a la clasificación de texto, los aspectos más relevantes radican en la construcción de una estructura de datos que pueda representar los documentos y la construcción de un clasificador que pueda usarse para predecir la

clase de un documento con alta precisión [15]. Los métodos de aprendizaje no supervisados son técnicas que intentan encontrar una estructura oculta a partir de datos no etiquetados. No necesitan ninguna fase de entrenamiento, por lo tanto se pueden aplicar a cualquier información de texto sin esfuerzo manual. La agrupación en clústeres y el modelado de temas son los dos algoritmos de aprendizaje no supervisados utilizados comúnmente en el contexto de los datos de texto. La agrupación es la tarea de segmentar una colección de documentos en particiones donde los documentos en el mismo grupo (clúster) son más similares entre sí que los de otros clústeres. En el modelado de temas, se usa un modelo probabilístico para determinar un clúster suave, en el que cada documento tiene una distribución de probabilidad en todos los grupos, en oposición a la agrupación en clúster de documentos. En los modelos de tema, cada tema se puede representar como una distribución de probabilidad sobre las palabras y cada documento se expresa como distribución de probabilidad sobre los temas. Por lo tanto, un tema es similar a un clúster y la pertenencia de un documento a un tema es probabilística.

Los trabajos sobre minería de textos en español que se presentan en la actualidad se enfocan principalmente en Análisis de Sentimientos o Minería de Opinión, en los cuales se evidencian dos enfoques, uno basado en el empleo de lexemas y otro en técnicas de Machine Learning, para identificar los sentimientos expresados en los textos. En la gran mayoría de estos trabajos se utilizan recursos traducidos de forma automática generados para otros idiomas, como el inglés, lo cual manifiesta una escasez de recursos genuinos para el lenguaje español [16].

Existen también trabajos sobre perfilado de autor, en los que se menciona la dificultad de encontrar colecciones de textos adecuadamente etiquetados y con poco ruido [17]. A partir de eso se han producido trabajos tendientes al desarrollo de conjuntos de textos en español específicos para esta tarea [18].

Al mismo tiempo pueden encontrarse algunos trabajos que proponen adaptaciones o desarrollos de nuevos algoritmos de *stemming* [19] específicos para tratar textos en español. En la mayoría de estos trabajos se resalta la necesidad de contar con algoritmos que tengan en cuenta las particularidades que pueden presentarse en el lenguaje español como pueden ser, una mayor complejidad gramatical y los cambios que pueden producirse en la raíz de las palabras, y no solo en las terminaciones como suele suceder en el inglés.

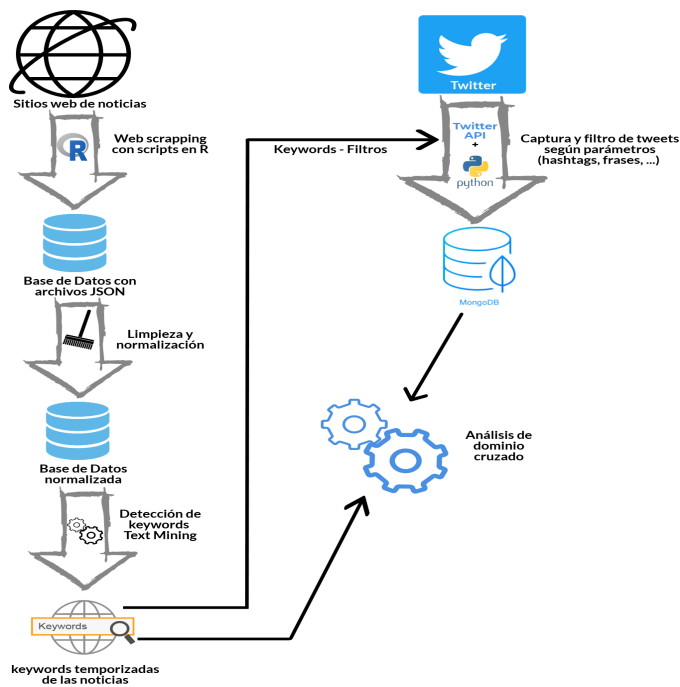


Figura 1. Esquema Diarios-Twitter

3. Estructura del proyecto

El estudio de establecimiento de agenda (del inglés Agenda Setting) se orienta a determinar los efectos de las noticias o temáticas que abordan los medios de comunicación en la opinión pública, mediante el análisis de fuentes alternativas de información (redes sociales, periódicos digitales, portales de noticias). La metodología a seguir en este proyecto consiste en realizar la extracción de palabras o conceptos clave de noticias publicadas en diarios electrónicos y comparar con publicaciones en redes sociales (en particular Twitter). La comparación intenta determinar si para cierto período de tiempo existen coincidencias en las temáticas que se abordan en ambos sectores, o si los medios periodísticos logran instalar temas en la sociedad, cuestión que puede visualizarse con la generación de *tweets* del mismo tema.

3.1. Recolección de Datos

Una tarea clave en todos los proyectos de ciencia de datos es la obtención o recolección de los datos a estudiar. Previa a la realización de dicha tarea se deben determinar las fuentes de datos y los datos o atributos relevantes a recolectar, y las estrategias para

recolectar, verificar, filtrar y almacenar dichos datos. En este proyecto se plantean dos esquemas de análisis:

- Esquema Diarios-Twitter: consiste en obtener en primer lugar noticias de medios periodísticos digitales de Argentina, para un período de tiempo determinado, y determinar las palabras o conceptos claves que aparecen en dichas noticias. Posteriormente se toman dichos conceptos clave y se utilizan como filtros en la recolección de tweets, para medir si existe un impacto o instalación de temas por parte de los medios periodísticos en los ciudadanos y, en caso afirmativo, realizar distintos análisis como: por cuánto tiempo permanece activo, en qué grupos de usuarios, entre otros (ver Figura 1).
- Esquema Twitter-Diarios: se plantea en el sentido inverso, es decir, se recolectan en primer lugar *tweets* durante un período de tiempo determinado, se identifican las tendencias o términos clave que aparecen en los *tweets* recolectados, para luego utilizarlos como filtros en la recolección de noticias periodísticas en un período de tiempo igual o mayor al empleado en la recolección de *tweets*. En este enfoque se busca determinar si existe coincidencia en las opiniones de los ciudadanos y las

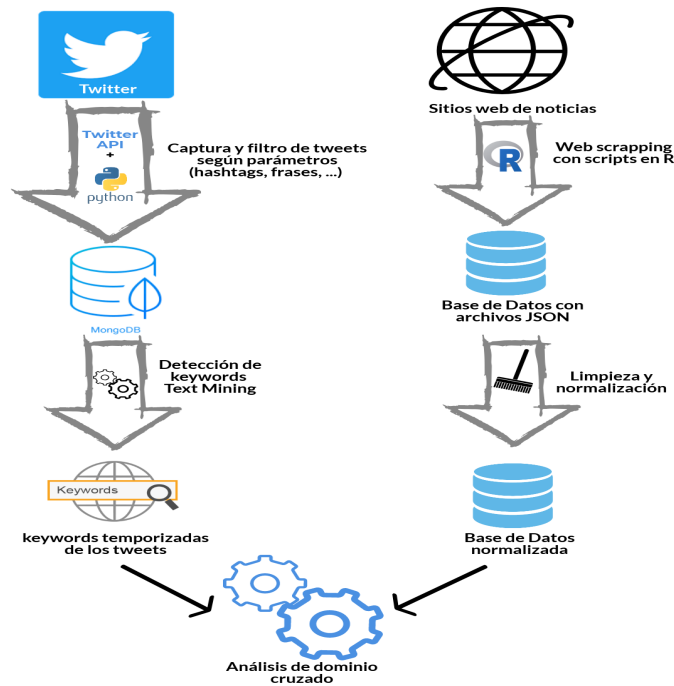


Figura 2. Esquema Twitter-Diarios

noticias publicadas en los periódicos, y además, determinar si las noticias publicadas en los medios digitales son en alguna ocasión generadas a partir de una temática instalada originalmente en las redes sociales (ver Figura 2).

Para la recolección de noticias de periódicos se utiliza la técnica de web scrapping. Se diseñó un script en R que descarga las noticias de los periódicos argentinos La Nación, Clarín e Infobae, de las secciones Espectáculos, Sociedad, Tecnología, Economía, Deportes y Política (Figura 3). Por cada sección de cada diario se genera un archivo JSON que contiene todas las noticias publicadas en dicha sección para una fecha determinada.

3.2. Preprocesamiento de los datos

Luego de la recolección y almacenamiento de los datos, se realizan dos procesos de limpieza de los archivos JSON:

- Eliminación de *stopwords*: artículos, preposiciones u otros componentes del texto que no tiene sentido mantener para el análisis.
- Detección de palabras clave: identificación automática del conjunto de términos que mejor

describen el documento. En esta instancia se selecciona un método de extracción de palabras clave y se aplica sobre el conjunto de archivos JSON que contienen las noticias.

4. Aplicación Tweets Harvester

En el Esquema Diarios-Twitter, la lista de palabras o términos clave confeccionada en la primer parte del proceso, es utilizada como insumo para la recolección de tweets, que se realiza mediante la aplicación Tweets Harvester, desarrollada en el marco de este proyecto. Esta aplicación web realiza la recolección de tweets en forma automática según determinados parámetros que funcionan como filtros, que se aplican en el momento de la captura. Los filtros pueden ser palabras clave, hashtags o nombres de usuarios específicos de la red social.

4.1. Requerimientos

Para la construcción de la aplicación se plantearon los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales:

- La arquitectura debe ser capaz de capturar, procesar, limpiar y almacenar 150 tweets por segundo.

```
#install.packages('rvest')
#install.packages('jsonlite')
library(rvest)
library(jsonlite)

date <- format(Sys.time(), "%d%$m%$Y")
news_paper <- 'clarin'
categories <- c(politica='politica',
               deportes='deportes',
               economia='economia',
               tecnologia='tecnologia',
               sociedad='sociedad',
               espectaculos='espectaculos')

base_url <- 'https://www.clarin.com/'
news <- list()

for(category in categories){

  # Establezco el nombre del archivo para guardar las noticias
  file_name <- paste(news_paper, '_', names(which(categories == category)), '_', date, '.json', sep = '')

  # Descargo la página principal de la categoría en la sección "Últimas Noticias" para
  # asegurarme de que sean del día
  webpage <- read_html(paste(base_url, 'ultimas-noticias/', category, sep = ''))

  # Tomo el bloque donde estan las noticias propiamente dichas
  html_news <- html_nodes(webpage, '.col-lq-12')%>%
    html_nodes('.list-format')%>%
    html_node('a')

  # Extraigo los links de cada noticia
  news_urls <- html_attr(html_news, 'href')

  # Por cada url
  for(url in news_urls){
```

Figura 3. Extracto del código para web scraping desarrollado en R

- La plataforma debe ser escalable y tolerante a fallas, como también presentar características de alta disponibilidad.
 - Escalabilidad. Se refiere tanto a la capacidad de incrementar fácilmente la cantidad de trabajo a realizar por el sistema, como a la posibilidad de incluir fácilmente nuevos nodos.
 - Tolerancia a fallas y alta disponibilidad. Expresa la posibilidad de poder continuar con el procesamiento sin interrupción, incluso ante fallas que puedan suceder en el funcionamiento de las tareas, tales como problemas de conexión, capacidad de la red, errores de lectura de los tweets, capacidad de procesamiento, entre otros.
- Seguridad. Brindar acceso a la gestión de los procesos de captura de tweets solo a usuarios autorizados.
- Interfaz gráfica accesible vía dispositivos móviles o desktop, sin que esto afecte la experiencia de usuario.
- Se debe poder ejecutar la arquitectura propuesta tanto sobre hardware tipo commodity (ej. computadora de escritorio) como en un servidor en producción.
- Los componentes de la arquitectura deben ser libres de licenciamiento.
- Las herramientas a utilizar deben poder conectarse fácilmente entre sí, además de proveer simplicidad de configuración para dar soporte a la comunicación entre ellas.

4.2. Arquitectura de la aplicación y herramientas

A partir de los requerimientos planteados se realizó un primer diseño de la solución y un proceso de investigación para la posterior elección de las distintas herramientas a utilizar. Luego de la selección de dichas herramientas se diseñó la arquitectura de la aplicación

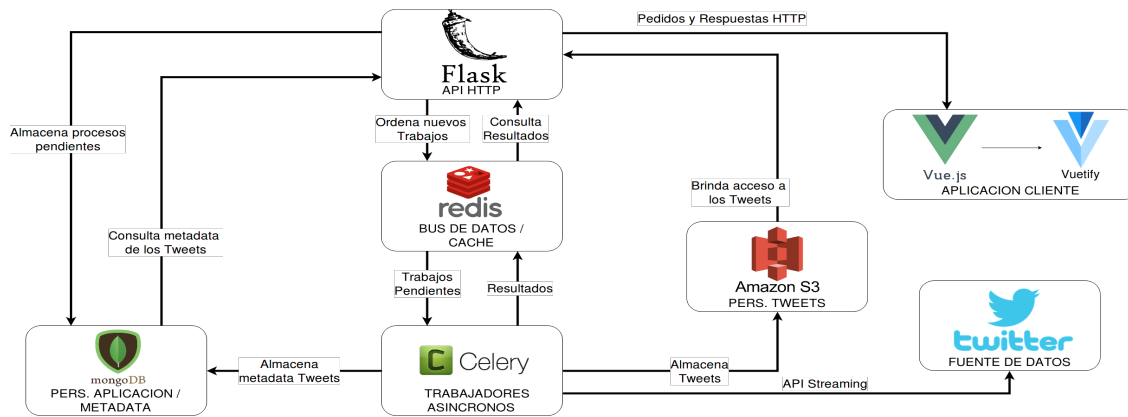


Figura 4. Arquitectura de la aplicación Tweets Harvester

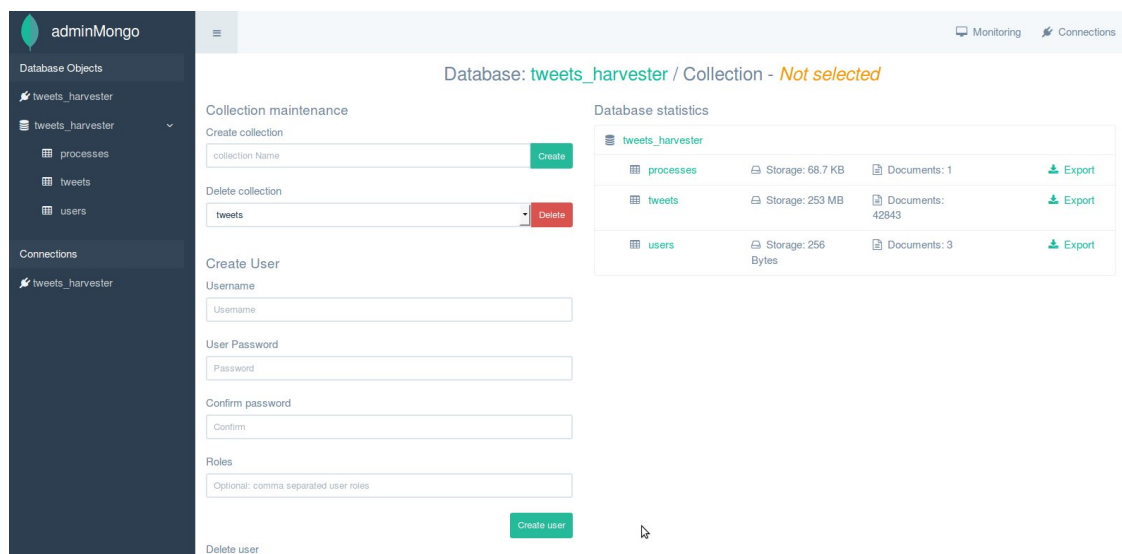


Figura 5. Interfaz de administración de la base de datos Mongo.

en la que se especificaron los módulos, sus interacciones y las herramientas a utilizar (Figura 4).

La arquitectura propuesta sigue el modelo cliente-servidor. El cliente consiste en una WebApp accesible desde un dispositivo móvil o navegador web que interactúa con una API, que permite listar y visualizar el estado actual del proceso de recolección de tweets, y configurar, pausar o poner en marcha el mismo. En el cliente se utiliza el framework de JavaScript Vue.js [20] en conjunto con el framework de estilos por componentes Vuetify [21].

Este cliente se comunica con un servidor compuesto por una API desarrollada en Python [22], utilizando

el micro-framework Flask [23], que funciona como interlocutor de los diferentes servicios utilizados. Para la persistencia de los datos de procesos se utiliza MongoDB [24], para la persistencia de los tweets capturados, Amazon Web Service 3 [25], y el gestor de tareas Celery [26], para ejecutar las tareas de recolección, procesado y almacenamiento en segundo plano. En la comunicación con Celery se utiliza el motor de base de datos Redis [27] para mantener una cola de mensajes, con el objetivo de iniciar o detener las tareas. Estos servicios se despliegan en containers Docker [28], junto con interfaces de usuario, para su mejor monitoreo y control.

4.3. Implementación de la aplicación

Tomando como base la arquitectura diseñada, las herramientas seleccionadas y los requisitos planteados, se realizó la implementación de la aplicación. Para cumplir con el requisito de capturarlos en tiempo real y de capturar gran volumen de datos, se hizo uso de la Search API que ofrece Twitter [29]

para tal fin. Para el desarrollo del código de la aplicación se utilizó el IDE Visual Studio Code [30], y para llevarlo a cabo de forma conjunta y teniendo control de versiones se utilizó la plataforma GitHub [31]. Teniendo en cuenta la necesidad de manejar grandes volúmenes de datos de entrada y posteriormente procesarlos, se diseñaron las tareas de captura, procesamiento y limpieza, y almacenamiento de forma separadas para que se ejecuten de forma independiente. El trabajo realizado involucró las siguientes actividades:

- Diseño y construcción de los entornos de desarrollo y producción reproducibles utilizando Docker [28]. Esto implicó la configuración de cada una de las herramientas y bases de datos a utilizar. En la Figura 5 se observa la interfaz de administración de la base de datos Mongo, donde se pueden ver los usuarios, procesos y tweets almacenados.
- Diseño y desarrollo de una API que interactúe con una aplicación web, recibiendo peticiones y devolviendo los datos y, a su vez, con la API de Twitter [29] para la recolección de los tweets (Figura 6).
- Diseño y desarrollo una WebApp accesible desde un dispositivo móvil o navegador web que interactúe con la API antes definida, que permita listar y visualizar el estado actual del proceso de recolección de tweets y configurar, pausar o poner en marcha el mismo.

Se decidió que hasta que la aplicación se encuentre en producción no se utilizará el servicio de Amazon Web Service 3 para la persistencia de los tweets capturados. Debido a esto, la base de datos Mongo DB se utiliza, tanto para la persistencia de los datos de procesos y usuarios, como para la persistencia de los tweets (ver Figura 5).

5. Metodología

En la gestión de las actividades del proyecto se utilizó una propuesta metodológica híbrida de desarrollo propio, pensada para proyectos de ciencia de datos, que se encuentra en proceso de validación. Esta propuesta

metodológica surge a raíz de la necesidad de agilizar las metodologías creadas para la gestión de este tipo de proyectos. En [32] se argumenta que las metodologías tradicionales no se han adaptado a las exigencias que presenta la gestión de proyectos de ciencia de datos, ya que se centran únicamente en la mejora de las técnicas de extracción y análisis de datos. La propuesta utilizada en este proyecto se basa en dos metodologías de gestión de proyectos:

- La primera de ellas es CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) [33]: una metodología de enfoque tradicional especialmente desarrollada para proyectos de Minería de Datos, actualmente considerada como un estándar en el mundo empresarial. Propone un conjunto de actividades que hay que llevar a cabo en el desarrollo de un proyecto de minería de datos y cada una de las actividades se divide distintas tareas.
- La segunda metodología es una propuesta para la gestión de proyectos TIC diseñada y probada en otro contexto [34]. Es un enfoque híbrido, ya que surge a partir de la fusión de dos guías de buenas prácticas en gestión de proyectos (PMBOK [35], de enfoque tradicional, y ATERN [36], de enfoque ágil) con las metodologías de gestión de proyectos PRINCE2 [37], de enfoque tradicional, y SCRUM [38] y APM [39] de enfoque ágil.

En consecuencia, la metodología propuesta se divide en tres fases: definición y planificación, ejecución y control y, evaluación final y cierre, basados en el ciclo de vida de PMI [35]. El ciclo de vida de la metodología propuesta para la gestión de proyectos de ciencias datos se muestra en la Figura 7. La misma complementa los lineamientos tradicionales propuestos por CRISP-DM con los ágiles, siguiendo fuertemente los pasos de la metodología ágil SCRUM. Esta propuesta de enfoque híbrido que integra las fortalezas de metodologías tradicionales y ágiles, resulta atractiva para proyectos de minería de datos, dado que: permite optimizar el tiempo y recursos utilizados, no requiere formación específica por su sencillez, sólo se genera la documentación necesaria y la información requerida para asegurar una comunicación eficiente y no incurrir en los mismos errores a partir de las lecciones aprendidas.

6. Conclusiones y Trabajo futuro

En este artículo se presenta un proyecto que trabaja sobre la Teoría de la Fijación de Agenda. La estrategia elegida para abordar dicha teoría consiste en indagar

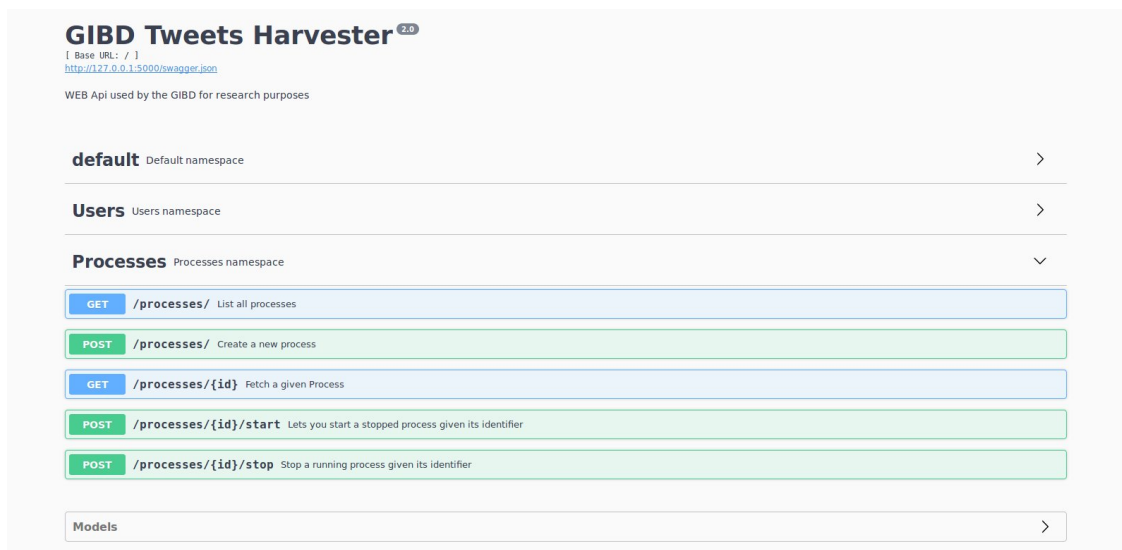


Figura 6. Web API desarrollada.

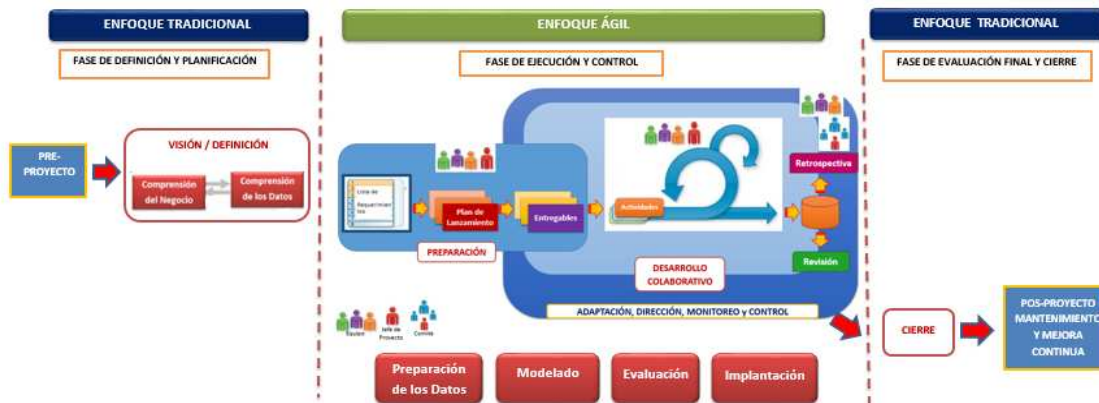


Figura 7. Metodología empleada en la gestión del proyecto

noticias periodísticas publicadas en periódicos digitales de Argentina, determinar los conceptos o palabras claves presentes en las noticias y posteriormente verificar si dichos conceptos claves se mencionan en las publicaciones de usuarios en redes sociales, durante cuánto tiempo permanecen vigentes los conceptos detectados, qué grupos de usuarios los mencionan, entre otros factores de análisis. En particular se han seleccionado los periódicos Clarín, La Nación e Infobae y la red social Twitter. El proyecto consta de varias etapas. Hasta el momento se han podido completar los mecanismos para realizar las tareas de recolección de datos: para la recolección de noticias de periódicos

se han diseñado scripts en lenguaje R para aplicar web scrapping sobre los sitios de los periódicos digitales, y para la recolección de tweets mediante la especificación de ciertos parámetros de usuario, se ha desarrollado la aplicación Tweets Harvester. Se ha avanzado en la aplicación de técnicas de minería de textos para la determinación de conceptos clave en los textos no estructurados para poder establecer los filtros de búsqueda en Twitter. Actualmente se está desarrollando la interfaz web de la aplicación. Durante el desarrollo del proyecto se concretó la incorporación de un servidor propio, que será utilizado como plataforma para el almacenamiento de las noticias y

los tweets, ya que soporta los niveles de crecimiento de datos previstos en el proyecto y provee una capacidad de procesamiento adecuada. Posteriormente se deberá desarrollar la etapa de análisis de resultados obtenidos, que busca responder preguntas como: ¿logran instalar los medios periodísticos temáticas en los usuarios de redes sociales? ¿la aparición de determinados tópicos en ambos dominios ocurre en simultáneo? ¿la desaparición de un tema de los periódicos implica que desaparezca de las menciones de usuarios en Twitter?. En el marco de este proyecto se ha utilizado una metodología de enfoque híbrido adaptada para proyectos de ciencias de datos, que ha permitido gestionar los tiempos y actividades del proyecto de una manera eficiente y ha permitido lograr resultados y su correspondiente validación en un tiempo relativamente acotado.

Referencias

- [1] E. Castro, A. Iglesias, P. Martínez, and L. Castaño, "Automatic identification of biomedical concepts in spanish-language unstructured clinical texts," in *Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium*, ser. IHI '10. New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 751–757. [Online]. Accessible en: <http://doi.acm.org/10.1145/1882992.1883106>
- [2] S. Abhyankar, D. Demner-Fushman, F. M. Callaghan, and C. J. McDonald, "Combining structured and unstructured data to identify a cohort of icu patients who received dialysis," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 21, no. 5, pp. 801–807, 2014. [Online]. Accessible en: <http://dx.doi.org/10.1136/amiajnl-2013-001915>
- [3] A. Ittoo, L. M. Nguyen, and A. van den Bosch, "Text analytics in industry: Challenges, desiderata and trends," *Computers in Industry*, vol. 78, pp. 96–107, 2016.
- [4] S. Beliga, "Keyword extraction : a review of methods and approaches," 2014.
- [5] L. Khan and W. Fan, "Tutorial: Data stream mining and its applications," in *Database Systems for Advanced Applications*, S.-g. Lee, Z. Peng, X. Zhou, Y.-S. Moon, R. Unland, and J. Yoo, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 328–329.
- [6] A. Ittoo, L. M. Nguyen, and A. van den Bosch, "Text analytics in industry: Challenges, desiderata and trends," *Computers in Industry*, vol. 78, pp. 96–107, 2016. [Online]. Accessible en: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.12.001>
- [7] M. Ben-Dov and R. Feldman, "Text mining and information extraction," in *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. Springer, 2005, pp. 801–831.
- [8] M. Allahyari, S. A. Pouriyeh, M. Assefi, S. Safaei, E. D. Trippe, J. B. Gutierrez, and K. Kochut, "A brief survey of text mining: Classification, clustering and extraction techniques," *CoRR*, vol. abs/1707.02919, 2017. [Online]. Accessible en: <http://arxiv.org/abs/1707.02919>
- [9] H. Schütze, C. D. Manning, and P. Raghavan, *Introduction to information retrieval*. Cambridge University Press, 2008, vol. 39.
- [10] S. Ceri, A. Bozzon, M. Brambilla, E. D. Valle, P. Fraternali, and S. Quarteroni, *Web Information Retrieval*. Springer Publishing Company, Incorporated, 2013.
- [11] D. Khurana, A. Koli, K. Khatter, and S. Singh, "Natural language processing: State of the art, current trends and challenges," *CoRR*, vol. abs/1708.05148, 2017. [Online]. Accessible en: <http://arxiv.org/abs/1708.05148>
- [12] M. Moens, *Information Extraction: Algorithms and Prospects in a Retrieval Context*, ser. The Information Retrieval Series. Springer, 2006, vol. 21. [Online]. Accessible en: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-4993-4>
- [13] B. Kimelfeld, "Database principles in information extraction," in *Proceedings of the 33rd ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems*, ser. PODS '14. New York, NY, USA: ACM, 2014, pp. 156–163. [Online]. Accessible en: <http://doi.acm.org/10.1145/2594538.2594563>
- [14] M. Allahyari, S. Pouriyeh, M. Assefi, S. Safaei, E. D. Trippe, J. B. Gutierrez, and K. Kochut, "Text Summarization Techniques: A Brief Survey," Jul. 2017. [Online]. Accessible en: <http://arxiv.org/abs/1707.02268>
- [15] F. Sebastiani, "Machine learning in automated text categorization," *ACM Comput. Surv.*, vol. 34, no. 1, pp. 1–47, Mar. 2002. [Online]. Accessible en: <http://doi.acm.org/10.1145/505282.505283>
- [16] C. H. A.-q. Miranda and J. Guzmán, "A Review of Sentiment Analysis in Spanish," *Tecciencia*, vol. 12, pp. 35 – 48, 06 2017. [Online]. Accessible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-36672017000100035&nrm=iso
- [17] M. J. Garcíarena Ucelay, M. P. Villegas, L. Cagnina, and M. L. Errecalde, "Cross domain author profiling task in spanish language: an experimental study," *Journal of Computer Science and Technology*, vol. 15, pp. 122 – 128, 11 2015. [Online]. Accessible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50079>
- [18] M. P. Villegas, M. J. Garcíarena Ucelay, M. L. Errecalde, and L. C. Cagnina, "A Spanish text corpus for the author profiling task," *Proc. del XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 10 2014. [Online]. Accessible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42290>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [19] R. Leon, A. Honrado, R. O'Donnell, and D. Sinclair, "A word stemming algorithm for the spanish language." in *7th International Symposium on String Processing and Information Retrieval (SPIRE)*, String Processing and Information Retrieval (SPIRE). Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 2000, pp. 139–145.
- [20] Vue.js. Framework javascript orientado a componentes. <https://vuejs.org/>.
- [21] Vuetify. Framework orientado a componentes basado en el estándar de material design. <https://vuetifyjs.com/en/>.
- [22] Python. Lenguaje de desarrollo. <https://www.python.org/>.
- [23] Flask. Micro framework para python. <http://flask.pocoo.org/>.
- [24] MongoDB. Gestor de base de datos nosql. <https://www.mongodb.com/>.
- [25] Amazon. Servicio de almacenamiento en la nube. <https://aws.amazon.com/es/s3/>.
- [26] Celery. Servicio que brinda colas de tareas distribuídas. <http://www.celeryproject.org/>.
- [27] Redis. Motor de base de datos y broker de mensajes. <https://redis.io/>.
- [28] Docker. Tecnología de containerización. <https://www.docker.com/>.
- [29] Twitter. Api para la extracción de contenido de twitter. <https://developer.twitter.com/>.
- [30] V. S. Code. Entorno de desarrollo integrado. <https://code.visualstudio.com/>.
- [31] GitHub. Plataforma de control de versiones. <https://github.com/>.
- [32] J. S. Saltz, "The need for new processes, methodologies and tools to support big data teams and improve big data project effectiveness," in *2015 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, Oct 2015, pp. 2066–2071.
- [33] G. Piatetsky, "Crisp-dm, still the top methodology for analytics, data mining, or data science projects." *KDnuggets*, Oct 2014. [Online]. Accesible en: <https://goo.gl/WMfCfB>
- [34] A. M. Cristaldo P, Ballejos L, "Un enfoque híbrido de gestión de proyectos de tics en el sector público," 2015. [Online]. Accesible en: <http://www.sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52408>
- [35] in *PMBOK Guide. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 5 Ed.* NewtownSquare, Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2013.
- [36] DSDM. Dsdm atern handbook (2008). <http://www.dsdm.org/dig-deeper/book/dsdm-atern-handbook>.
- [37] A. Böhm, *Application of PRINCE2 and the Impact on Project Management*.
- [38] J. Schwaber, K.; Sutherland, *The Scrum Guide, the Definitive Guide to scrum: The Rules of the Game*, 2011. [Online]. Accesible en: http://www.scrum.org/Portals/0/Documents/ScrumGuides/Scrum_Guide.pdf
- [39] J. Highsmith and J. Highsmith, *Agile Project Management: Creating Innovative Products*, ser. Agile software development series. Addison-Wesley, 2010. [Online]. Accesible en: <https://books.google.com.ar/books?id=BcWPmAEACAAJ>

Educación en Ingeniería

Título	Autores	Institución
Generación de Preguntas para Exámenes mediante la aplicación de Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo	Pablo Pytel, Cinthia Vegega, Luciano Panizza, Pablo Delucchi, Martha Orozco-González Luciano, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Experiencias de Actividades Formativas para el Desarrollo de Competencias de Orden Superior	Arturo Carlos Servetto, Elizabeth Jiménez Rey, Patricia Mabel Calvo	Universidad de Buenos Aires
Estudio de Herramientas y Metodologías Disponibles para la Implementación de ChatBots como Tutores Virtuales	Martha Orozco Gonzalez, Pablo Pytel, Ma. Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Enseñanza de programación con el método aula invertida, una experiencia motivadora	Ana María del Prado, Luis Lara	Universidad Nacional de Catamarca
Rendimiento de los Redictados de Elementos de Programación	Edgar Ariel Rivera, Claudio Ariel Vargas	Universidad Nacional de Salta
Uso de Instagram como Herramienta Didáctica para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje	Cinthia Vegega, Juan Cueli, Rocío Leguizamon, Ezequiel Díaz, Lucía Roldan, Rocío Chipian, Lucila Salmeron, Marcos Ortiz, Pablo Delucchi, Luciano Bernal, Martín Basile, Agustina Mattes, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Fortalecimiento de Competencias Genéricas con Uso de TIC	Néstor Hugo Blanco, , Nora Patricia Cuello, María Luz Albergucci, Paula Cecilia Penco	Universidad Nacional de Lomas de Zamora
Apoiando el Ejercicio de Metacognición en el Ámbito Universitario	Angela Belcastro, Rodolfo Bertone	Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Universidad Nacional de La Plata
Aprendizaje por proyectos-Un modelo intercátedras en primer año de Ingeniería en Sistemas de Información	Claudia Estela Dania	UTN Facultad Regional Rosario
Aplicación del método de coaching y su evaluación, en el seguimiento de los proyectos de la Cátedra Proyecto Fin de Carrera	Roberto Eribe, Jorge Eterovic, Mariano Bucher, Silvana Ardanaz, Juan Martin Hernández	Universidad Nacional de La Matanza
Aportes para la innovación curricular - Materia electiva 'Interoperabilidad'	Erica Vanesa Caro, Bruno Díaz, Raúl Moralejo	UTN Facultad Regional Mendoza

El Smartphone en el aula de Matemática Discreta como herramienta de aprendizaje	Marcela Elisabet Bellani, María Liliana Mazzi, Héctor Conrado, Elías Ezequiel Lobatto, Christian Staple, Sandra Luchetti	Universidad Nacional de La Matanza
Técnicas de Gamificación aplicadas a una experiencia práctica como factor de fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje de programación	Lucas Videla, Leonardo Blautzik, Federico Gasior, Julio Crispino, Veronica Aubin, Renata Guatelli, José Luis Cabrera, Carolina Sanchez, Daniel Giulianelli	Universidad Nacional de La Matanza
Aprendizaje Centrado en el Estudiante aplicado en la asignatura Investigación Operativa	Javier Alejandro Cantó, Cristina Rojas	UTN Facultad Regional Tucumán
De los tradicionales juegos manuales a problemas de ingeniería para un primer año universitario	María Fernanda Golobisky, Marta Dominga Castellaro, María Julia Blas, Patricia Torresán	UTN Facultad Regional Santa Fe, INGAR UTN - CONICET
Vinculación 3.0: Una Solución Integrada para Disminuir las brechas Educativas Regionales	Julieta Gatica, Camila Olguin, José Pedro Montejano, Mariano Luzzza, Mario Berón, Analía Zaldúa, Ricardo Tertusio, German Montejano	Universidad Nacional de San Luis
E-Portfolio: análisis para su aplicación en la cátedra de Ingeniería de Software	Viviana Andrea Santucci, Lucila Romero, Marcela Andrea Vera	Universidad Nacional del Litoral
Evaluación por competencias en Ingeniería. Desarrollando un estudio de caso.	Jorgelina Cecilia Nadal, Norma Yolanda Haudemand, Adriana Noelia Poco, Amelia Balbina Came López	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay
Una herramienta educativa y lúdica para motivar y propiciar el desarrollo de las competencias en los estudiantes universitarios	Sofía Beatriz Perez, Natalia Carolina Mira, María Alejandra Boggio, Alicia Guillermina Salamon	Universidad de la Defensa Nacional - IUA. Universidad Nacional de Córdoba
Uso de tecnologías semánticas en e-Portfolios en contextos universitarios: un análisis del estado del arte	Camila Saucedo, Mariel Ale, Milagros Gutierrez, Lucila Romero	Universidad Nacional del Litoral. UTN Facultad Regional Santa Fé
Propuesta de acciones para la implementación del modelo Aprendizaje Centrado en el Estudiante en la Universidad	Cristina Rojas, Rosana Hadad Salomón, Rubén Fernando Araujo	UTN Facultad Regional Tucumán
El T-Learning y las aplicaciones verdes	Adriana Xiomara Reyes Gamboa, Dario Enrique Soto Duran, Jovani Jiménez Builes, Wilfer Arley Salazar Giraldo	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Universidad Nacional de Colombia
Estrategia de enseñanza de la programación: MEF como modelo de sistemas embebidos y su implementación utilizando técnica de búsqueda en tablas.	Jorge Buabud, Rubén Fernando Araujo	UTN Facultad Regional Tucumán

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Proyecto Final: Innovación en el Proceso de enseñanza aprendizaje aplicando Project Management Institute	Elizabeth Maria Alexandra Dufour, Emmanuel Fernando López, Gustavo Gabriel Maigua	UTN Facultad Regional Tucumán
Estilos de Aprendizaje en Estudiantes de Ingeniería Informática	Marcela Paula González, Delia Esther Benchoff	Universidad Nacional de Mar del Plata
Estrategia Pedagógica Interdisciplinaria Para Abordar Problemas Contextualizados	Marcelo Cappelletti, María Joselevich, Roberto Alonso, Ramiro Irastorza, Jéscica Guzmán, Matías Suarez, Martín Morales, Alejandra Serial, Nicole Denon, Lucas Olivera	Universidad Nacional Arturo Jauretche
Programa de Tutorías de Inicio de carrera: Experiencia del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información	Alejandra María Odetti, Amalia Inés Haefeli, Roberto Miguel Muñoz	UTN Facultad Regional Córdoba

Rendimiento de los Redictados de Elementos de Programación

Rivera Edgar Ariel
Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de Salta
riverae8080@yahoo.com.ar

Vargas Claudio Ariel
Facultad de Ciencias Exactas
Universidad Nacional de Salta
claudioavargas@gmail.com

Resumen

Este trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación CIUNSa N°2154/0 y explica la experiencia obtenida en los redictados de la asignatura Elementos de Programación. La mencionada asignatura se dicta en el primer año, primer cuatrimestre, en la carrera de la Licenciatura en Análisis de Sistemas y en la Tecnicatura Universitaria de Programación de la Universidad Nacional de Salta. Si bien los alumnos, ingresantes a la vida universitaria, realizan un curso de nivelación a principio del año lectivo, ello no evita el alto porcentaje que abandonan la carrera, por diversos motivos. Debida a esta acuciante situación es que se decidió el redictado de materias del primer año, primer cuatrimestre, tendientes a lograr la retención de los alumnos, como así también que los mismos alcancen el nivel deseado para poder continuar en la carrera. Desde el año 2008 se realizan los redictados de la asignatura en cuestión. En el año 2016 y en el presente año, se realizó un Redictado Intensivo de Elementos de Programación, los cuales se desarrollaron durante el mes de julio y parte de agosto. En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos, y se realiza una evaluación sobre los rendimientos académicos de los alumnos en los redictados, tanto en su modalidad normal como intensivo.

1. Introducción

Debido a la alta tasa de abandono, de los alumnos ingresantes, en la carrera de la Licenciatura en Análisis de Sistemas y en la Tecnicatura Universitaria de Programación de la Universidad Nacional de Salta, es que desde el año 2008 se redictan las materias del primer año primer cuatrimestre. Uno de los motivos observables, por lo cual los alumnos abandonan la carrera, es que las

capacidades adquiridas en el nivel secundario, muchas veces, no son suficientes para abordar exitosamente la vida universitaria. Se observan falencias en la interpretación de consignas, resolución de problemas y una adecuada metodología de estudio. Si bien realizan una instancia niveladora, la misma no es determinante para su ingreso. Esto conlleva a que el alumno al quedar libre en la materia y no poder continuar cursando el segundo cuatrimestre, se sienta frustrado y al tener que esperar al próximo año para reintentar regularizar la materia, decida abandonar la universidad. El redictado de la asignatura Elementos de Programación, tiene como uno de sus principales objetivos evitar la deserción de los alumnos, procurando que los mismos no queden todo un cuatrimestre sin cursado, logrando de este modo que el alumno continúe insertándose en la vida universitaria, procurando que desarrolle adecuadamente las capacidades necesarias para continuar en la carrera.

2. Dictado y Redictado de la Asignatura Elementos de Computación

Los objetivos de la asignatura son: Que el alumno resuelva problemas computacionales aplicando algoritmos fundamentales; diseñe circuitos lógicos sencillos usando principios del Álgebra de Boole; convierta números entre distintos sistemas de numeración e indique elementos básicos de alfabetización informática. La cátedra dispone de dos profesores adjuntos, siete jefes de trabajos y cuatro alumnos adscriptos.

2.1. Metodología y Descripción de las Actividades Teóricas y Prácticas

La metodología adoptada es Extended-Learning y colaborativa, utilizando para ello, además de las herramientas que brinda el software educativo Moodle, el

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

software Open Diagramar. Las clases teóricas son fundamentalmente expositivas sobre los contenidos de la asignatura, buscando la oportuna participación de los alumnos en especial en la propuesta de ejemplos. En las clases prácticas, se hace una referencia breve a los contenidos teóricos, se debaten las aplicaciones bajo una modalidad de taller y se orienta hacia las conclusiones. Los estudiantes acceden a horarios de consulta presencial con los docentes; quienes, además brindan apoyo virtual desde la plataforma de la cátedra. En el redictado de la asignatura se cuenta generalmente con un profesor adjunto y un jefe de trabajo práctico, el cual tiene a su cargo una única comisión. Esta situación se presenta generalmente por la falta de docentes en el departamento, lo que no permite realizar todas las actividades deseadas en el aula virtual. Se realizan tres parciales, pero los recuperatorios de los mismos se realizan al final del cuatrimestre; de forma tal que los alumnos quedan libres, solamente, al final del dictado de la materia.

3. Resultados de los Rendimientos Académicos de los Alumnos en los Redictados

Nota: Se consideran solos los alumnos que rindieron el primer parcial.

Tabla 1. Redictado 2008.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	40	100%
Regularizaron	14	35%
Libres	20	50%
Abandonaron	6	15%



Figura 1. Redictado 2008.

Tabla 2. Redictado 2009.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	82	100%
Regularizaron	32	39%

Libres	45	55%
Abandonaron	5	6%



Figura 2. Redictado 2009.

Tabla 3. Redictado 2010.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	72	100%
Regularizaron	34	47%
Libres	23	32%
Abandonaron	15	21%



Figura 3. Redictado 2010.

Tabla 4. Redictado 2013.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	39	100%
Regularizaron	19	49%
Libres	9	23%
Abandonaron	11	28%



Figura 4. Redictado 2013.

Tabla 5. Redictado 2014.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	42	100%
Regularizaron	21	50%
Libres	12	29%
Abandonaron	9	21%



Figura 6. Redictado 2015.

Tabla 7. Redictado 2017.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	36	100%
Regularizaron	16	45%
Libres	8	22%
Abandonaron	12	33%



Figura 5. Redictado 2014.

Tabla 6. Redictado 2015.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	50	100%
Regularizaron	17	34%
Libres	17	34%
Abandonaron	16	32%



Figura 7. Redictado 2017.

4. Resultados de los Rendimientos Académicos de los Alumnos en los Redictados Intensivos

En el año 2016, se realizó un Redictado Intensivo de la asignatura. El cursado se realizó durante los meses de julio y parte de agosto en forma intensiva. El plantel docente se formó con un profesor adjunto, dos jefes de trabajos prácticos y un colaborador para ayudar en la plataforma Moodle. La ventaja fundamental de un redictado intensivo, es que el alumno que regulariza pueda continuar el cursado del segundo cuatrimestre en forma normal. Los resultados fueron:

Tabla 8. Redictado Intensivo 2016.

	Alumnos	Porcentaje
Primer Parcial	57	100%
Regularizaron	28	49%
Libres	13	23%
Abandonaron	16	28%



Figura 8. Redictado Intensivo 2016.

5. Encuesta

En el año 2014, se realizó una encuesta a los alumnos del redictado, el objetivo de la misma era determinar si el hecho de poseer internet y/o notebook influían en el rendimiento; y si el redictado fue un incentivo para continuar en la universidad. Primeramente se realizaron las siguientes preguntas: “¿Tenés notebook?” y “¿Tenés internet en tu casa?”. Los resultados fueron los siguientes (ver Tabla 5. Redictado 2014):

Tabla 9. Encuesta 2014: Alumnos que Regularizaron.

	Si	No
Tenés notebook?	14	7
Tenés internet en tu casa?	13	8

Tabla 10. Encuesta 2014: Alumnos Libres.

	Si	No
Tenés notebook?	8	4
Tenés internet en tu casa?	9	3

Tabla 11. Encuesta 2014: Alumnos que Abandonaron.

	Si	No
Tenés notebook?	6	3
Tenés internet en tu casa?	3	3

De los 42 alumnos, 28 poseen notebook y 28 poseen internet en su casa. Se puede observar que en las tres categorías (regular, libre, abandono) la cantidad de alumnos que poseen notebook es el doble de los que no la poseen. Lo mismo se repite con el tema de internet. Finalmente se realizaron las siguientes preguntas: “¿Crees que el Redictado te ayudó a no abandonar la universidad?”, y “¿Porqué?”. De los 42 alumnos, 40 contestaron “sí” y 2 contestaron “no”. Los motivos que sobresalieron, en la respuesta de los alumnos que contestaron por el “sí”, son: “El hacer el redictado, evito perder todo el año, y así motivarme para no abandonar los estudios”, “Me permitió seguir preparando la materia y me ayudó a entenderla mejor”. Es llamativo que hasta los alumnos que no regularizaron, reconocen la importancia del redictado.

6. Conclusión

En cuanto a los rendimientos académicos de los alumnos, puede observarse en las gráficas de los Redictados 2008,2009,2010,2013,2014,2015 y 2017, que el porcentaje de alumnos que regularizaron tiene un promedio del 43%, los que quedaron libres tiene un promedio de 35% y los que abandonaron tiene un promedio de 22%. Si apuntamos a la retención de los alumnos, se observa que un alto porcentaje de alumnos que quedaron libres continúan su cursado en el año siguiente, por lo que puede inferirse que, en el mejor de los casos, el $(43\%+35\%=78\%)$ 78% de los alumnos que terminaron el cursado, continúan en la carrera. Además, el 43% de los alumnos regulares indica que los mismos, desarrollaron las capacidades para poder continuar con la carrera. Este último dato es importante, puesto que los alumnos que concluyen el primer año, regularizando todas las materias, difícilmente abandonan la carrera. No debe subestimarse el hecho de que un alumno que, durante un cuatrimestre, no cursa ninguna materia, es altamente probable que abandone la carrera.

Respecto a la encuesta realizada, se puede concluir que el hecho de poseer internet o notebook, no influye para que regularice, quede libre o abandone. Debe hacerse notar que en la asignatura Elementos de Computación, se hace poco uso de la computadora; además los alumnos tienen acceso a los laboratorios informáticos, si así lo requieren.

En cuanto a los rendimientos académicos de los alumnos, en el redictado intensivo de la asignatura, realizado en el 2016 y que en este año 2018 se está desarrollando, se obtuvieron resultados alentadores, aunque falta ver si los mismos guarismos se repiten en otras cohortes. El dictado del redictado intensivo, implicó un gran esfuerzo por parte de los docentes, que tuvieron que preparar y adecuar la materia para un dictado intensivo; y de parte de los alumnos que tuvieron que concurrir en forma asidua durante todo el receso. Los

alumnos mostraron mucho interés, debido a que era una nueva oportunidad para seguir el cursado de la carrera. En las clases teóricas se notaba una buena concurrencia de alumnos, los cuales generalmente participaban de las actividades que se desarrollaban en clase. Debe soslayarse que el cursado intensivo permite, a los alumnos que regularicen, insertarse nuevamente en la carrera sin perder el ritmo del cursado. Así mismo, debemos resaltar que los alumnos que quedan libres posiblemente pierden el ritmo de cursado en el segundo cuatrimestre. Además, fue notable en la cohorte 2016, que el 70% de los alumnos que regularizaron tuvieron buen desempeño en el dictado normal de la asignatura (obtuvieron notas cercanas al porcentaje solicitado para aprobar los parciales o sus recuperatorios), lo que hace suponer que el poco tiempo asignado al redictado intensivo, dificulta alcanzar los objetivos propuestos por la cátedra, a los alumnos con bajo desempeño.

En definitiva, los rendimientos académicos de los alumnos en los redictados de la asignatura Elementos de Programación, o su redictado intensivo, resultaron altamente satisfactorios para minimizar el problema de la deserción de los alumnos ingresantes. Permitió que un alto porcentaje de alumnos puedan continuar con el ritmo de estudio universitario y muchos de ellos continuar con el cursado normal de la carrera. El esfuerzo de recursos, que implica formalizar estos redictados, quedan justificados a la vista de los logros obtenidos.

7. Bibliografía

- [1] De Giusti, A. "Algoritmos, datos y programas", *Editorial Prentice Hall*, 2001.
- [2] Calzadilla, M. E., "Aprendizaje colaborativo y tecnologías de la información y la comunicación", *En Revista Iberoamericana de Educación. ISSN:1681-5653*, 2002, <http://www.rioei.org/deloslectores/322Calzadilla.pdf>. Accedido en agosto de 2018.
- [3] Cabero Almenara, J., "Aportaciones al E-Learning: Desde la Investigación Educativa", *Edita: Grupo de Investigación Didáctica. ISBN: 978-84-934840-9-5*. 2008.
- [4] Moodle., "Documentación Página oficial Moodle. Portada", https://docs.moodle.org/all/es/Página_Principal. Accedido en agosto de 2018.
- [5] Mac Gaul, M. y Otros., "NTIC_EC (Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación para Elementos de Computación)", *Fac. Cs. Exactas UNSa. Policopiado*, (2003 – 2004).
- [6] Rivera, E. A., Zamora, R. G., Soria, M. G., "Sistema de Educación a Distancia (SED)", *IV Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET'09)*, 2009.
- [7] Olmos, K., Morales, C., Rojas, T., Fernández, L. "Objetos de Aprendizaje Enfocados a la Resolución de Problemas para Facilitar la Enseñanza de la Programación", 2013.
- http://www.academia.edu/1303813/Objetos_de_Aprendizaje_Enfocados_a_la_Resolucion_de_Problemas_para_Facilitar_la_Ensenanza_de_la_Programacion Accedido en agosto de 2018
- [8] García Aretio, L. "Sociedad del Conocimiento y Educación". *Ed. Aranzadi, S. A. España. ISBN: 978-84-362-6573-6*, 2012.
- [9] González, A., Sanz, C., De Giusti, A. "El caso de Algoritmos, Datos y Programas. Posibilidades de uso de un entorno virtual de enseñanza y aprendizaje según el perfil de los alumnos", 2008. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19076>. Accedido en agosto de 2018.
- [10] Morán, L. "Blended-Learneng. Desafío y Oportunidad para la Educación Actual". *En EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm.39*, 2012. <http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec/article/download/371/108> Accedido en agosto de 2018.
- [11] Zañartu Correa, L. M. "Aprendizaje colaborativo: una nueva forma de diálogo interpersonal y en red" *en Revista digital de educación y nuevas tecnologías. Contexto educativo. Nueva Alejandría Internet*, 2011.
- [12] Cabero, J. "Bases Pedagógicas del e-Learning". *en Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento vol2 N°1*, 2004

Uso de Instagram como Herramienta Didáctica para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje

Juan Cueli¹, Rocío Leguizamón¹, Ezequiel Díaz¹, Lucía Roldán¹, Rocío Chipian¹, Lucila Salmerón¹,
Marcos Ortiz¹, Pablo Delucchi¹, Luciano Bernal¹, Martín Basile¹, Agustina Mattes¹, Cinthia Vegega¹
& María Florencia Pollo-Cattaneo¹

¹ Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS).
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.
cinthiavg@yahoo.com.ar flo.pollo@gmail.com

Resumen

Dentro de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, las redes sociales, se consideran como una herramienta que permite el desarrollo del aprendizaje colaborativo, otorgando un valor agregado al proceso de enseñanza-aprendizaje. En este contexto, el presente trabajo describe una propuesta de la aplicación de la red social Instagram, como ayuda a los alumnos para el seguimiento y evaluación de los contenidos de la asignatura 'Sistemas y Organizaciones' de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional.

Palabras Claves

Instagram, Enseñanza-Aprendizaje, TICs, Educación y Tecnología.

1. Introducción

La Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRBA) es una casa de altos estudios que brinda formación en ingeniería y otras carreras técnicas. Entre ellas, se encuentra la carrera 'Ingeniería en Sistemas de Información' (ISI), cuyo objetivo es formar profesionales de sólida capacidad analítica para la interpretación y resolución de problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de información [1].

En el primer nivel de su Plan de Estudios [2] se encuentra la asignatura "Sistemas y Organizaciones" que forma parte de su tronco integrador y atraviesa al Plan de Estudios en sus diferentes niveles, con el objetivo de "crear a lo largo de la carrera un espacio de estudio multidisciplinario de síntesis, que permita al estudiante conocer las características del trabajo ingenieril, partiendo de los problemas básicos de la profesión" [3]. Dicha asignatura es de cursado obligatorio para los alumnos que hayan aprobado el

curso de ingreso a la carrera (aproximadamente 800 inscriptos). Es una asignatura anual, por lo cual, los temas teóricos y prácticos desarrollados durante la cursada se evalúan en dos exámenes parciales. En caso de no aprobar algún tema, los alumnos tienen la posibilidad de volver a rendir esos temas en los dos exámenes recuperatorios que cada parcial posee.

No obstante, debido a que existe aproximadamente un 30% de deserción (sólo) en el primer año de la cursada [4], se considera de interés proveer mecanismos e intervenciones para intentar revertir esta situación. Dentro de los factores identificados, en este trabajo, se busca asistir a uno de los más graves: la falta de estudio de los alumnos durante la cursada. Como resultado de esto, muchos alumnos desaprovechan el primer examen parcial de la asignatura (que rinden al finalizar el primer cuatrimestre). En algunos casos, ello produce una frustración que deriva en la interrupción de la cursada para su retome al año siguiente (generando un retraso significativo en la finalización de la carrera) o, en casos más drásticos, el abandono de la carrera (aumentando así la deserción universitaria).

En este contexto, dentro del Grupo de Estudio de Metodologías para Ingeniería en Software (GEMIS) [5], los ayudantes pertenecientes a la cátedra de la asignatura "Sistemas y Organizaciones" han detectado la necesidad de ofrecer a los alumnos que comienzan a transitar su formación, una herramienta alternativa para el estudio, seguimiento y evaluación de los contenidos que se dictan [6]. Es en este sentido, donde se acude a la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) dado que, para la comunidad educativa, es una herramienta útil para asistir el proceso de enseñanza-aprendizaje, sobre todo con respecto a la facilidad en el manejo de los recursos asociados a los contenidos [7]. Dentro de las TICs, en [8] se presenta el diseño de una aplicación móvil que permite al alumno estar conectado con los temas de la asignatura desde donde se encuentre y cuando lo necesite que fue utilizada durante los años 2016-2017. Mientras que en el corriente año 2018, se realiza una experiencia

utilizando redes sociales, ya que las mismas se pueden considerar como una estrategia de aprendizaje y una herramienta que permite el desarrollo del aprendizaje colaborativo, involucrando espacios de intercambio de información que le otorguen un valor agregado al proceso de enseñanza-aprendizaje [9], dado que el aprendizaje colaborativo permite que los alumnos trabajen juntos para aprender y sean ellos los responsables tanto de su propio aprendizaje como el de sus compañeros, implicándose más con la asignatura [10,11]. Asimismo, las TICs pueden ser utilizadas como herramientas constructivistas, funcionando como una continuación del aula, a través de la ampliación del espacio de interacción de los alumnos y el profesor, permitiendo el contacto continuo y proporcionando nuevas formas para la comunicación entre ellos [12]. Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en este artículo, se presenta la aplicación de una red social como ayuda en el proceso de enseñanza-aprendizaje, mostrando, en primera instancia, su forma de utilización dentro de la asignatura (sección 2), para luego presentar los resultados de su aplicación (sección 3). Posteriormente se presentan las conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo (sección 4).

2. Materiales y Métodos

En esta sección, se presenta la red social utilizada para la experiencia realizada (sección 2.1) y su aplicación (sección 2.2).

2.1 Red Social Seleccionada

Según [13] se puede considerar a las redes sociales como servicios basados en web que permiten a las personas construir un perfil público, o semi-público, dentro de un sistema cerrado, construir una lista de contactos con los cuales compartir un vínculo y, ver y recorrer esta lista de contactos y aquellas listas utilizadas por otros miembros del sistema. De esta manera, una red social constituye una estructura social de personas que se encuentran conectadas entre sí, por uno o varios tipos de relaciones [14]. En este contexto, existen una gran cantidad de redes sociales, según el informe anual de Vitconsblog del año 2108 [15], se observa que las redes sociales más utilizadas, a nivel mundial, son: Facebook, Instagram, Qzone, Odnoklassniki y V Kontakte. Asimismo, en Argentina, según un informe del Diario La Nación [16], la red social más popular entre los menores de 33 años (que es la edad que poseen los alumnos que cursan esta asignatura), es Instagram [17], coincidiendo con el informe del sitio Social Media Today del año 2017 [18], que afirma que el 90% de los usuarios de esta red social tienen menos de 35 años. Agregando, que según un estudio de la consultora eMarketer [19], se prevee

que en este año, Facebook pierda usuarios jóvenes que están migrando a Instagram y Snapchat.

A partir de esto, la experiencia se desarrolla utilizando la red social Instagram en cinco cursos de los días lunes, martes, jueves y viernes durante la primera parte del corriente año 2018 (lo que representa el 80 % de los cursos del turno mañana). Se aclara que, independientemente del día del curso, los mismos corresponden a un único docente, por lo que en todos se dictan los mismos temas en el mismo orden.

2.2 Experiencia Realizada

Previo a describir la experiencia realizada, se presenta una breve descripción de los temas de la asignatura “*Sistemas y Organizaciones*”. La teoría incluye conceptos orientados a las incumbencias y el rol del Ingeniero en Sistemas de Información, así como la resolución de problemas mediante el empleo de Metodologías de Sistemas. Por otro lado, la práctica incluye, en el primer cuatrimestre, el desarrollo de diagramas de Organigramas y Cursogramas, mientras que, en el segundo cuatrimestre, se desarrollan Circuitos Administrativos. Una descripción más detallada de los temas desarrollados se puede encontrar en [3].

Teniendo en cuenta estos temas, dentro de Instagram [17] se utilizan las siguientes funcionalidades:

- *Perfil*: se genera un perfil privado que contiene un logo realizado en forma particular para ese perfil. El perfil es privado para poder aprobar sólo las solicitudes de seguimiento de los alumnos. En la figura 1 se muestra la imagen del perfil generado.
- *Historias (Stories)*: las Historias son usadas para publicar consejos sobre Cursogramas (figura 2) y Organigramas (figura 3) y, consejos generales de la asignatura.
- *Fijar Historias dentro del Perfil*: dado que las Historias duran solamente 24 horas, se han anclado todas aquellas que se consideraron importantes para que los alumnos puedan visualizarlas en cualquier momento del cuatrimestre y de esta manera, repasar algunos conceptos antes del parcial.
- *Encuestas*: como práctica para el parcial, durante el cuatrimestre, se utilizan las encuestas para publicar preguntas del estilo verdadero-falso, donde cada alumno pueda votar por “V” o “F”, tal como se muestra en la figura 4. Una vez que la encuesta ha cerrado, al cabo de 24 horas, se publica un audio con la justificación de la respuesta correcta. En la figura 5 se observa el formato del audio, donde se detalla la pregunta, junto con la respuesta correcta. Las encuestas también se fijaron dentro del perfil de modo que

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

los alumnos las tengan disponibles para su consulta.

- **Publicaciones:** se utilizan las publicaciones para recordar algunos temas dados en clase (figura 6), para recordar las tareas enviadas a cada curso y para difundir ejercicios junto con su resolución, utilizándolas como complemento a la guía de trabajos prácticos que se emplea en la asignatura.

En cuanto a los recursos docentes que se necesitan para la confección de las encuestas y su posterior análisis se dispone de una reunión semanal, integrada por dos docentes: el docente a cargo de los cursos junto con un docente que gestiona las preguntas y sus respuestas. Asimismo, se cuenta con la colaboración de dos ayudantes: un ayudante diseñador de la estética de las pantallas y otro para la gestión de las estadísticas.



Fig. 1: Perfil de Instagram

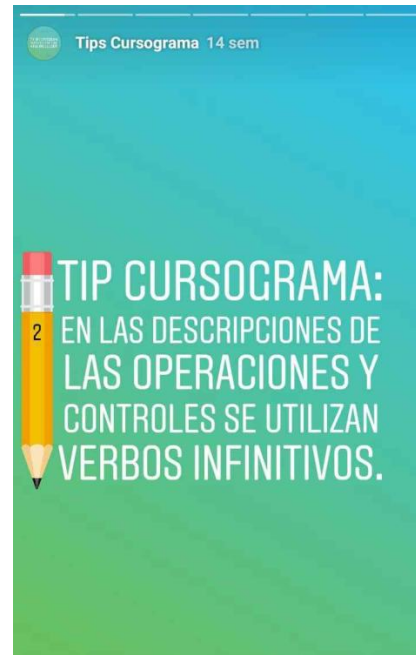


Fig. 2: Tip Cursograma

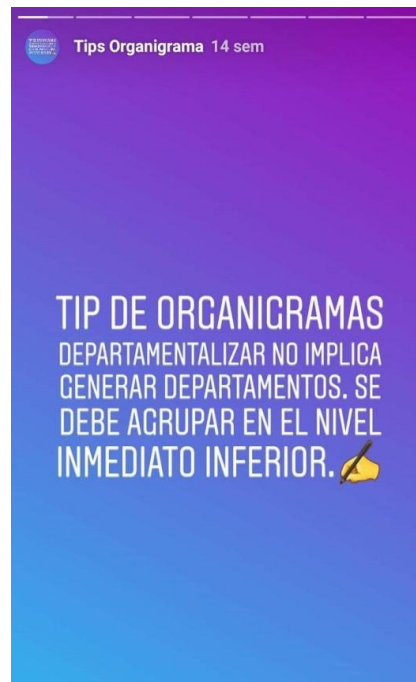


Fig. 3: Tip Organigrama



Fig. 4: Ejemplo de Pregunta



Fig. 5: Ejemplo de Respuesta

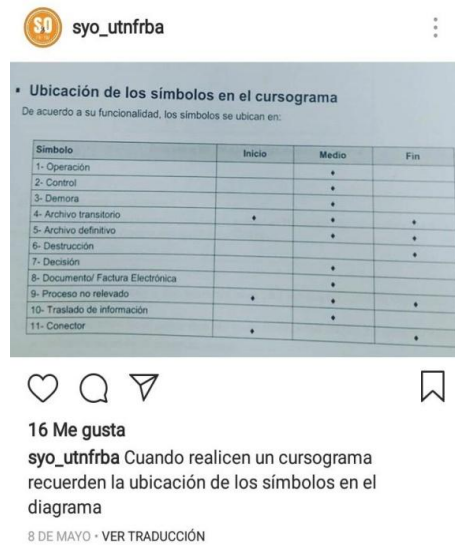


Fig. 6: Ejemplo de Publicación

3. Análisis de Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos a partir de la participación de los alumnos en Instagram y las notas de los parciales evaluados luego de la experiencia realizada. En primera instancia, se muestra la participación de los seguidores en las encuestas publicadas dentro de la red social (sección 3.1), para evaluar la evolución de sus respuestas (sección 3.2.) y analizarla con los resultados de los parciales (sección 3.3). Asimismo, también se describen las acciones implementadas durante el segundo cuatrimestre en vigencia (sección 3.4).

3.1 Participación de los Seguidores

El primer resultado al cual se aborda es la cantidad de seguidores actuales que son un total de 173 seguidores, representando un 95% de participación de los alumnos de los cinco cursos en donde se realiza la experiencia (siendo el total de alumnos inscriptos en dichos cursos de 182). Con el transcurso del cuatrimestre, aumentó considerablemente la cantidad de alumnos que siguieron a la cuenta, ya que se comenzó el 30 de abril del corriente año con sólo 93 seguidores. Esto sucede debido a que si bien no fue obligatorio que siguieran a la cuenta, a partir de conversaciones con los alumnos, ellos expresaban que preferían contestar las encuestas publicadas, a fin de practicar para el parcial. Algunos alumnos se crearon cuentas de Instagram para seguir a la asignatura.

A lo largo del cuatrimestre, se publicaron un total de 19 preguntas del estilo verdadero-falso (utilizando las

encuestas que brinda Instagram), dado que es una de las formas de evaluar la teoría en los exámenes parciales. En la figura 7 se observa, por un lado, que la participación de los seguidores en involucrarse contestando las encuestas fue decreciendo en función del tiempo, destacándose dos máximos claros: el primero, al comienzo de las encuestas, mientras que el segundo en la mitad, coincidiendo con los avisos que se dieron de las fechas de parciales.

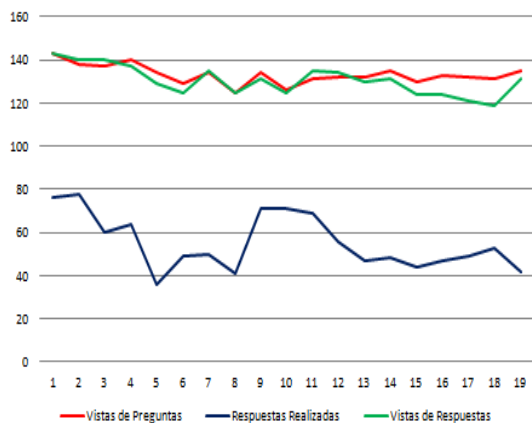


Fig. 7: Seguidores que respondieron y vieron las Encuestas

Del mismo modo, se observa que la cantidad de seguidores que se involucran no supera los 80 seguidores, contrastando con la cantidad de seguidores que ven las encuestas (tanto las preguntas como las respuestas con la justificación que se publican). Dado esto, se concluye que los alumnos observan las encuestas, pero prefieren no contestarlas y esperar la respuesta correcta con su justificación.

3.2. Evolución de las Encuestas Contestadas

Teniendo en cuenta los seguidores que participaron contestando las encuestas, se puede observar en la figura 8, que la mayoría de ellas fue contestada en forma correcta, visualizándose dos máximos en la cantidad de respuestas incorrectas, las cuales tuvieron relación con encuestas relacionadas al rol del Ingeniero en Sistemas de Información y Metodología de Sistemas, que es uno de los temas, que el docente que que tiene a cargo los cursos en donde se lleva a cabo la experiencia, manifiesta como el más difícil de aprobar. A partir de estos resultados, sobre los conceptos indicados, se realizó un seguimiento en los cinco cursos a lo largo del cuatrimestre.

Evaluando las encuestas, 7 de ellas tienen respuestas verdaderas, mientras que 12, tienen respuestas falsas. Como se observa en la figura 9, aquellas que eran verdaderas, fueron contestadas mayormente bien,

contrastando con las que eran falsas donde la cantidad de respuestas correctas fue menor. Es por esto, que se observa una tendencia en donde a los alumnos les resulta más difícil responder correctamente aquellas preguntas con respuesta falsa.

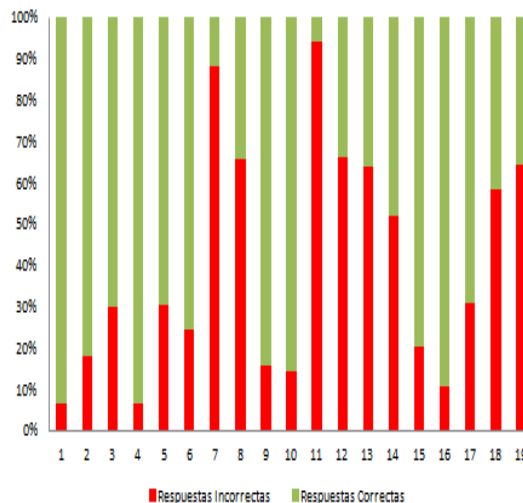


Fig. 8: Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas en Instagram

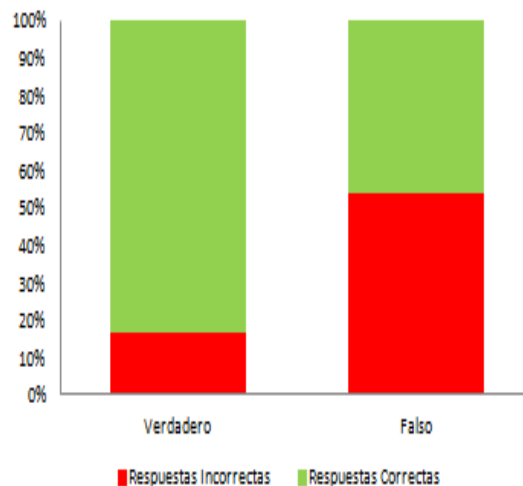


Fig. 9: Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas según sean Respuestas Verdaderas o Falsas

3.3 Resultados de los Parciales

Al finalizar el cuatrimestre, se tomaron los primeros parciales en los cursos en donde se realizó la experiencia utilizando a Instagram como apoyo al

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

proceso de estudio de los alumnos. El parcial en su parte teórica consistió de cinco preguntas, dos de ellas para definir y relacionar los conceptos vistos en clase y cuatro de ellas del estilo verdadero-falso, donde una pregunta (N° 3), era similar a una de las preguntas publicadas en Instagram, tal como se observa en la tabla 1. En la figura 10, se muestra un diagrama con los porcentajes promedios de respuestas correctas por cada pregunta. Como se observa, la pregunta 3 no se contestó mejor que las otras. Sin embargo, la primera pregunta que hacía referencia a los conceptos más importantes de la materia, relacionados al rol de Ingeniero en Sistemas de Información, tuvo un 74% de respuestas correctas, dado que de estos conceptos se hizo un seguimiento profundo durante todo el cuatrimestre.

Asimismo, los resultados de los parciales del corriente año se comparan con los resultados del año anterior tal como se muestra en la figura 11, en la cual se puede ver que el promedio de aprobados se mantuvo constante (es de notar que para aprobar el parcial se necesita tener un mínimo del 60% correcto de cada tema).

Tabla 1: Comparación de Preguntas del Parcial con las Preguntas de Instagram

Pregunta de Parcial	Pregunta Similar de Instagram
Todo sistema cumple con el principio de jerarquía sistémica	Todo sistema se encuentra dentro de un sistema de mayor jerarquía
En el marco de la metodología de sistemas, todos los errores del producto solución se corrigen en la etapa de pruebas, es por ello que el producto llega sin errores a la implementación	En el marco de la metodología de sistemas, la etapa de mantenimiento corrige errores detectados en la etapa de pruebas
La entropía es directamente proporcional a la homeostasis	La homeostasis es inversalmente proporcional a la entropía
El modelo de análisis no debe tener en cuenta la tecnología en la cual se encuentra implementado	El modelo de análisis debe tener en cuenta la tecnología en la que se encuentra implementado el sistema de información actual
En un cursograma no se pueden graficar controles en sectores externos a la organización	En un cursograma se pueden graficar operaciones en un sector externo

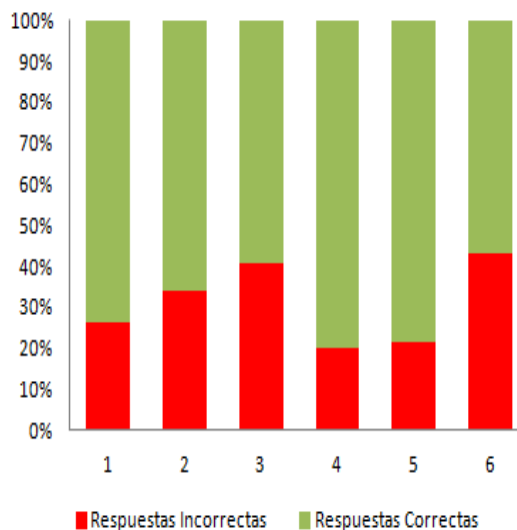


Fig. 10: Respuestas Correctas vs Respuestas Incorrectas en Parcial

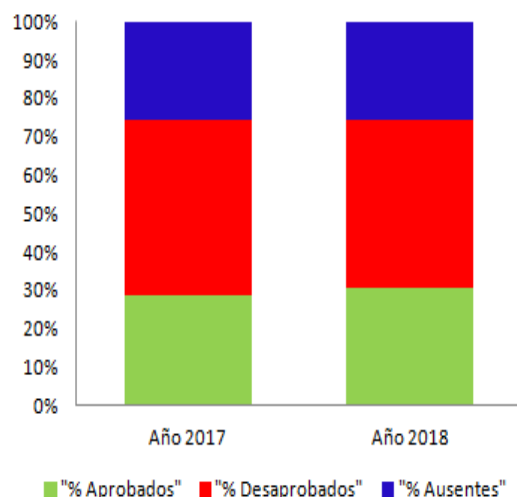


Fig. 11: Comparación de los Resultados de los Parciales de los años 2017-2018

3.4 Participación en el Segundo Cuatrimestre

Al comenzar el segundo cuatrimestre, se consulta a los alumnos si desean continuar utilizando encuestas para practicar para el parcial. En la figura 12 se observa que el 94% de los alumnos desea seguir utilizando Instagram.

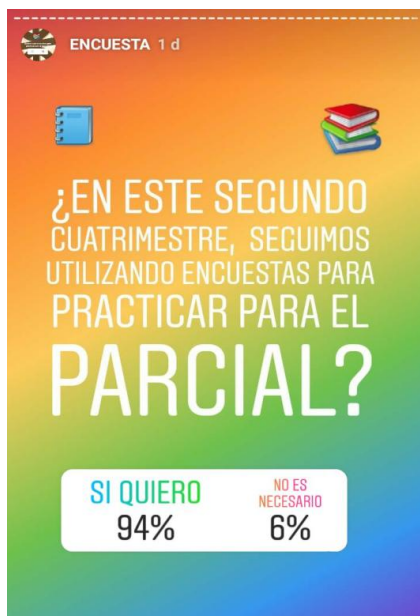


Fig. 12: Pregunta sobre el Uso de Instagram en el Segundo Cuatrimestre

A partir de eso, se comienza realizando dos encuestas del primer tema teórico del segundo cuatrimestre, correspondiente a Pensamiento Lineal y Sistémico [3], que demuestran que la participación de los alumnos ha aumentado considerablemente (figura 13). Además, el docente manifiesta que los alumnos se han interesado por las respuestas que se publicaron en Instagram y han consultado en clase lo que no comprendieron de la justificación realizada.

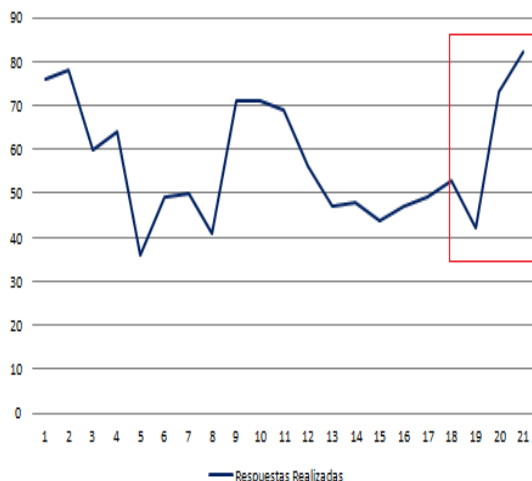


Fig. 13: Seguidores que respondieron las Encuestas

4. Conclusiones

El presente trabajo describe una propuesta de la aplicación de la red social Instagram, como herramienta para complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La experiencia se desarrolla en cinco cursos de los días lunes, martes, jueves y viernes de la asignatura 'Sistemas y Organizaciones' de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional y se realiza durante la primera parte de este año 2018.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que el comportamiento de los alumnos dentro de la red social consta mayormente de observar las encuestas publicadas y esperar las siguientes publicaciones con las respuestas a dichas encuestas. Este comportamiento no ayuda al aprendizaje e internalización de los conceptos, dado que escuchar solamente no produce un compromiso con involucrarse en pensar la respuesta a la encuesta o buscar la respuesta en la bibliografía de la asignatura, aprendiendo el concepto. Sin embargo, luego del resultado de los parciales y el comienzo del segundo cuatrimestre, se puede apreciar que los alumnos, comenzaron a entender que el uso de esta red social ayuda, en forma complementaria, a su estudio durante la cursada pero que es necesario su esfuerzo y dedicación para lograr los resultados esperados.

Además, si bien en base a lo observado en los resultados de los parciales no parece detectarse una relación directa entre el uso de la herramienta y una mejora en el desempeño de los alumnos, es necesario tener en cuenta que este proceso de desarrollo es largo y requiere también un aprendizaje de los docentes y ayudantes para lograr explotar al máximo la opción que esta y otras herramientas proveen. Existen otras múltiples variables que pueden afectar el desempeño de los alumnos y que sólo el análisis de varios años consecutivos permitirá determinar el impacto de estas nuevas tecnologías en el rendimiento. Por lo pronto, se ha dado el puntapié inicial hacia un camino de nuevos descubrimientos y se ha incorporado una nueva variable de control. A partir de esta nueva variable, y la información obtenida, se podrán tomar mejores decisiones. El solo hecho de contar con esta nueva información, para mejorar, ya constituye un enorme valor agregado en si mismo, que permitirá analizar y obtener estadísticas.

Como futura línea de trabajo, se pretende continuar con el uso de Instagram durante el segundo cuatrimestre (tal como se muestra en la sección 3.4) de la misma forma que se realizó en la primera parte del año, analizando las encuestas que se publiquen para poder reforzar y profundizar los temas que son más costosos de aprender, a través de un seguimiento exhaustivo dentro de la cursada. Se analizará también la dinámica diaria

de la clase, la motivación y el interés de los alumnos por las temáticas publicadas. Asimismo, se buscarán formas de “premiar” a aquellos alumnos que siempre han participado respondiendo las encuestas.

Referencias

- [1]. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (2008) *Perfil Profesional del Ingeniero en Sistemas de Información*. DISI. Disponible en <https://goo.gl/DVzBL2>
- [2]. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (2008) *Programa de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (Plan 2008)*. DISI. Disponible en <https://goo.gl/NFB2ET>
- [3]. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires (2008) *Programa de la asignatura 'Sistemas y Organizaciones'*. DISI. Disponible en <https://goo.gl/P3WWQe>
- [4]. elComercioOnline.com.ar (2017, Mayo 11) *La UTN advirtió sobre el bajo nivel de los ingresantes de las escuelas públicas a sus carreras de grado*. Sección de Información General. Disponible en <https://goo.gl/AM27cv>
- [5]. Grupo GEMIS (2018) *Historia Grupo GEMIS*. Disponible en <http://grupogemis.com.ar/web/historia/>
- [6]. Straccia, L., Pytel, P., Vegega, C. & Pollo-Cattaneo, M.F. (2016) *Proyectos educativos como solución a problemas hallados en el proceso de enseñanza y aprendizaje en una cátedra de Ingeniería en Sistemas de Información*. XI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Universidad de Morón, Buenos Aires. ISBN 978-987-3977-30-5.
- [7]. Betancur, D., Moreno, J. & Ovalle, D. A. (2009). *Modelo para la recomendación y recuperación de objetos de aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza/aprendizaje*. Revista Avances en Sistemas e Informática, 6(1).
- [8]. Islas Torres C., & Carranza Alcántar, M. (2011). *Uso de las redes sociales como estrategias de aprendizaje. ¿Transformación educativa?* Apertura, vol. 3, núm 2, págs. 6-15. Universidad de Guadalajara, México. ISSN 1665-6180.
- [9]. Plawner, S., Pividori, A., Deroche, A., Vegega, C., Pytel, P., Straccia, L., Pollo-Cattaneo, M.F. (2016). *Aplicación Móvil que ayude al Proceso de Enseñanza y Aprendizaje en la Asignatura Sistemas y Organizaciones de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información*. Memorias de 4to. Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CONAISI 2016). Workshop de Educación en Ingeniería. Artículo 114. ISSN 2347-0372.
- [10]. Martín, A.M., Dominguez, M., Paralera, C. (2011). *El Entorno Virtual: un Espacio para el Aprendizaje Colaborativo*. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Número 35. ISSN 1135-9250.
- [11]. Domingo, J. (2008). *El Aprendizaje Cooperativo*. Cuadernos de Trabajo Social, 21, 231-246.
- [12]. Hernández Requena, S. (2008). *El Modelo Constructivista con las Nuevas Tecnologías: Aplicado en el Proceso de Aprendizaje*. RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, Vol. 5, Núm. 2, pp. 26-35. Universitat Oberta de Catalunya Barcelona, España.
- [13]. Boyd, D. & Ellison, N. (2007). *Social network sites: Definition, history, and scholarship*. Journal of Computer-Mediated Communication, vol. 13(1), artículo 11, págs. 210-230. EISSN 1083-6101.
- [14]. Levis, D (2011). *Redes educativas 2.1. Medios sociales, entornos colaborativos y procesos de enseñanza y aprendizaje*. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC), vol. 8, núm. 1, págs. 7-24.
- [15]. Vitconsblog. (2018) *World Map of Social Networks 2018*, Disponible en <http://vincos.it/world-map-of-social-networks/>
- [16]. Diario La Nación (2017). *Las redes sociales preferidas por los argentinos, según su edad*. Disponible en <https://goo.gl/aaBVJE>
- [17]. Instagram (2018) *About Us Instagram*. Disponible en <https://www.instagram.com>
- [18]. Social Media Today (2017). *Top Social Network Demographics 2017*. Disponible en <https://goo.gl/iQkHyy>
- [19]. eMarketer Editors (2018). *Facebook Losing Younger Users*. Disponible en <https://goo.gl/guQ5yb>

Fortalecimiento de Competencias Genéricas con Uso de TIC

Néstor Hugo Blanco¹, Nora Patricia Cuello¹, María Luz Albergucci¹, Paula Cecilia Penco¹

¹Unidad de Evaluación y Planeamiento Institucional (UEPI)

Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ), CP 1832, Buenos Aires, Argentina

nestorhugoblanco@gmail.com, norapatriciacuello@gmail.com,

luz.albergucci@gmail.com, paucepenco@gmail.com

Resumen

En la actualidad, el sistema educativo demanda cada vez más profesionales formados en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), ya que estamos inmersos en una nueva sociedad del conocimiento. Por esto, es importante enfrentarnos a la integración de TIC y currículum tratando de aunar, por un lado, el estudio analítico de los medios (sus características, posibilidades, funcionamiento y dominio de sus lenguajes) y, por el otro, la evaluación curricular de los mismos (usos, competencias, habilidades y destrezas).

El presente trabajo es una experiencia nacida en el marco de una línea de investigación que pretende estudiar el impacto de las TIC en la educación y la necesidad de reconocer el imperioso campo de acción que nos brindan, abriendo nuevos caminos para la enseñanza y el aprendizaje en los distintos niveles educativos.

Mostramos una experiencia que busca articular el nivel medio y la Universidad, que en nuestros días es una problemática notoria dentro del sistema educativo. En esta articulación pretende fortalecer competencias genéricas desarrolladas en el marco del nivel medio, las cuales serán de suma importancia en el nivel superior.

1. Introducción

Teniendo en cuenta la Universidad Nacional de Lomas de Zamora entiende a la educación como un bien social que debe ser garantizado a todos los habitantes del país, dando prioridad a la transferencia del conocimiento a la comunidad desde una perspectiva de articulación con las necesidades y demandas de la sociedad en general y del entorno regional en particular, se hace necesario revisar el sistema de educación que se viene impartiendo, destacando que todas las Unidades Académicas de la institución poseen experiencias de inserción de TIC, camino crucial hacia un sistema de educación a distancia.

En la actualidad, y desde hace unos años atrás, vivimos en una sociedad atravesada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). De esta forma, la educación no es, ni puede ser, ajena a todos estos

avances tecnológicos: se hace necesaria la incorporación, integración y aprovechamiento pedagógico de éstas en el Sistema Educativo.

Pero la adopción de estas tecnologías no es automática. Sin bien notamos, cada vez más, el uso de ellos en la vida diaria sin dificultades, en la educación “los docentes y estudiantes necesitan una ‘alfabetización digital’ y una actualización didáctica” [3]. En este marco es necesario comenzar a formar a los estudiantes antes de su ingreso al nivel superior, llevando a cabo distintas experiencias que permitan fortalecer la articulación Universidad / Nivel Medio, “planteando nuevos escenarios donde los estudiantes no solo sean usuarios de las tecnologías sino participantes activos, generando una adecuada planificación y realización conjunta de acciones que favorezcan la inserción de los estudiantes en la Universidad para prevenir y disminuir las causas de deserción y estancamiento en los primeros años de las carreras universitarias” [3] comenzando a desarrollar en él competencias como la autónoma y el pensamiento crítico, cruciales para su desempeño social: “...Las personas necesitan poner al día sus destrezas digitales y conocimientos. Esto está ocurriendo en marcos tanto formales como informales... Los estudiantes tendrán éxito si pueden reflexionar sobre cómo aprenden, planear su trayecto de aprendizaje y seleccionar las herramientas y los recursos que prefieran. Resulta esencial que sean capaces de filtrar el (excesivo) flujo de información y el sinnúmero de recursos que están disponibles online” [8].

La experiencia que hemos estudiado se desarrolla en el espacio de un foro de debate, una herramienta virtual de “diálogo asincrónico”. El lenguaje escrito se ha tornado el medio más usado para desarrollar los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que “(...) las TIC permiten que la distancia física y la no coincidencia en el tiempo (la asincronía) no sean una traba a la comunicación y el aprendizaje (...). Lo importante no es el medio sino la voluntad de comunicarse y relacionarse” [1].

Jonas F. Soltis, en el prefacio a la obra de Burbules, N. (1999), llamada El diálogo en la enseñanza, expone que “(...) el diálogo es una relación comunicativa simbiótica entre iguales, que exige un compromiso tanto emocional

cuanto cognitivo. (...) se sustenta en una inteligencia cognitiva, pero también en los sentimientos recíprocos de interés, confianza, respeto, aprecio, afecto y esperanza de los participantes” [2]. Así, Burbules considera el diálogo como una relación comunicativa y social de la que se forma parte y en la que se entra, y no como algo instrumental, que hagamos o que empleemos, siendo atravesados por aspectos que están más allá de nosotros, que descubrimos y que nos modifican. Crear una relación dialógica supone relacionarse con otra u otras personas, construyendo lazos emocionales como el respeto, la confianza y el interés, y expresiones virtuales como la paciencia, la capacidad de escuchar y la tolerancia ante el desacuerdo.

Así, vemos que ese diálogo que se desarrolla en el espacio de un foro pretende ser un intercambio de saberes, donde no sólo se ponen en juego los conocimientos, sino también sentimientos y percepciones que, según cuáles fuesen, permitirán que tanto docente como alumnos alcancen sus respectivos objetivos. Debemos tener en cuenta que, si bien la preponderancia recae en la figura del alumno, de quien se espera un papel activo, estos cambios también implican al docente, que deja de ser la principal fuente del conocimiento para el alumno y pasa a tener un rol de tutor/orientador, como guía y planificador, mientras el alumno será quien debe construir su propio aprendizaje guiado por aquel.

2. Experiencia y objetivo general

El presente trabajo se desarrolla en el ámbito de la escuela pre-universitaria que posee la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (UNLZ), Buenos Aires, Argentina, como articulación entre el nivel medio y el superior.

Hace ya varios años que funciona la Plataforma Virtual E-ducativa, como complemento de la enseñanza presencial, que posee distintas herramientas para realizar actividades y otras de contacto/mensaje privado. En cuanto a las primeras, como ser el foro, la wiki o el chat, se busca generar, en los estudiantes, un aprendizaje más activo, autónomo, construyendo el conocimiento en forma cooperativa y colaborativa, junto a la acción tutorial del docente como guía, capacitador y motivador para llevar adelante las actividades que se propongan en esos espacios virtuales.

Como objetivo general, se estudia una experiencia didáctica en pos de articular el Nivel Medio y la Universidad, que pretende despertar y/o comenzar a desarrollar un aprendizaje colaborativo y significativo basado en competencias genéricas.

3. Metodología

El estudio se inscribe en los diseños curriculares de la Provincia de Buenos Aires para la escuela secundaria que entiende a los adolescentes y jóvenes como sujetos de acción y de derechos, y coloca la responsabilidad de la escuela secundaria como formadora de sujetos cada vez más autónomos y solidarios, que analicen críticamente, tanto el acervo cultural como los contextos en que están inmersos, que puedan ampliar sus horizontes de expectativas, su visión de mundo y ser propositivos frente a las problemáticas o situaciones que quieran transformar.

Así, los estudiantes son productores de pensamiento, de símbolos y de conocimiento. La democratización de la palabra, la heterogeneidad y la diferencia como valor democrático, el respeto por los saberes, historias, estilos culturales, etc., son fundamentales para el acercamiento intersubjetivo que la escuela secundaria promueve.

En este marco, la referencia a las competencias que se desarrollan en el lenguaje está realizada desde la concepción que se inscribe en el diseño curricular de la Provincia de Buenos Aires para la escuela secundaria en tanto la adquisición de prácticas de lectura, escritura y oralidad que les permitan acceder al conocimiento con crecientes niveles de independencia y autonomía.

El estudio se centra en aquellas prácticas referidas a la lectura y escritura en contextos virtuales. Se utiliza el término “competencia” de Chomsky (1965), como aquella capacidad que tiene toda persona de crear mensajes e interactuar con otros a partir de él, es decir, como un saber lingüístico interiorizado [4]. Sin embargo, como puede observarse en la Tabla 1, la operacionalización del término se trata del análisis de “prácticas del lenguaje” desde la diversidad discursiva aplicada a diferentes propósitos comunicativos. Se entiende, así, que en el lenguaje se pone en juego una actividad comunicativa, cognitiva y reflexiva. Siguiendo el Diseño Curricular para la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires, mediante el lenguaje “*se participa de la vida social y a su vez se construye la individualidad: expresamos ideas, defendemos nuestros derechos, discutimos con los demás, establecemos relaciones afectivas, trabajamos, influimos sobre los otros, nos informamos, organizamos nuestro pensamiento, etc.*” [7]

El trabajo se centra en el análisis y evaluación de los desempeños escritos dentro de un entorno virtual de aprendizaje, mediante herramientas de comunicación virtual, como es el foro, en pos de visualizar el despertar y/o desarrollo de competencias genéricas de egreso, que implican un puente de articulación entre el nivel medio y la Universidad:

**Tabla 1. Competencias genéricas de articulación
Nivel Medio / Universidad**

Competencias genéricas de egreso	Habilidades implicadas	Actividades
Comprensión lectora	prelectura, lectura y poslectura	Debatir sobre el tema previamente a la lectura; generar situaciones sociales de lectura (lectura de textos afines, críticos, informativos, de opinión); exponer las ideas principales de lo leído; plantear juicios de valor; dar una explicación o interpretación de un texto para lograr una mejor comprensión del mismo
Producción de textos escritos	redacción, coherencia, cohesión, secuenciación	Exponer por escrito a partir de consignas dadas por el docente; realizar un texto expositivo, trabajo de investigación (de estudio), argumentativo (crítico), escritura de un texto artístico.
Expresión oral	desempeño oral, puesta escénica, dinámica interpersonal	Exponer trabajos oralmente, debates, defensas de un tema; socializar las ideas diferentes y valorizar el diálogo.
Operar con la información	lectura y comprensión de textos de estudio	Determinar y plasmar las ideas principales de lo leído mediante técnicas de estudio (subrayado, cuadro sinóptico, cuadro comparativo, red conceptual, resumen, síntesis).
Contextualización	conexión con la realidad, análisis de los temas en su relación con contextos sociales e históricos	Buscar información; realizar lecturas comparadas; planificar situaciones de lectura y estudio contextualizadas; establecer relaciones entre distintos lenguajes; identificar relaciones explícitas e implícitas con otros textos leídos que traten el mismo tema.

Autonomía	reflexión, toma de posición, carácter crítico y argumentativo	Pensamiento propio y en debate con el otro; atención y detenimiento para estudiar un tema y/o comprenderlo mejor; consolidar las propias ideas y encontrar argumentos para defenderlas; problematizar la realidad.
-----------	---	--

Elaboración propia

Las competencias recién mencionadas, como genéricas para el egreso y su articulación con el nivel superior educativo, son puestas en análisis y evaluación mediante un foro de debate con la participación de 38 estudiantes y un docente como guía y tutor.

Dentro de las pautas, cada uno de los estudiantes debe intervenir, como mínimo, dos veces; pero cada participación con una prudencial distancia una de la otra, con el objetivo de que el estudiante lleve a cabo la lectura de las participaciones previas y realice una contribución que marque una interrelación entre los aportes previos y los nuevos.

Cabe mencionar que la única competencia que no se analiza mediante este foro es la oralidad, dado que toda la actividad se llevó a cabo en forma escrita. Pero el resto de las competencias sí pueden observarse.

En principio, para realizar el análisis de las competencias que se desarrollan mediante el discurso en el foro de debate, se toman las categorías propuestas por De Pedro Puente, X. [6], en su ponencia "Cómo evitar el 'café para todos' al evaluar trabajos en grupo, y de paso, estimular el aprendizaje reflexivo: resultados preliminares en el marco del proyecto A Wiki Forum" [6]:

Tabla 2. Categorías de análisis del discurso de De Pedro Puente, X. (2006)

Categorías / Tipos de contribución	Sigla
* Aspectos organizativos	AO
* Peticiones de ayudas	PS
** Ayudas a compañeros	AC
** Nueva información	NI
** Reflexión personalizada y argumentada	RP
*** Hipótesis nuevas	HN
*** Preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar	PE/NV
*** Síntesis/ elaboración de información	SI
* Respuestas sencillas	RS

* Definición de conceptos	DC
** Réplica	REP
* Referencias de ampliación	REF
* Opinión de personal	OP
** Refuerzo de información	RI
* Facilitación	F
* Agradecimientos	A

Elaboración propia

Es importante destacar que los asteriscos delante de cada categoría indican, siguiendo al autor de referencia, el nivel de contribución que aportan. Así, cuantos más asteriscos hay delante de la “Categoría / Tipo de contribución” mayor importancia se da a la contribución, en cuanto a la interacción que provoca en pos de la construcción de conocimientos y un espíritu analítico y crítico del alumno.

De nuestra parte, adoptamos esta categorización con sus siglas de identificación y los asteriscos. Pero, a partir de experiencias de análisis realizados en foros y chats, nos encontramos con intervenciones que aportan a la construcción del conocimiento sin encuadrar en ninguna de las categorías propuestas por el autor referenciado anteriormente.

Por este motivo, agregamos nuestras propias categorías, también con sus asteriscos, que se detallan a continuación:

Tabla 3. Categorías de análisis del discurso de autoría propia

Categorías / Tipos de contribución	Sigla
* Postura propia	PP
** Propuestas de trabajo	PT
* Mención	M
* Comentarios personales	CP
* Motivación	MO
* Recordatorios	REC
* Emoticones	EM
* Estados de ánimo	EA

Elaboración propia

Es así que, para llevar adelante el análisis de los desempeños escritos mencionados, se establece la relación entre las competencias genéricas esperadas y las categorías discursivas que muestran su despertar y desarrollo, como podemos ver en el siguiente cuadro:

Tabla 4. Relación entre las competencias genéricas esperadas y las categorías discursivas

Categorías discursivas	Competencias genéricas de egreso				
	Comprensión lectora	Producción de textos escritos	Operar con la información	Contextualización	Autonomía
* Peticiones de ayudas PS	X				
** Ayudas a compañeros AC	X				
** Nueva información NI				X	
** Reflexión personalizada y argumentada RP		X			X
*** Hipótesis nuevas HN					X
*** Preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar PE/NV					X
*** Síntesis/ elaboración de información SI		X	X		
* Respuestas sencillas RS	X	X			
* Definición de conceptos DC				X	
** Réplica REP			X		
* Referencias de ampliación REF				X	
* Opinión de personal OP	X				X
** Refuerzo de información RI				X	
* Facilitación F			X		
* Postura propia PP					X
** Propuestas de trabajo PT					X
* Mención M			X		

Elaboración propia

Antes de proseguir con el análisis, cabe detallar que algunas categorías no se vinculan con ninguna competencia genérica, por lo cual no aparecen en la tabla anterior. Se trata de categorías que complementan el discurso dialógico, pero no implican aportes a la

construcción de conocimientos. Ellas son: * Aspectos organizativos AO; * Agradecimientos A; * Comentarios personales CP; * Motivación MO; * Recordatorios REC; * Emoticones EM y * Estados de ánimo EA.

Para llevar a cabo análisis del discurso cada categoría es cuantificada una sola vez por intervención; es decir, cada intervención puede ser categorizada por más de una categoría, pero no por categorías repetidas.

Teniendo en cuenta una posterior evaluación de tipo formativa, que es la que se centra en el seguimiento del estudiante y permite realizar cambios para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje [9], también se analizan las destrezas complementarias, que siempre acompañan cualquier desempeño escrito, sea educativo o no, como ser la adecuación a las pautas dadas en cuanto a las formas (tiempo y espacio en cada intervención, buscando evitar extensas intervenciones) y el uso de las herramientas tecnológicas.

Desde el lugar del docente-tutor, continuando con la línea expuesta por De Miguel [5], la enseñanza y el aprendizaje se organizan de forma constructivista, de manera que prima el trabajo del alumno, quien adquiere un papel activo en la construcción de sus conocimientos, sea en forma individual o en grupo, se debe organizar la evaluación de manera que sea formativa, con intervenciones durante el proceso, para evaluarlo, tomar decisiones y reorientarlo, apuntando a que se evalúen no solo resultados sino procesos, y evalúen “en los procesos” para relacionarlos con los resultados obtenidos de manera que identifiquen estilos propios de los alumnos, tanto personales como de aprendizaje.

4. Resultados

Luego de analizar los desempeños escritos mediante las categorías del discurso, arribamos a los siguientes resultados cuantitativos:

Tabla 5. Resultados cuantitativos de la experiencia de foro de debate

Categorías discursivas	Sigla	Cantidad de intervenciones	Porcentaje %
* Peticiones de ayudas	PS	0	0,00%
** Ayudas a compañeros	AC	1	0,66%
** Nueva información	NI	35	23,03%
** Reflexión personalizada y argumentada	RP	11	7,24%

*** Hipótesis nuevas	HN	0	0,00%
*** Preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar	PE/NV	3	1,97%
*** Síntesis/ elaboración de información	SI	0	0,00%
* Respuestas sencillas	RS	44	28,95%
* Definición de conceptos	DC	4	2,63%
** Réplica	REP-c	8	5,26%
	REP-obs	0	0,00%
* Referencias de ampliación	REF	5	3,29%
* Opinión personal	OP-vf	12	7,89%
	OP-vc	5	3,29%
** Refuerzo de información	RI-adj	0	0,00%
	RI-ep	0	0,00%
	RI-ea	0	0,00%
* Facilitación	F	0	0,00%
* Postura propia	PP	0	0,00%
** Propuestas de trabajo	PT	0	0,00%
* Mención	M	24	15,79%
TOTAL		152	100%

Elaboración propia

La tabla anterior arroja los resultados cuantitativos referidos a la cantidad de presencias de las distintas categorías discursivas en el foro de debate analizado. Incluso, podemos notar varias categorías sin intervención.

A continuación estos resultados quedan graficados de la siguiente manera, atendiendo sólo a las categorías presentes en el foro de debate, es decir, aquellas que han tenido, al menos, una presencia en el desarrollo dialógico escrito:

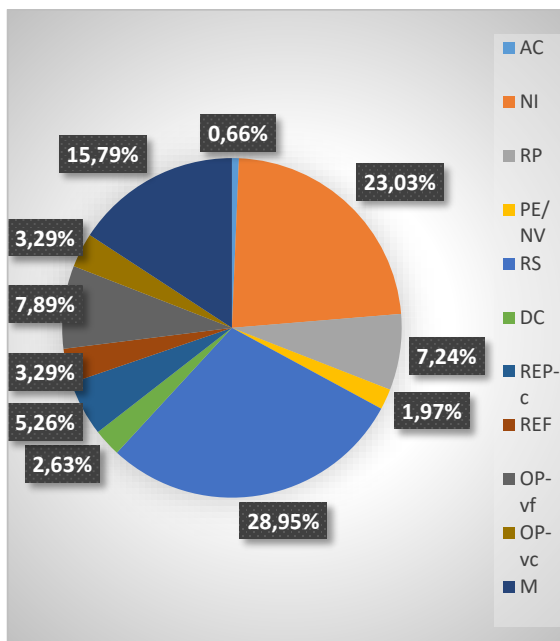


Figura 1. Porcentajes de las categorías discursivas presentes en el foro de debate

A partir de estos resultados cuantitativos llegamos a determinadas conclusiones, en pos de las competencias esperadas, que mostramos a continuación.

4.1 Competencia “Comprensión lectora”

En principio, es importante tener en cuenta que la comprensión de lectura implica habilidades que son desarrolladas en el interior de la persona para, luego, ponerse por escrito. Entonces, en la fase de escribir lo comprendido, o dar cuenta de esto, en el foro notamos que aparece una notable cantidad de respuestas sencillas (44), sobre todo a los interrogantes planteados por el docente-tutor, y varias opiniones personales, siendo con una valoración favorable (12) o crítica (5) sobre el tema y/o lo leído en intervenciones previas. Por último, una sola ayuda a compañeros (1) para liberar alguna duda planteada.

4.2 Competencia “Producción de textos”

Con la llegada de las TIC, la educación se ha visto atravesada por las tecnologías puestas al servicio de ella; así, el lenguaje escrito se ha tornado el medio más usado para desarrollar los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que “(...) las TIC permiten que la distancia física y la no coincidencia en el tiempo (la asincronía) no sean una traba a la comunicación y el aprendizaje (...). Lo importante no es el medio sino la voluntad de comunicarse y relacionarse” [1].

Así, sobre un total de 152 intervenciones, las categorías discursivas vinculadas a esta competencia arrojan

resultados conformes, con distintos desempeños escritos que muestran notables reflexiones personalizadas y argumentadas (11) y muchas respuestas sencillas (44) a preguntas planteadas por el guía-tutor, como ya fue mencionado anteriormente, con la notoria faltante de síntesis/ elaboración de información (0)

Por otra parte, en cuanto a las otras tres competencias complementarias que también fueron evaluadas, vemos que, en relación al uso de la lengua, lo notamos mayormente correcto, presentando algunas faltas de tildes, signos de puntuación y/o errores de tipeo, siendo unos pocos los que, además, muestran un desempeño escrito amplio, respetando la terminología específica del tema.

4.3 Competencia “Operar con la información”

Recordando que esta competencia implica una previa comprensión de lectura y una reelaboración de la información adquirida, genera una producción escrita que puede variar en su forma. En el caso del foro desarrollado no se llevaron a cabo confecciones de esquemas, redes o cuadros, sino la posibilidad de resúmenes o síntesis como expresión máxima de esta competencia, la cual no vemos presente en este foro.

Por otro lado, es notable la categoría mención (24), donde los alumnos recuperan (con palabras propias o citadas), el aporte o idea de otros participantes.

Por último, en relación a la categoría réplica, tenemos dos variantes: la que llamamos REP-c (copia exacta, o muy parecida, del aporte de otro/s participante/s) y REP-obs (expresión o discurso en el que se ponen obstáculos, se refuta o se dice lo contrario sobre un argumento o respuesta expuesto por otro/s participante/s). La segunda de esas variantes sería una categoría valiosa, pero no se ve en este foro; por el contrario, la primera variante (8) no admite el desarrollo de ninguna competencia, mucho menos de un carácter autónomo.

4.4 Competencia “Contextualización”

Recordando un total de 152 intervenciones, es importante mencionar que la categoría referida a nueva información (35) está muy presente, siendo la categoría de mayor preponderancia en el foro analizado.

En menor medida mencionamos definición de conceptos (4) y referencias de ampliación (5), sea de fuentes de significados, como libros, artículos, entrevistas, videos, páginas web, como significados atribuidos a la autoría de un texto o contenido de interés.

Así, podemos notar que los participantes están entrenados en la búsqueda de información, identificando relaciones con otros textos leídos que traten el mismo tema y, en algunos casos, incluso realizan lecturas comparadas y estudios contextualizados, también estableciendo conexiones entre distintas áreas del conocimiento.

4.5 Competencia “Autonomía”

En esta competencia confluyen todas las anteriores: “El aprendizaje autónomo es un proceso en el que el estudiante autorregula su aprendizaje y toma conciencia de sus propios procesos cognitivos, meta cognitivos y socio afectivos. Es decir que la formación de los sujetos está centrada en resolver aspectos concretos de su propio aprendizaje, y no sólo en resolver una tarea determinada. En otras palabras, busca orientar al estudiante a que se cuestione, revise, planifique, controle y evalúe su propia acción de aprendizaje” [8].

En este sentido, las categorías discursivas que notamos en el foro son la reflexión personalizada y argumentada (11), con una presencia destacadas respecto de los participantes que desarrollaron esta competencia, y preguntas elaboradas y nuevas vías para avanzar (3) con una pequeña presencia. Esto último sumado a la falta de planteo de hipótesis y propuestas de trabajo deja ver que la autonomía, es decir, ese cuestionarse, revisar, planificar, controlar y evaluar entre pares no fue una de las habilidades más desarrolladas.

Por otro lado, en cuanto a la autonomía desde la exposición y expresión del pensamiento propio, podemos ver opiniones personales, con carácter favorable (12) sobre lo expuesto por otro participante, y poca confrontación, con una pequeña presencia de opiniones personales críticas respecto de lo aportado por otro (5).

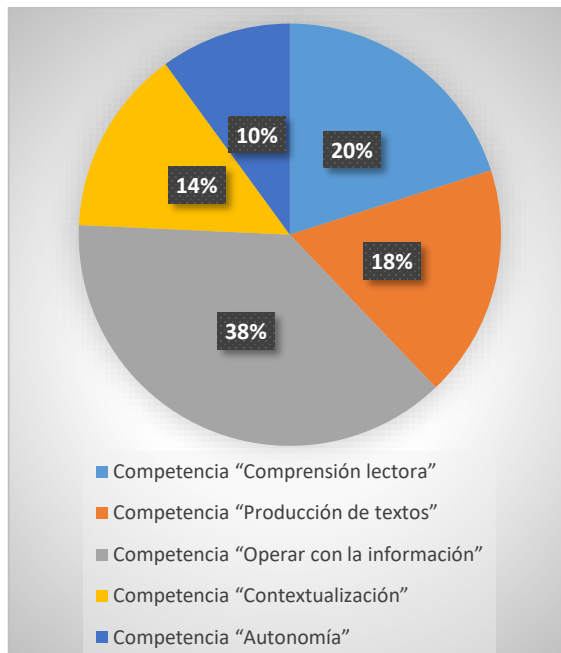


Figura 2. Porcentajes de las competencias genéricas desarrolladas en el foro de debate

4.6 Competencias complementarias

En cuanto a las pautas de formas, casi la mitad del alumno ingresa una sola vez al foro, sea en el inicio o tardíamente, cumpliendo o no con la extensión permitida para cada intervención, o superándola brevemente. Y la misma cantidad cumple las pautas en relación al tiempo, ingresando al debate que comienza a desarrollarse o en desarrollo, cumpliendo con la extensión pedida en los distintos aportes propios, y con una notoria separación entre cada una de las intervenciones propias, demostrando lectura de otras intervenciones anteriores, quedando unos pocos incumpliendo las pautas dadas.

Por último, en referencia al uso de las herramientas tecnológicas, la mayoría del alumnado no tuvo inconvenientes, se logró la totalidad de los alumnos debatiendo en el espacio virtual, considerando que, en general, los ingresos tardíos que manifestaron varios estudiantes fueron causados por falta de atención o irresponsabilidad.

5. Conclusiones

Las herramientas y nuevas metodologías traídas por las tecnologías digitales permiten enriquecer los procesos de enseñar y aprender, y abren un nuevo espacio de acción para la adquisición de competencias, en el marco del mundo actual “...donde la información crece a un ritmo exponencial, las herramientas cambian constantemente, se crean nuevas apps de una manera prácticamente viral, y el software se encuentra en un modo de mejora permanente” [8].

Dada la importancia de desarrollar competencias desde el nivel medio en articulación con la Universidad, mediante actividades de evaluación y los objetivos de aprendizaje a alcanzar, la autonomía “es un tema fundamental en las diferentes etapas educativas y especialmente, en la vida universitaria, ya que el valor del saber cobra un factor determinante en el futuro laboral, que le exige a una persona a aprender a lo largo de la vida, convirtiéndolo en un patrón de habilidades de uso cotidiano en el entorno académico y laboral” [8].

A partir del foro de debate analizado, en vista de las competencias genéricas que se espera que los alumnos desarrollen en el nivel medio con la mirada puesta en sus estudios superiores, concluimos que es muy importante insertar los procesos, herramientas y metodologías para el aprendizaje colaborativos en entornos mediados por TIC generando nuevos modos de diálogo entre el docente y los alumnos, y entre ellos mismos, fomentando los saberes previos, compartir conocimientos, las destrezas digitales y, por sobre todo, de autonomía, siendo aún, en el nivel medio, tarea compleja la realización del alumno si no es acompañado por un tutor que lo guíe, motive, indique y ordene, teniendo en claro las competencias que se espera

que desarrollen, fomentando ese diálogo esperado en pos de construir nuevos conocimientos y adquirir toma de decisiones y modos de actuar acordes al mundo adulto, dado que la autonomía no implica aprender solo ni tener un desempeño individualista y cerrado en uno mismo, sino todo lo contrario: pretende un papel activo y un aprendizaje colaborativo, participativo, interpersonal, de intercambio, trabajo en equipo, y un aprendizaje continuo primando, de parte del docente-tutor, una evaluación formativa, es decir, no de los resultados sino del proceso de aprendizaje.

6. Agradecimientos

Dado que la investigación se desarrolla dentro de la Unidad de Evaluación y Planeamiento Institucional (UEPI), con dependencia directa del Rectorado de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, se agradece a las autoridades por entender a la educación como un bien social que debe ser garantizado a todos los habitantes del país, dando prioridad a la transferencia del conocimiento a la comunidad desde una perspectiva de articulación con las necesidades y demandas de la sociedad en general y del entorno regional en particular, sabiendo que se hace necesario revisar el sistema de educación que se viene impartiendo, destacando que todas las Unidades Académicas de la institución poseen experiencias de inserción de TIC, camino crucial hacia un sistema de educación a distancia.

La experiencia que se presenta en este trabajo implica también un agradecimiento a las autoridades de la Facultad de Ingeniería y la Escuela Tecnológica Ingeniero Giudici (ETIG), escuela preuniversitaria, quienes nos brindaron completa disposición y nos permitieron acceder a las asignaturas y docentes correspondientes, quienes se mostraron amables y nos brindaron sus experiencias y consejos en cuanto al desarrollo de diversas actividades relacionadas con las TIC en el aula, como complemento de la enseñanza presencial, apuntando a generar, en los estudiantes, un aprendizaje más activo, autónomo, construyendo el conocimiento en forma cooperativa y colaborativa, junto a la acción tutorial del docente como guía, capacitador y motivador para llevar adelante las actividades que se propongan en esos espacios virtuales.

7. Referencias

[1] Bautista, G., Borges, F. y Forés, A. (2006). Didáctica universitaria en Entornos Virtuales de Enseñanza-Aprendizaje. Narcea: Madrid.

[2] Burbules, N. (1999). El diálogo en la enseñanza. Teoría y práctica. Amorrortu Editores S.A.: Buenos Aires.

[3] Carmona, F., Riba, A., Frati, F., Isaia, C., Cruz, A., Tejada, J. Pérez, M. y Manriques, P. (2017). La Tecnología como Vehículo de Articulación Nivel Medio / Universidad, Libro WICC 2017 (XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación), ISBN: 978-987-42-5143-5, RedUNCI, Argentina, pp. 723-727.

Disponible online en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62337/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

[4] Chomsky, N. (1965). *Aspectos de una teoría de la sintaxis*. MIT Press.

[5] De Miguel, F. M. (2005). Cambio de paradigma metodológico en la Educación Superior Exigencias que conlleva. Cuadernos de integración europea, ISSN-e 1885-1754, N°. 2, p. 16-27.

[6] De Pedro Puente, X. (2006). Cómo evitar el “café para todos” al evaluar trabajos en grupo, y de paso, estimular el aprendizaje reflexivo: resultados preliminares en el marco del proyecto A Wiki Forum”. En: Jornada Espiral.

[7] Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires (2011). Diseño Curricular para la Educación Secundaria 6o año: Literatura, ISBN 978-987-676-046-1, 1a ed., La Plata, p.10.

Disponible online en http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/secundaria/sextomaterias%20comunes/Literatura_6.pdf

[8] Sanz, C., Madoz, C., Gorga, G., Gonzalez, A., Zangara, A., Depetris, B., Ibáñez, E., Artola, V., Violini, L., Salazar, M., Sanchez, M., (2017). Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en los Procesos de Enseñar y Aprender, Libro WICC 2017 (XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación), ISBN: 978-987-42-5143-5, RedUNCI, Argentina, pp. 1266 a 1270.

Disponible online en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/62962/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[9] Vázquez-Cano, E., Martín-Monje, E., Fernández-Álvarez, M. (2014). El rol de las e-rúbricas en la evaluación de materiales digitales para la enseñanza de lenguas en entornos virtuales de aprendizaje. Revista de docencia universitaria (REDU), EEUU, v.12, n.1, pp.135-157.

Disponible online en <http://red-u.net/redu/index.php/REDU/article/view/756>

Ayoyando el Ejercicio de Metacognición en el Ámbito Universitario

Lic. Angela Belcastro

*Departamento de Informática. Ciencia y Técnica. Facultad de Ingeniería.
UNPSJB. Comodoro Rivadavia.
angelab@ing.unp.edu.ar*

Mg. Rodolfo Bertone

*III LIDI. Facultad de Informática.
UNLP. (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina
pbertone@lidi.info.unlp.edu.ar*

Resumen

Este trabajo examina nociones asociadas al aprendizaje significativo, evaluación formativa y metacognición. Presenta algunos resultados observados al aplicar la teoría constructivista del aprendizaje con evaluación formativa empleando recursos de la Web 2.0 en una materia de la Facultad de Ingeniería, de la UNPSJB. Resultados mayormente asociados a la construcción y uso de un cuestionario utilizado para promover en los alumnos el ejercicio de metacognición. La experiencia se desarrolló en una materia de Informática en el marco de proyectos de investigación continuados, en los que participan alumnos, y docentes de dos universidades. Uno de los objetivos del nuevo proyecto es el de analizar y generar propuestas educativas mediadas por TICs, para propiciar aprendizaje significativo, fomentando el proceso de metacognición. Dentro del proyecto se han desarrollado juegos educativos, uno de ellos es un juego móvil, con versiones que se han utilizado en el ámbito educativo.

1. Introducción

Las TICs han modificado todas las actividades de la vida social provocando cambios sustantivos en los modos de pensar, sentir y actuar, transformando los estilos de interacción social, sobre todo en lo referente a la comunicación y, en consecuencia, a los procesos de enseñar y aprender". [1]

Davies (2002) ofrece una lista de las nuevas habilidades requeridas para el **aprendizaje permanente** y que deberían tenerse en cuenta tanto en la formación continuada como en la **enseñanza universitaria**.

Algunas habilidades básicas para el aprendizaje permanente son:

- Trabajo en equipo: Uso de la argumentación lógica y racional para persuadir a los demás, compartir información para alcanzar las metas, comprensión de las necesidades del otro y cultivo de las relaciones positivas.

- Habilidades de aprendizaje: aprender a aprender, comprender la forma de aprendizaje de uno mismo, entender los procesos de aprendizaje.

- Dirección: recuperar, analizar y sintetizar datos de información, usar la tecnología de la información.

- Creatividad e imaginación: capacidad para dar soluciones nuevas y distintas posibilidades de elección, facultad para buscar soluciones alternativas.

- Resolución de problemas y tareas de dirección: capacidad de concentrarse en la consecución de los principales objetivos, uso del pensamiento analítico y conceptual, búsqueda de información y técnicas de aplicación, toma de decisiones. [2]

El **constructivismo** enfatiza en el papel dinámico del sujeto en la elaboración del conocimiento; existe una reestructuración constante de los conocimientos previos más que una sustitución de unos por otros: no cambiamos de mapa sino que reorganizamos ciertos territorios.

Morin (1994) señala que la mente humana es un sistema complejo que podría ser analizado desde distintos niveles, cada uno con propiedades emergentes a partir de los anteriores. Pozo (2002) establece cuatro planes diferentes de análisis:

- 1) La conexión entre unidades de información. El conocimiento está distribuido entre múltiples unidades activadas simultáneamente o en paralelo, de forma que aprender implicaría modificar la conexión entre esas unidades o la organización de las redes neuronales.

- 2) La adquisición y el cambio de representación. La conexión entre unidades de información genera representaciones del mundo, con las que la mente humana manipula y trabaja para ejecutar sus tareas. Estas

representaciones se conservarían y organizarían en un almacén de memoria más o menos permanente regido con sus propios procesos, que junto a los propios mecanismos de adquisición y cambio de las representaciones y otros procesos auxiliares, como la motivación, la atención o la recuperación de lo aprendido, constituirán los procesos de aprendizaje.

3) La conciencia reflexiva. La mente humana es capaz de automodificarse a partir de la reflexión sobre la propia cognición, el pensamiento sobre el pensamiento (**metacognición**).

4) La construcción social del conocimiento. El aprendizaje se produce entre personas, los formatos de la interacción social son los que originan los cambios observables en todos los niveles. El socioconstructivismo considera que hay que analizar el proceso mediante el que se construye el conocimiento, más que los procesos internos del sujeto.

2. Aprendizaje Significativo

El **enfoque constructivista** considera que el aprendizaje humano es siempre una construcción interior, aun en el caso de que el docente acuda a una exposición, ésta no es significativa si sus conceptos no encajan en los conceptos previos de los alumnos. Para que se produzcan **aprendizajes significativos** son necesarias dos condiciones: que el contenido sea potencialmente significativo (tanto desde el punto de vista lógico, como psicológico), y que el alumno esté motivado. [3]

Las condiciones para que se produzca un aprendizaje significativo, son: que los materiales de enseñanza estén estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual, situándose en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados, que se organice la enseñanza respetando la estructura psicológica del estudiante (es decir, sus conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje), que los estudiantes estén motivados para aprender. [4]

El aprendizaje significativo es el proceso por el cual un estudiante logra establecer una relación entre la nueva tarea de aprendizaje de forma racional y no arbitraria, en unión con sus ideas, conocimientos y experiencias previas almacenadas en sus estructuras cognoscitivas.

El aprendizaje significativo requiere de materiales potencialmente significativos y una actitud positiva hacia ese proceso. Ausubel recomienda la organización y presentación del material. El mediador del proceso debe seleccionar eficaz y eficientemente los materiales y contenidos, según los objetivos; pero tomando muy en cuenta la aplicación de los principios que incluyen las diferencias individuales; es decir, la estructura cognoscitiva, disposición, capacidad intelectual y madurez. Ello le permite ponderar la cantidad de material, la dificultad, el tamaño del paso (secuencia

lógica entre una y otra tarea), la lógica interna, la organización y la comunicación eficaz. [5]

Propone la necesidad de diseñar para la acción docente lo que llama **organizadores previos**, una especie de puentes cognitivos, a partir de los cuales los estudiantes puedan establecer relaciones significativas con los nuevos contenidos.

Para Ausubel lo fundamental, por lo tanto, es conocer las ideas previas de los estudiantes. Propone para ello la técnica de los **mapas conceptuales (MC)** que es capaz de detectar las relaciones que los estudiantes establecen entre los conceptos. Por medio de la enseñanza se van produciendo variaciones en las estructuras conceptuales a través de dos procesos que denominan diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

La diferenciación progresiva significa que a lo largo del tiempo los conceptos van ampliando su significado así como su ámbito de aplicación. Con la reconciliación integradora se establecen progresivamente nuevas relaciones entre conjuntos de conceptos. [4]

Se denominan **Materiales Educativos Digitales (MED)** a los materiales digitales que tienen una intencionalidad educativa, por ejemplo, informar sobre un tema, ayudar en la adquisición de un conocimiento, reforzar un aprendizaje, remediar una situación desfavorable, favorecer el desarrollo de una determinada competencia y evaluar conocimientos (García, 2010). Es decir, apuntan al logro de un objetivo de aprendizaje y su diseño responde a unas características didácticas apropiadas para facilitar ese aprendizaje. Hay un tipo particular de material educativo digital denominado **objeto de Aprendizaje (OA)**, que hace referencia a una unidad de aprendizaje pequeña, auto-contenida y reutilizable (Correa, 2006). Sanz et al (2014) amplían esta definición indicando que un OA está caracterizado desde un punto de vista pedagógico, por su orientación hacia un objetivo específico de aprendizaje así como también por presentar al menos: una serie de contenidos relacionados, actividades para promover el aprendizaje y una autoevaluación que le permita a los destinatarios del mismo, determinar si han alcanzado los objetivos propuestos. [6]

El modelo de aprendizaje significativo de Anderson es el más utilizado en la enseñanza constructivista. Consta de tres niveles: 1- Articulación de los conocimientos con los conocimientos previos. 2- Estructuración, implica formación de nuevas estructuras conceptuales a nuevas formas de conocer. Se logra a través de esquemas, mapas, metáforas y guiones, entre otros recursos. 3- Ajuste o actuación, acopla el conocimiento y la tarea (competencia). Éste se logra con la práctica y da como resultado un aprendizaje experto. [3]

3. Evaluación formativa y metacognición

Aportes de los investigadores como Royce Sadler (1989); Earl Lorna (2003); Black y Wilim (1998, 2004), Caroline Gipps y Gordon Stobart (1997), Lorraine Shepard (2000), Philippe Perrenaud (2008), Linda Allal (1980), Menucha Birenbaum y Amour (1999), Lucie Mottier Lopez (2005), Susan Brookhart (1997), Ricky Stiggins (2004), Alicia Camilloni (1998, 2004) y Edith Litwin (1998), entre otros, han iluminado aspectos diversos del campo de la EF, que procura contribuir a la mejora de los aprendizajes de los alumnos y a maximizar la probabilidad de que todos los estudiantes aprendan. [7]

El alumno es el centro de la EF, receptor y participe activo de los procesos de retroalimentación, monitoreo y autorregulación de sus aprendizajes.

3.1- Características pertinentes y temas preocupantes de evaluación formativa (EF):

Algunas de las **características claves de la EF** son las siguientes:

Los docentes:

a) Comunican con claridad los objetivos o expectativas de logro, y los alumnos tienen que participar activamente en su comprensión, estableciendo relaciones con las tareas que van a desarrollar y los criterios de calidad de éstas.

b) Ofrecen diversas estrategias de retroalimentación, y frecuentes en el tiempo, centrándose en el futuro, más que en lo ya sucedido. También los alumnos ofrecen retroalimentación a sus pares.

c) Promueven en los alumnos procesos **metacognitivos** y reflexiones sobre sus trabajos para que asuman un trabajo activo de monitoreo y comprensión de sus propios procesos de aprendizaje, estrategias, obstáculos, avances, logros.

d) Recogen información de sus observaciones, del análisis de las producciones y de los aportes de los estudiantes. A partir de ella, ajustan la enseñanza.

Dentro de los temas que hoy preocupan en la evaluación, encontramos:

- La formación de estudiantes autónomos, involucrados en sus aprendizajes a través de las contribuciones de las autoevaluaciones y evaluaciones entre pares, y el dominio de la regulación de los procesos de aprendizaje.

- El reconocimiento de las diversidades, de la que son portadores los estudiantes, a la hora de diseñar la enseñanza.

- El estímulo incesante para trabajar de manera cooperativa y las dificultades que supone evaluar dichas producciones conjuntas.

- La revisión de los contenidos y de las habilidades que se van a enseñar y a evaluar en términos de

competencias y la escasa atención ofrecida hasta el momento al aporte de la retroalimentación para mejorar los aprendizajes de los alumnos y la enseñanza que llevan a cabo los docentes.

3.2- La evaluación de las estrategias de aprendizaje se acerca al concepto de metacognición

Nisbet y Schuckmith (1987) definen las **estrategias de aprendizaje (EA)** como “secuencias integradas de procedimientos o actividades que se eligen con el propósito de facilitar la adquisición, el almacenamiento y/o la utilización de información o conocimiento. Son “secuencias integradas”, y además “elegidas con un propósito”.

Coll y otros (1992) en el libro “los contenidos de la reforma”, presentan un cuadro en el que clasifican las **estrategias de aprendizaje**, en habilidades:

- En la búsqueda de información.
- De asimilación y retención de la información (entre ellas: cómo escuchar para la comprensión; cómo estudiar para la comprensión; cómo recordar, cómo codificar y tomar representaciones).
- Organizativas (entre ellas: cómo establecer prioridades, cómo disponer los recursos; cómo conseguir que las cosas más importantes estén hechas a tiempo).
- Inventivas y creativas (entre ellas cómo razonar inductivamente, cómo generar ideas, cómo utilizar nuevas perspectivas, cómo realizar analogías).
- Analíticas (entre ellas: cómo desarrollar una actitud crítica cómo razonar deductivamente, cómo evaluar ideas e hipótesis).
- En la toma de decisiones (entre ellas: cómo identificar alternativas, cómo hacer elecciones razonables).
- De comunicación (entre ellas: cómo expresar ideas oralmente y por escrito).
- Sociales (entre ellas: cómo cooperar y obtener cooperación; cómo competir lealmente).
- **Metacognitivas** (cómo evaluar la ejecución cognitiva propia; cómo seleccionar una estrategia adecuada para un problema determinado; cómo determinar si uno comprende lo que está leyendo o escuchando; cómo transferir los principios o estrategias aprendidos de una situación a otra). [8]

Se entiende por **creatividad** la capacidad de pensar, producir y actuar en forma innovadora o novedosa en el campo intelectual, artístico, productivo, tecnológico, de la acción social, etcétera. (Andre-Egg, 1997).

Debemos distinguir entre las aptitudes creadoras y los métodos y técnicas que pueden desarrollar tales aptitudes. La creatica es el conjunto de técnicas orientadas a analizar, estimular y desarrollar la creatividad. La resolución de problemas involucra el

procesamiento de la información utilizando un conjunto de operaciones para resolver la percepción inicial. Esto permite identificar el problema, definirlo, generar ideas, evaluarlas e implementarlas. Existe un conjunto de técnicas y métodos para la generación de ideas. Entre ellas encontramos **torbellino de ideas (brainstorming)**, y **mapas mentales**. [9]

La evaluación de las EA se acerca al concepto de metacognición. Novak y Gowin (1988) definen dos conceptos cercanos: metaconocimientos y metaaprendizaje: "Por metaconocimientos se entiende el conocimiento relativo a la naturaleza del conocimiento y del conocer". "El metaaprendizaje se refiere al aprendizaje relativo a la naturaleza del aprendizaje; es decir; aprendizaje sobre aprendizaje.

La **evaluación de EA** es útil tanto para el docente como para el alumno, porque significa tomar conciencia a partir del análisis evaluativo, de:

- Cuáles son las formas en que aprende mejor.
- Cuando y porque aparecen obstáculos y dificultades.
- Como recuerda mejor.
- Cuáles son los dominios de conocimiento que tiene más desarrollados y cuales menos.
- Cuál es el grado de conocimiento que se posee sobre cada EA, así como su uso y aplicación pertinente a situaciones particulares.

3.3- Algunos componentes de la evaluación formativa:

Entre los componentes de la EF, encontramos: la integración de la **EF** en la secuencia didáctica de enseñanza- aprendizaje, la regulación, el compromiso del alumno en la evaluación y regulación de su aprendizaje y la diferenciación pedagógica que resulta de la EF.

La **integración de la EF** exige una diversificación de los medios de evaluación. Además de trabajos escritos o actividades interactivas, la evaluación puede realizarse por medio de la observación directa del docente de las actividades del alumno, mediante intercambios ente los alumnos en diferentes momentos de la clase, por medio de las interacciones colectivas que posibilitan a los alumnos la exposición de diferentes maneras de comprender una tarea o de efectuar una actividad. La EF se realiza de manera inmediata directamente coordinada con la actividad del alumno durante su desarrollo. [7]

La regulación como componente fundamental de la EF: Cardinet [1977], Allat [1979, 1988, 2007] distingue tres formas de regulación asociadas a la EF:

a) **Regulación interactiva:** que designa formas de interacción social, permite lograr adaptaciones continuas en el transcurso del aprendizaje. Puede estar fundada en interacciones entre el alumno y el docente, o entre

alumnos, y/o con el material. Se orienta hacia adaptaciones continuas en el transcurso del aprendizaje.

b) **Regulación retroactiva:** el alumno puede identificar los objetivos que ha alcanzado, y los que no. Este tipo de regulación se dirige a objetivos no alcanzados. Se brinda retroalimentación y se selecciona una estrategia para superar las dificultades de aprendizaje alcanzadas. [7][10]

c) **Regulación proactiva:** dirige su atención a la elaboración de nuevas actividades de enseñanza aprendizaje, orientadas principalmente para aquellos alumnos que han alcanzado los objetivos de aprendizaje.

Una fuerte articulación entre regulaciones interactivas, integradas en cada situación, regulaciones retroactivas, ligadas a las operaciones de verificación y de reanudación de problemas no resueltos, y regulaciones proactivas ligadas a la anticipación y a la planificación de nuevos métodos. De esta manera, la EF se orienta a adaptaciones en dos planos: el aprendizaje del alumno y la mejora de los dispositivos de enseñanza, apoyando al docente para planificar sus futuras actividades didácticas con nuevos grupos de alumnos.

La diferenciación pedagógica, lleva a los docentes a proponer los diferentes tipos de regulación, con actividades adaptadas a las necesidades y expectativas, contemplando experiencias culturales y centros de interés personales de los alumnos, promoviendo la autoevaluación.

3.4- La retroalimentación y la construcción de autonomía:

La retroalimentación y la construcción de autonomía:

Se han llevado a cabo numerosas investigaciones (Pintrich, 2000; Ross et al., 1999, 2002; Zimmerman y Schunk, 2001, 2004; Andrade, Du y Wang, 2008) que muestran cómo los buenos estudiantes estudian más y obtienen mejores resultados a partir de monitorear y autorregular sus propios aprendizajes. Esto demuestra que cuando el alumno asume un rol activo, protagónico, dentro del campo de la evaluación, tendrá más posibilidades de revisar sus tareas y mejorarlas. La **autoevaluación** es, entonces, un proceso en el cual el estudiante reflexiona sobre la calidad de sus trabajos, los analiza y emite un juicio de valor a la luz de los criterios previamente establecidos con la intención de mejorar sus aprendizajes y convertirse en un aprendiz autónomo.

Para poder autoevaluarse el alumno necesita clarificar objetivos, criterios, estándares y competencias en su formación profesional.

Algunas de las críticas recogidas en diferentes estudios de **evaluación de pares (EP)** son las siguientes: los aportes son superficiales no relacionados con lo pedido en la tarea, tiene mucho peso el vínculo establecido entre quien ofrece y recibe retroalimentación,

y que la dimensión afectiva prevalece sobre los aspectos referidos sobre la tarea y el contenido.

Se han definido lineamientos sobre este tipo de prácticas, como: sugerir que la EP sea anónima, trabajar sobre un protocolo o una guía de preguntas, alternar retroalimentaciones con devoluciones cara a cara, o bien organizar devoluciones de un equipo a otro.

La EP culmina en la **metacognición**, a través de la cual los estudiantes hacen explícitas sus EA y la autoestima en relación con la creencia y la confianza en su capacidad para aprender. [7]

Son dos las dimensiones claves a considerar en el análisis de la **autoevaluación** del alumno. En la primera se examina el reconocimiento de su lugar para favorecer el clima de trabajo en el aula, y en la segunda, el proceso de metacognición, su autoconocimiento.

En el espacio del aula donde se producen intercambios de significados, y es en la interacción entre pares donde se da gran parte de la construcción de conocimientos, sobre todo si se tiende a formar en el alumno un pensamiento divergente, en el cual el docente no distribuye verdades sino que genera espacios de discusión sobre propuestas hipotéticas. Es a partir del compromiso y el aporte a la construcción colectiva que puede tomarse la autoevaluación del alumno. [8]

Los siguientes son aspectos de importancia en la autoevaluación del alumno:

- La tarea de reconocimiento de las prácticas de sus pares que han colaborado en los procesos de construcción compartida.
- Reconocimiento de estrategias intelectuales que se ponen en juego para abordar una tarea desconocida.

Puede considerarse una buena estrategia que el docente genere espacios grupales donde los alumnos puedan verbalizar las estrategias puestas en juego ante un problema o para efectivizar una actividad. En esta tarea resulta vital que el mismo docente explique las acciones que puso en juego.

Los métodos metacognitivos no son intuitivos (casi nunca). Necesitan de orientación, ayuda. Los docentes tenemos entre nuestra responsabilidad “enseñar” a reflexionar sobre las prácticas de aprendizaje, sobre los caminos que lleva a cada uno (o al grupo) a aprender. [11]

Ian Selmes (1988) propone acciones concretas para ayudar al alumno en el conocimiento de su propio aprendizaje. Su propuesta denominada PER implica propósito, estrategia y revisión. El propósito hace referencia a la percepción de los alumnos en cuanto al objetivo y a la importancia de la tarea específica, la estrategia se relaciona con el modo en que se organiza y realiza la tarea; la revisión tiene que ver con la identificación del resultado al haber utilizado la estrategia y su comparación con el propósito para decidir si la tarea ha sido realizada con éxito o no. [8]

Entwistle (1991) plantea una relación entre el propósito de la lectura, a lo que agrega la motivación y los procesos, elementos que se observan en la siguiente figura.

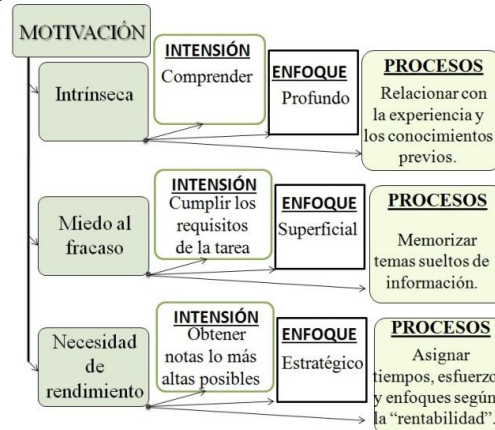


Figura 1. Relación entre intención o propósito de lectura y tipo de conocimiento. Elaboración propia.

La motivación es el grado en que el individuo se compromete a gastar esfuerzo en cumplimiento de una actividad u objetivo específico (Kreps, 1990). [9]

4- Contexto y objetivo de la experiencia

Se ha seleccionado la teoría constructiva de aprendizaje para promover aprendizaje significativo, aplicando nociones claves examinadas en los proyectos de investigación continuados que apoyan la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de algunas asignaturas de Informática en las que se diseñan propuestas educativas mediadas. En base a resultados observados en la cursada 2016, se establecieron cambios en la cursada 2017 de una materia de Informática de tercer año segundo cuatrimestre.

Se confeccionó un cuestionario para ayudar a los alumnos a desarrollar el proceso de metacognición, y EP de exposiciones de trabajos.

Este trabajo muestra algunos resultados de la cursada 2017 y destaca algunas adecuaciones consideradas para la asignatura para el segundo cuatrimestre de 2018, entre ellas la aplicación de un juego móvil que surgió desde los proyectos continuados, con el que se intentará motivar a los alumnos y apoyar actividades de regulación de EF.

5- Algunos elementos claves del desarrollo

La materia es de tercer año, segundo cuatrimestre. El cuerpo docente está integrado por un docente regular a cargo de las clases de teoría y de práctica, y un auxiliar de segunda. Se desarrollan clases teóricas, prácticas y de

consulta. Se utilizaron recursos didácticos de la Web 2.0 para apoyar el aprendizaje significativo.

Se han contemplado las **características claves de la EF** al diseñar la propuesta educativa, esclareciendo objetivos e indicadores de desempeño de las tareas, ofreciendo retroalimentación, promoviendo en los alumnos el ejercicio de metacognición y analizando resultados que ayuden a incorporar mejoras en la enseñanza.

Al definir las diferentes actividades y sus etapas, también se han considerado las tres formas de regulación asociadas a la EF que hemos mencionado anteriormente.

Entre los cambios desarrollados en 2017, encontramos:

- Cambios en las unidades del programa analítico para aumentar la comprensión de los alumnos.

- La mejora del orden de las actividades de práctica, incorporando ejercicios que aumentan gradualmente su nivel de complejidad. Con actividades de entrenamiento diversas, con diferentes objetivos, secuenciadas con el objeto de promover en los alumnos, el recuerdo, la formación de conceptos, el razonamiento, la resolución de problemas, la actividad de investigación, recogiendo información del medio para tomar decisiones. Los prácticos disponían de título, metodología, objetivos específicos, lecturas previas y material de apoyo, requisitos de cursada, herramientas interactivas, ejercicios del práctico y ejercicios propuestos. Una de las actividades de práctica es el trabajo integral.

- En las actividades se otorgó mayor importancia al empleo de un simulador interactivo, para mejorar la prueba del funcionamiento de los autómatas diseñados. Dicho simulador también se utilizó en presentaciones de teoría y otros materiales didácticos.

- En el blog colaborativo de la cursada 2017, se modificó la política empleada para publicaciones, acordando con los alumnos, el empleo de mega (<https://mega.nz/>) conservando los archivos durante tres años. Colocando en el comentario, el link del archivo compartido. Ya que significó una limitación, años anteriores, las referencias que caducan. También se mejoró del diseño del blog, con respecto al del año anterior, en base a resultados alcanzados, con la confección de iconos representativos que ayudaron a clasificar las entradas. Desde la entrada de bienvenida se explicitaron los objetivos de cada tipo de entrada del blog.

- Se fortalecieron los **organizadores previos** en algunos materiales didácticos para apoyar la comprensión de los alumnos, al organizar la secuencia de temas abordados y relacionar nociones claves.

- Se utilizó tanto el aula virtual en Moodle de la materia como el blog. Los alumnos utilizaron OA de temas centrales de la materia que se encuentra en el aula virtual del proyecto y dispone de objetivos, nociones

claves, ejercitación interactiva y mapas conceptuales vinculados.

Se describen a continuación algunos aspectos del aula virtual y del trabajo integral en equipos.

5.1- Aula virtual:

Las solapas del aula virtual son: novedades, bienvenida, primeros componentes, presentaciones de teoría, exámenes de apoyo, prácticos, módulos de teoría, y trabajo integral en equipos. La bienvenida presenta un esquema de inicio de actividades de cursada, un texto motivador con la bienvenida, organizador previo con nociones claves relacionadas, e información sobre el cuerpo docente. En primeros componentes, disponen de la carátula 2017, el programa analítico y la planificación con fechas de exámenes. En exámenes de apoyo, disponen de dos enunciados de exámenes de cursadas previas y material de apoyo de herramientas interactivas.

En el aula virtual en la solapa asociada al trabajo integral disponen de tres elementos:

- Enunciado del trabajo integral,
- Material de apoyo con ejemplo de la actividad solicitada con MC, e
- Indicadores de evaluación del trabajo integral.

Los elementos principales evaluados se observan en la siguiente figura.



Figura 2. Indicadores de evaluación del trabajo integral

5.2- Actividad con mapas conceptuales:

Dentro del trabajo integral encontramos actividades individuales y actividades en equipo. Una de las actividades individuales incluyen el armado de mapa conceptual con CMapTool que vincula un tema observado en la asignatura, con ejercicios concretos inéditos confeccionados por cada alumno empleando un simulador interactivo.

Para el desarrollo de la actividad con MC, se preparó material especial, que se brindó a los alumnos al inicio de su desarrollo. La figura 3 muestra contenidos claves del material de apoyo proporcionado con el ejemplo dado en el que se incorporó una imagen del mapa conceptual con el diagrama del autómata diseñado, y una presentación power point que puede descargarse al visitar el link del mapa conceptual de ejemplo, publicado con CmapTool.

Dicho material está asociado a autómatas finitos, que es un tema que los estudiantes no podían seleccionar al realizar la actividad. Cada alumno de cada equipo, seleccionó un tema distinto contemplado en el segundo parcial. Una instancia representativa fue la selección de temas. Se solicitó a los alumnos que intercambien ideas a medida que se realizaba la actividad, ejercitándose conjuntamente antes del examen, avanzando en el estudio y análisis de los contenidos y utilizando el archivo compartido del equipo. Esta actividad contó con defensas de avances y envió, con un diseño participativo, durante el desarrollo de prácticos de la materia, que permitió brindar retroalimentación y generar intercambios de ideas y análisis de contenidos.



Figura 3. Material de apoyo de actividad con MC

Los alumnos ya habían trabajado en otras materias con MC, sin embargo, se observó que se les presentaron dudas respecto de su construcción. En cursadas previas, se les solicitó la construcción de MC o redes conceptuales, en cambio, en 2017, para evitar la creación de mapas mentales que se limitan a presentar clasificaciones, sin caracterizar o definir elementos claves de las temáticas observadas, se solicitaron MC jerárquicos, con ejemplos inéditos armados por cada estudiante, resueltos paso a paso.

La memorización del mapa produce el efecto contrario al aprendizaje. La memorización constructiva, significativa es un resultado del análisis y del razonamiento de la estructura del mapa y de los atributos de los conceptos. [12]

En el blog se brindaron videos de confección de MC, referenciados desde el material de apoyo disponible en el aula virtual.

5.3- Trabajo integral en equipos:

El trabajo incluye una serie de actividades con retroalimentación periódica y se desarrollan en distintos momentos de la cursada. Se utilizó una **estrategia de integración**.

Entendemos por estrategias de integración en la enseñanza aquellas explicaciones de los docentes o propuestas de actividades dirigidas a la conformación de un todo o una estructura y a la relación de sentido entre temas, conceptos o campos. [13]



Figura 4. Estructura del trabajo integral

En la figura 4 observamos la estructura de contenidos del enunciado del trabajo integral. Su enunciado incluye, en “elementos claves”, el siguiente texto: “Cinco elementos básicos, para que los grupos de aprendizaje colaborativo, sean eficaces:

a) Interdependencia grupal: en el trabajo en equipo, el fracaso de uno de los miembros del grupo implica el de los restantes. Por este motivo, cada uno de los integrantes del equipo debe tomar conciencia de la necesidad del conjunto de contar con el aporte positivo de cada uno.

b) Responsabilidad individual: para que los objetivos grupales se cumplan, es necesario que cada alumno sea responsable, logre autonomía al avanzar en el desarrollo de la actividad, intervenga también en la distribución de la tarea, roles y funciones.

c) Interacción estimuladora: los alumnos del grupo se estimulan entre sí, para alcanzar los objetivos. Muchas veces una interacción oportuna entre estudiantes, con una explicación acertada, o la resolución de un problema complejo entre pares, alienta y estimula a la superación a otros estudiantes que pueden no haber alcanzado el mismo nivel de comprensión del tema bajo estudio.

d) Prácticas interpersonales: valorando la participación activa y respetuosa de cada alumno, evitando conflictos que afecten en cumplimiento de los objetivos de la actividad, y los elementos básicos que se están destacando. Apoyando el ejercicio del liderazgo, ejercitando la tolerancia y el promoviendo la soltura y la expresión.

e) Auto-evaluación-grupal: el grupo debe acostumbrarse necesariamente a autoevaluarse. A poder reconocer qué hicieron bien y qué hicieron mal. Plantearse qué aspectos revisar y cuáles profundizar”. [14]

La figura 5 presenta elementos claves y actividades del trabajo integral.

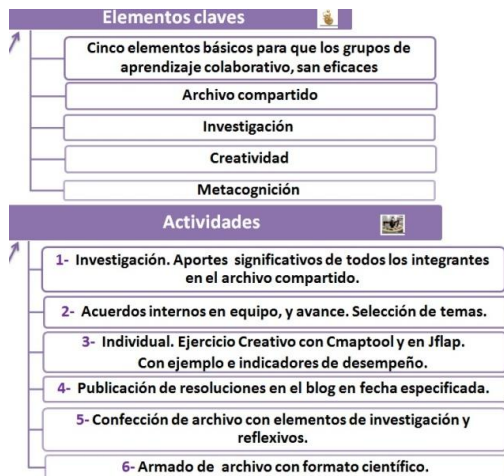


Figura 5. Elementos claves y actividades del trabajo integral

El momento de desarrollo del contrato didáctico quedó explícito en el enunciado del trabajo integral y en la planificación, desde el inicio de cursada. Al inicio del trabajo integral, en una clase presencial, se desarrolló el “contrato didáctico”, en él los alumnos esclarecen conocimientos previos, objetivos, contenidos e indicadores de evaluación de cada componente, y se acuerdan fechas finales, para lograr el compromiso de los estudiantes y propiciar aprendizaje significativo.

Durante el desarrollo del contrato didáctico se analizaron con los estudiantes los cinco elementos básicos, para que los grupos de aprendizaje colaborativo, sean eficaces.

El trabajo integral inicia a los alumnos, y los motiva a aplicar metacognición y a desarrollar actividades de búsqueda e investigación, tanto de temas de la asignatura, como de otros temas que son contenidos actuales de investigación de Informática: juegos, seguridad informática y Arduino. Fomenta la creatividad, no sólo mediante la construcción de MC, y el empleo de la técnica de tormenta de ideas, sino también mediante la construcción de un autómata que ayude a resolver un problema específico asociado al tema investigado. Durante su desarrollo emplearon OA, JFlap, Cmaptool y archivos compartidos.

Como vemos en la figuras 4 y 5, las actividades del trabajo integral son diversas. Se seleccionaron EA que ayudan al alumno a ejercitar diversas habilidades, entre ellas de búsqueda de información, organizativas, trabajo en equipo, analíticas, creativas, de síntesis y de comunicación oral y escrita.

Cada equipo realizó diversas actividades previas de investigación y organizativas, y en la etapa final del trabajo integral, los estudiantes confeccionaron un trabajo con formato de informe científico, y una presentación

para exposición. Se brindó, desde el inicio, el enunciado y los indicadores de evaluación del mismo, con defensa de avances con retroalimentación en fechas previstas y acordadas al desarrollar el contrato didáctico. Para fortalecer las competencias comunicacionales y motivar al ejercicio de metacognición, se incorporaron en 2017, las exposiciones con EP.

6- Descripción del cuestionario de autoevaluación y retroalimentación

Se diseñó un dispositivo de apoyo para realizar la autoevaluación, EP, y obtener información de retroalimentación que ayude a establecer cambios acertados en la enseñanza y propiciar el ejercicio de metacognición en los alumnos. En el armado de este dispositivo se consideraron algunos aspectos observados inicialmente sobre metacognición. El cuestionario se utilizó al final del desarrollo de la cursada 2017, y fue desarrollado con un formulario de google.

Las dimensiones esenciales del formulario de autoevaluación y retroalimentación, se observan en la siguiente figura, ellas son: retroalimentación, estrategias de enseñanza, autoevaluación y EP.

Los elementos claves del cuestionario son:

a) Título: Autoevaluación y Retroalimentación. FTI 2017.

b) Texto inicial: ¡ Gracias por tu colaboración ¡ Este formulario apoya la autoevaluación, la EP, el ejercicio de metacognición que ayuda al alumno a mejorar su capacidad de aprender a aprender, y la generación de retroalimentación para la cátedra, para propiciar la mejora continua en la asignatura.

c) Elementos de las dimensiones retroalimentación, EA, autoevaluación y EP. También se solicitaron resultados de test de estilos de aprendizaje.

La figura 6 muestra los íconos de cada dimensión, que aparecen en el cuestionario.



Figura 6. Iconos de cada dimensión

La **escala estándar** utilizada en muchas preguntas del cuestionario disponía de las siguientes opciones posibles: Muy Alto [100 -80], Alto [79-65], Intermedio [64-50], Pobre [49-30], Insuficiente [29-0], No contesta.

6.1- Elementos de la dimensión R de retroalimentación

El cuestionario incluye el icono de retroalimentación de la figura 6, y el siguiente texto: “Esta dimensión (R),

apoya la mejora continua, ayuda a los docentes de cátedra a conocer la situación en la que los estudiantes, cursan la materia”.

Las preguntas de esta dimensión son las siguientes:

R.1.1- ¿Trabajó durante la cursada de la asignatura, o en parte de ella? Si trabajó: ¿Cuáles son, o fueron los días de trabajo? Opciones posibles: No trabajo, Trabajo de lunes a sábados, Trabajo de lunes a viernes.

R.1.2- ¿Trabajó durante la cursada de la asignatura, o en parte de ella? Si trabajó: ¿Cuáles son, o fueron los horarios de trabajo? Opciones posibles: No trabajo, De 8 a 16 hs., Otro. Puede agregar un texto con la respuesta si trabajó, pero no de 8 a 16 hs.

R.2- ¿Cuántas horas tarda en llegar desde su trabajo o casa, a la universidad? Opciones posibles: Por lo general, menos de 45 minutos, Otro. Puede agregar un texto con la respuesta si lo considera necesario.

R.3- Si cursó tercer año completo en el primer cuatrimestre de 2017, marque todas las alternativas, que considere convenientes. Agregue además, una adicional, si lo considera apropiado. Opciones posibles:

- Tomar el segundo parcial de "Fundamentos", como mínimo, dos días antes, de la entrega del trabajo de "Desarrollo",

- Que la entrega del trabajo de "Desarrollo", se realice, como mínimo, dos días antes del segundo parcial de "Fundamentos",

- Que la entrega del trabajo "Desarrollo", se realice una semana después del segundo parcial de "Fundamentos",

- Tomar el segundo parcial de "Fundamentos", como mínimo, una semana después, de la entrega del trabajo de "Desarrollo", y

- No cursó tercer año completo en 2017.

R.4- Los horarios de cátedra ¿Resultaron convenientes para entrenarse en la materia, avanzando gradualmente?

Opciones posibles: Si, No, Otro. Puede agregar un texto con la respuesta si lo cree necesario.

R.5- ¿En qué medida considera que los paros de colectivo, cortes de agua o luz, afectaron el normal funcionamiento, el avance en la asignatura, y la finalización de la cursada?

Las opciones posibles fueron las de la escala estándar ya mencionada.

R.6- ¿En qué medida considera que el lento acceso a Internet, y cortes de Internet (si existieron), afectaron el normal funcionamiento y avance en la asignatura?

Las opciones posibles fueron las de la escala estándar.

6.2- Elementos de la dimensión E de EA

El cuestionario incluye el icono de EA de la figura 6, y el siguiente texto: “Esta dimensión (E), se emplea para analizar la manera en la que el alumno aprende,

ayudándolo a ejercitar el proceso de metacognición; como así también, para identificar aspectos a mejorar, y acciones positivas a replicar, en próximos procesos de enseñanza-aprendizaje”.

Inicialmente se consulta al alumno/a el porcentaje de asistencia a teorías, prácticas, consultas, diseño participativo con retroalimentación, participaciones en el blog y revisión de resultados. Las opciones empleadas son las de la escala estándar.

Luego, se consulta al estudiante la forma en la que desarrolló lectura comprensiva de diferentes recursos:

- Módulos de cada unidad,

- Presentaciones de teoría asociadas a cada uno de los tres prácticos de la materia,

- Objetivos, consignas y enunciados de cada práctico.

- Objeto de aprendizaje con ejercitación interactiva y mapas conceptuales,

- Indicadores de evaluación de exámenes y trabajos,

- Apoyos en el Blog, como los videos sobre elaboración de mapas conceptuales.

- Bibliografía de la materia

- Consigna escrita del trabajo Integral, y en

- Material de lectura de contenidos de la materia, disponible en el grupo de Facebook de la asignatura.

- Material y artículos científicos analizados al desarrollar el trabajo integral.

Podían seleccionar: en forma gradual y oportuna en cada nivel de la escala estándar, “antes de exámenes”, “algunos temas puntuales” y “otro”.

E.3- ¿Qué elementos pueden haber provocado ruido o dificultad en el aprendizaje de algún tema de la asignatura, que desee compartir, para ayudar a los docentes, ya que otros alumnos de próximas cursadas, podrían tener la misma percepción, o la misma forma de aprender?

E.4- ¿Hay alguna observación positiva, que desee compartir para que pueda considerarse en próximas cursadas, de ser posible?

6.3- Elementos de la dimensión A de autoevaluación

El cuestionario incluye el icono de autoevaluación de la figura 6, y el siguiente texto: “Esta dimensión (A), se utiliza para continuar ayudando al alumno, a ejercitar el proceso de metacognición, que permite a cada persona, identificar qué técnicas de estudio (aplicadas en determinadas situaciones), le ayudan más a obtener éxito y concretar sus proyectos de vida, analiza cómo aprender a aprender.

Entre las preguntas de esta dimensión, encontramos:

A.1- Marque el "NIP (nivel que considera haber logrado, al interactuar con sus pares, sintiendo satisfacción al hacerlo, avanzando en el estudio de la materia)".

Las opciones son las de la escala estándar.

❑ A.2- Cite, de ser posible, algún aporte concreto, o intervención de un alumno de la materia de esta cursada, que considere favorable, y que recuerda con satisfacción, o bien porque le ayudó a aumentar la comprensión en la materia, o por alguna otra razón.

❑ A.3- Marque el "NEC (nivel en el que considera ha logrado ejercitarse en las siguientes capacidades, al aplicar diversas técnicas de estudio al aprender en la materia).

Las opciones son las de la escala estándar. Entre las capacidades destacadas, encontramos: "I- Comprensión de la realidad. Búsqueda y análisis de información confiable de Internet. Observar. Identificar. Describir. Analizar. Asociar. Comparar. Interpretar. Conocer", "II- Expresión oral y escrita. Defensas. Exposiciones. Participaciones en clases, en el blog. Producción de texto. Organizaciones de exposiciones", "III- Creatividad, al desarrollar el Trabajo integrador", "IV- Participación. Iniciativa", "V- Trabajo en equipo (TE). Trabajo conjunto, contemplando objetivos, consignas e indicadores. Escucha. Comunicación de ideas. Responsabilidad. Cumplimiento. Esfuerzo. Motivación a los demás integrantes", "VI- TE. Estudio conjunto. Encontrarse y ayudarse. Defensas de ideas. Reflexión conjunta", "VII- TE. Participación en instancias de retroalimentación, valorando avances, examinando maneras de mejorarlos. Uso del archivo compartido", "VIII- TE. Sentido crítico. Valoración. Reflexión. Autoevaluación y EP", "IX- TE. Mediar, negociar y / o solucionar conflictos. Reponerse a dificultades", "X- TE. Coordinación. Organización de actividades. Orientación espacio-tiempo", "XI- TE. Tratamiento de imágenes", "XII- Participaciones en el blog "sin cifrado", "XIII- Síntesis, confección de MC con CMapTool", y "IX- Entrenamiento y simulación con JFlap".

❑ A.4- Destaque las técnicas de estudio que mejor resultado le han dado durante el transcurso de la carrera. Analice luego, el momento apropiado de aplicación, que le brindó mejores resultados".

❑ A.5- Si es posible, presente un comentario personal indicando si los contenidos observados, le resultaron motivadores, interesantes, pertinentes e integrados. Destaque él o los temas que más le han gustado, de la asignatura.

6.4- Elementos de la dimensión EP de evaluación de pares

El cuestionario incluye el icono de EP de la figura 6. En esta dimensión, cada alumno, contemplando la autoevaluación que realizó con su equipo, responde a interrogantes solicitados, y brinda aportes constructivos.

Entre las preguntas de esta dimensión, encontramos:

❑ EP.1- Considere su percepción de las exposiciones, y resultados de autoevaluación que intercambiaron en su equipo, si lo desea. Para cada característica analizada, seleccione uno de los equipos. Las características consideradas son: alto nivel de creatividad, claridad de la presentación digital, nivel en el que la exposición estaba completa.

❑ EP.2- ¿Cuál de todos los trabajos de los demás grupos, es el que más te agradó? ¿Por qué?

❑ EP.3- ¿Te gustaría transmitir beneficios alcanzados, o algún aspecto especial del trabajo integrador?

❑ EP.4- Complete, en base a su opinión. Puede consultar con su equipo, si lo desea.

En este punto se examinan las habilidades de comunicación de cada alumno, observadas en la exposición del trabajo integral.

7. Resultados del cuestionario de autoevaluación y retroalimentación

Participaron todos los alumnos que cursaron la materia.

7.1- Algunos resultados de la dimensión R de retroalimentación

❑ Un 33% (tres de los participantes), trabajaron de lunes a viernes, durante la cursada. Los horarios de trabajo, fueron: de 9 a 13 horas, de 8 a 17 hs., y de 14 a 22 hs.

❑ Los horarios de clase son corridos, los martes desde las 18 hs. hasta las 20 hs., y los miércoles a partir de las 16 hs. hasta las 20 hs. Como muestra la figura 7, el 11,1% (uno de los alumnos), tuvo más dificultades para participar en clases. También un 11,1% trabajó hasta las 17 hs., los miércoles participó en las clases prácticas solamente.

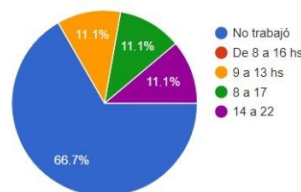


Figura 7. Horarios de trabajo de los alumnos

❑ La mayoría de los estudiantes tardan menos de 45 minutos en llegar a su casa, sólo un 11,1% (un alumno) tarda más, tarda una hora.

❑ El 44,4% (cuatro de los estudiantes) no cursó tercer año completo. Los restantes alumnos, en su mayoría seleccionaron en un 44,4%, la opción: tomar el segundo parcial de "Fundamentos", como mínimo, una semana después, de la entrega del trabajo de "Desarrollo".

Un 77,8% (siete estudiantes), consideraron satisfactorios los horarios de clase. Un estudiante consideró que salir a las 22 hs. se complica con los horarios de los colectivos en algunos barrios.

Un 44% (cuatro alumnos), consideraron que los paros de colectivo, y cortes de agua o luz, afectaron el normal funcionamiento, el avance en la asignatura, y la finalización de la cursada, en un nivel "alto". Un 22,2% tanto que afectó en un nivel "Muy alto", como en un nivel "Intermedio". Un 11,1% (un alumno) consideró que afectó en un nivel "Pobre".

Un 44,4% de los alumnos, consideró que la velocidad de acceso a internet afectó en un nivel "Pobre" el desarrollo de las actividades de clase. El 33,3% (3 alumnos), consideraron que afectó en un nivel "Intermedio", un 11,1% consideró que afectó en un nivel "Muy Alto" un 11,1% consideró que afectó en un nivel "Insuficiente" el desarrollo de las clases.

7.2- Resultados en la dimensión E de EA

En "clases del práctico 1" y en "revisión de resultados de exámenes, aprender del error", todos los alumnos encuestados participaron en un nivel "Muy alto" o en un nivel "Alto", participaron entre un 100 y un 65%.

Como muestra la figura 8, en "Diseño participativo, y/o defensa con retroalimentación", un 33,3% (tres alumnos) participaron en un nivel "Muy Alto", un 11,1% (un alumno) no contestó, y la mayoría (los restantes alumnos), participaron en un nivel "Alto".

En "publicaciones en el blog", cinco alumnos participaron en un nivel "Alto", los restantes alumnos en partes iguales, participaron en un nivel "Muy alto" y en un nivel "Intermedio".

E.1- Complete la tabla, indicando, el porcentaje de asistencia (PA).

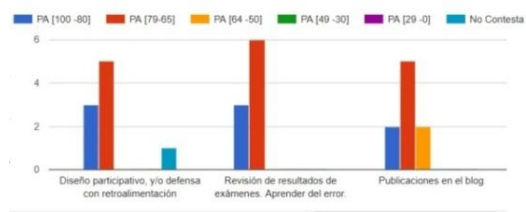


Figura 8. Participaciones en actividades

Siete alumnos participaron en un nivel "Muy Alto" o "Alto", entre un 100 y un 65%, en clases de teoría y en los prácticos restantes. Seis estudiantes, manifestaron haber participado en consultas previas a exámenes con un nivel "Muy Alto" o "Alto", entre un 100 y un 65%.

Un 66,6%, (seis alumnos), destacaron que aplicaron lectura comprensiva gradual y oportuna con un nivel "Muy alto" o "Alto", entre un 100 y un 65%, en el "ejemplo dado de MC e indicadores".

Aproximadamente un 55% (cinco alumnos), destacaron que aplicaron lectura comprensiva gradual y oportuna con un nivel "Muy Alto" o "Alto", entre un 100 y un 65%, en:

- Módulos de las unidades 1 y 2,
 - Presentaciones de teorías asociadas a los tres prácticos de la materia, y en
 - Objetivos, consignas y enunciado del práctico 1.
- Aproximadamente un 44% (cuatro alumnos), señalaron que aplicaron lectura comprensiva gradual y oportuna con un nivel "Muy Alto" o "Alto", entre un 100 y un 65%, en:
- Módulos de las unidades 3 y 4,
 - Objeto de aprendizaje con ejercitación interactiva y mapas conceptuales,
 - Indicadores de evaluación de exámenes y trabajos,
 - Objetivos, consignas y enunciado de prácticos 2 y 3,
 - Apoysos en el Blog, como los videos sobre elaboración de mapas conceptuales,
 - Bibliografía de la materia,
 - Consigna escrita del trabajo Integral, y en
 - Material de lectura de contenidos de la materia, disponible en el grupo de Facebook de la asignatura.

Un 33,3% (tres alumnos), indicaron haber desarrollado lectura comprensiva gradual y oportuna en un nivel "Muy Alto" o "Alto", entre un 100 y un 65%, en "Material y artículos científicos analizados al desarrollar el trabajo integral".

Los demás alumnos destacaron haber desarrollado lectura comprensiva o en:

- Forma gradual y oportuna en otros niveles de la escala estándar (Intermedio, Pobre, Insuficiente o No contesta).

- Antes de exámenes, o
- De temas puntuales.

Las respuestas a la pregunta E.3, son:

En general creo que se brinda siempre ayuda, y se explico todo de manera correcta.

Utilizar otras herramientas para sacar el uso del blog y hacer más eficiente el envío de los ejercicios, por ejemplo usar drive y la nueva herramienta de google "Classroom".

Hasta bien avanzada la materia no entendía con claridad la aplicación que se le podía dar a los autómatas.

Las respuestas a la pregunta E.4, son:

Los ejercicios prácticos mostrados en el pizarrón en las clases teóricas, me ayudaban a comprender varios temas que con únicamente teoría no comprendía. Otro aspecto positivo es hacer la mayoría de los ejercicios de las clases prácticas en el pizarrón, se puede ver con mayor claridad el mecanismo de desarrollo de los ejercicios además de plantear dudas e identificar errores, esto no pasaría si cada uno realizara el práctico de manera individual.

- Cuando se realizan ejercicios en el pizarrón, que la resolución sea participativa entre 2 o 3 alumnos.

- La actividad con los mapas conceptuales me ayudo bastante, con mi compañera estudiamos para los parciales y la promo utilizando los mapas conceptuales que habíamos elaborado. Otra observación positiva es que las clases prácticas se aprovechan mucho, ya que se hace participar a todos los alumnos y de esa manera uno aprende de sus errores y de los errores que surgen de otros compañeros.

- La gran cantidad de consultas optativas.
- Fueron muy flexibles los horarios y se brindaron clases consultas siempre que fue necesario, lo que ayudó mucho.

7.3- Resultados de la dimensión A de autoevaluación

Como muestra la figura 9, un 55% (5 alumnos) destacaron que el NIP (nivel que considera haber logrado, al interactuar con sus pares, sintiendo satisfacción al hacerlo, avanzando en el estudio de la materia), al desarrollar en equipo el trabajo integral, fue “Muy Alto”, y todos los demás alumnos, que fue “Alto”.

A.1- Marque el “NIP (nivel que considera haber logrado, al interactuar con sus pares, sintiendo satisfacción al hacerlo, avanzando en el estudio de la materia)”.

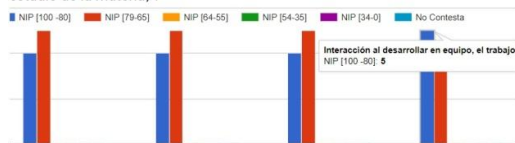


Figura 9. Interacción entre pares

Un 44%, (5 alumnos), destacaron que el NIP, al entrenarse en temas del primer parcial, del segundo parcial y posteriores al segundo parcial, fue “Alto”, y todos los demás alumnos, que fue “Muy Alto”.

Un 44%, (4 alumnos), destacaron que su NIP, al emplear archivos compartidos, fue “Muy Alto”, otros 4 alumnos, que fue “Alto” Un alumno destacó que fue “Insuficiente”.

Las respuestas a la pregunta A.2, son:

- No recuerdo
- Los ejercicios del blog para enviar en el segundo parcial. Yo había hecho mal la actividad, porque había entendido mal el enunciado. Así que me guié con otros trabajos que estaban correctos en el blog para poder realizar bien la actividad.

- Ejercicios de los prácticos, me ayudaban a comprender algunos temas.

- Ayudo mucho realizar ejercicios en el pizarrón en conjunto cuando éramos varios.

Un 66%, (seis alumnos), destacaron haber ejercitado las capacidades de: “Entrenamiento y simulación con JFlap” y “TE. Trabajo conjunto,

considerando objetivos, consignas e indicadores disponibles. Escucha. Comunicación de ideas. Responsabilidad. Cumplimiento. Esfuerzo. Motivación a los demás integrantes”, con un nivel “Muy alto”.

Un 55% o más de los alumnos subrayaron que con un nivel “Muy Alto” o “Alto”, ejercitaron todas las capacidades destacadas.

En la pregunta A.4, el 100% de los alumnos indicó haber empleado la técnica de estudio de “resolución de prácticos”. El 88,9% (ocho alumnos), realizó lectura comprensiva de la bibliografía, o material didáctico”. El 77%, siete alumnos, indicaron que desarrollaron las actividades: “atender y participar en clases”, y “desarrollar ejercicios del práctico, y consultar dudas a los docentes”. Un 66,6%, seis alumnos, seleccionaron: “resaltar nociones claves en apuntes y materiales”. Un 55,6%, cinco estudiantes, realizaron “elaboración de síntesis escrita”. Un 44% (cuatro alumnos), “interactuaron, repasando con sus pares” y realizaron “lectura comprensiva de materiales de Internet”. Un 33,3%, tres estudiantes, “confeccionan mapas conceptuales, destacando las nociones de lo general a lo particular”. Un alumno, realiza “Investigación en Internet” e “integración de nociones claves de distintas unidades”.

Algunas respuestas a la pregunta A.5, son:

- Si, resultaron motivadores. Cuando empezamos a ver ejemplos de aplicación, por ejemplo lo de las gramáticas BNF con los diagramas de Conway, los últimos temas resultaron interesantes por las aplicaciones que se les puede dar. Por ejemplo el autómatas que está en uno de los prácticos para cifrar información con Arduino. Eso resulta motivador porque uno ve que lo que está realizando uno puede aplicarse para muchas cosas.

- La utilización de mapas conceptuales para la descripción de máquinas abstractas. Los ejercicios con un “enunciado” más elaborado de la descripción de una máquina.

- Me interesa bastante la materia, mi tema preferido son máquinas abstractas... autómatas de pila y máquinas de Turing sobre todo.

- Me resulto motivador el trabajo integrador, y los temas que me gustaron fueron máquinas de Turing y máquinas secuenciales.

- Máquina de Turing fue un tema que me gusto mucho, gramática igual.

- Máquinas secuenciales y máquinas de Turing fueron mis temas preferidos. Interesantes ya que son temas nuevos para la carrera.

7.4- Algunos resultados de la dimensión EP de evaluación de pares

Las respuestas a la pregunta EP.1, son:

- Me agradó el trabajo de Tania- David debido a las preguntas educativas y las respuestas en un modo de "juego".

- Creo que el que más me intereso, fue el de la animación, ya que nosotros también investigamos sobre animación para poder darle movimiento a nuestro videojuego.

- Me gusto el trabajo del grupo de Barrientos-Reyna-Zandomeni. Porque pudieron implementar el juego y también mostraron los programas que utilizaron para hacerlo.

- El nuestro, ya que implementamos un personajes usando autómatas y se entendía bien.

- El del equipo Maite, Giuliana, Facundo. Por el esfuerzo y tener una aplicación de un autómatas.

- El de Lía y Lucas. Por la idea del juego.

- Equipo Lía -Lucas por el tema elegido.

- El de Tania y David estuvo muy bueno, el tema era muy interesante y los chicos le metieron mucha pila.

□ Algunas respuestas a la pregunta EP.2, son:

- Utilización de una herramienta de desarrollo de videojuegos con autómatas.

- Si, las aplicaciones de máquinas secuenciales en la robótica son innumerables.

8. Resultados

Cada equipo realizó la presentación final del trabajo integral, con la participación de todos los integrantes, expusieron el trabajo frente a la clase completa. Al finalizar todas las exposiciones, en forma individual, participaron llenando el cuestionario final con EP.



Figura 9. Exposición de trabajo integral

De doce alumnos inscriptos en la materia, ocho obtuvieron concepto o sacaron la promoción, cuatro aprobaron por promoción, tres estudiantes estuvieron ausentes, y una alumna desaprobó, dicha alumna desarrolló la segunda cursada en el primer cuatrimestre de 2018 y obtuvo concepto en la materia.

Se pudo observar una alta motivación en los alumnos al avanzar en el trabajo integral, y muy buenos resultados, se entrenaron en la confección de mapas conceptuales ejercitando el proceso de metacognición al examinar nociones de la asignatura. Uno de los equipos de alumnos, diseñó e implementó un juego móvil simple al realizar el trabajo integral, observamos la exposición de este equipo en la figura 10.



Figura 10. Exposición de un equipo que desarrolló un juego móvil simple dentro del trabajo integral

En 2017, el grupo de alumnos que participó con mayor continuidad, fue comunicativo y aplicado, desarrolló actividades de aprendizaje apoyando a sus pares, pasando a pizarra en clases prácticas, analizando nociones claves y métodos de resolución de problemas.

En la figura 11 vemos resultados de la actividad con MC, considerando los factores: "F1- Selección oportuna de los temas entre los miembros del equipo. Repaso conjunto visible en el archivo compartido antes del segundo parcial", "F2 - Respetó la notación de mapas conceptuales. Utilizó una densidad adecuada del mapa, apoyando su seguimiento y lectura. Asignó nombres no muy extensos, sin repetir los conceptos", "F3- Resaltó nociones principales, a través del estilo de los componentes, y destacó aspectos claves del tema elegido. Asignó colores a elementos del mapa apoyando el aprendizaje", "F4- Incluyó una imagen con ejercicio correcto e inédito que confeccionó usando JFlap, vinculado al mapa", "F5- Representó contenidos correctos y claros, con elementos claves del tema elegido", "F6- Participó en el diseño participativo y realizó mejoras en su trabajo, en base a la retroalimentación recibida", y "F7- Presentó el trabajo completo, oportunamente. Listó referencias, si las utilizó. Entregó ambos mapas, el inicial y el mejorado".

Factores	Excelente (10)	Muy Bueno (9)	Bueno (8)	Regular (7)	Insuficiente
F1	55,5% (5 alumnos)	22,2%	22,2%		
F2	11,1% (1 alumno)	77,7% (7 alumnos)	11,1%		
F3	11,1% (1 alumno)	55,5%	22,2%	22,2%	
F4	33,3% (3 alumnos)	11,1%	55,5% (5 alumnos)	11,1%	
F5		77,7%	22,2%		
F6	44,4% (4 alumnos)	22,2%	11,1%	22,2%	
F7	22,2% (2 alumnos)	44,4%	33,3%		

Figura 11. Resultados de actividad con mapas conceptuales

En las encuestas institucionales, con una escala: "Malo, no satisfactorio", "Regular, poco satisfactorio", "Bueno, satisfactorio" y "Muy bueno, muy satisfactorio", considerando las dimensiones: "Comunicación y desarrollo de la asignatura, Metodología, Evaluación, Actuación de los miembros de la Cátedra - Teoría, Actuación de los miembros de la Cátedra - Práctica"; todas las dimensiones aumentaron sus valores con respecto al año anterior. En la cursada 2017, el promedio general de las calificaciones de los encuestados, de todas

las dimensiones, es “Muy Bueno, Muy Satisfactorio”. En cada una de las dimensiones, la mayoría de los encuestados calificó con “Muy Bueno, Muy Satisfactorio”, y en segundo lugar con “Bueno, Satisfactorio”.

9. Conclusiones

Algunos alumnos tuvieron dificultades al usar mega y publicar en el blog. Dejaron con clave sus archivos, y con participaciones colaborativas, las publicaciones deben estar accesibles a los estudiantes y docentes de la materia.

Una de las decisiones que se ha tomado en base a los resultados alcanzados, es la confección de ayuda de uso para 2018, del objeto de aprendizaje de clasificación de las gramáticas y lenguajes, porque se ha observado dificultades para su utilización en el aula virtual.

Teniendo en cuenta la motivación observada en los resultados del cuestionario de autoevaluación, asociada al ejercicio del práctico 3 de Arduino, se ha incorporado en 2018 un OA con una actividad en equipo con videos que ayuda al equipo a vincular las máquinas abstractas con sistemas embebidos, internet de las cosas y programación de firmware.

Los resultados del cuestionario brindan información de apoyo para establecer mejoras en planificación de actividades, materiales y estrategias de aprendizaje. También se realizarán mejoras del cuestionario de autoevaluación considerando, entre otros elementos, los de la figura 1.

Es preciso ajustar los métodos de enseñanza y apoyarlos con la tecnología digital de los tiempos que corren (García, 2009; Mockus et al., 2011). La inclusión de la tecnología y particularmente de la tecnología móvil al proceso educativo es de vital importancia para crear un sistema educativo dinámico que se adapte a un mundo complejo de constante cambio y progreso (García, 2009; Nagella & Govindarajulu, 2008), además como plantea Vahey y Crawford (2002) el aprendizaje con tecnologías móviles puede ser personalizado, situado y auténtico, básicamente más centrado en el estudiante fomentando así la creatividad y la innovación. [16]

Dentro del proyecto se han desarrollado juegos educativos, uno de ellos es un juego móvil, con versiones que se han utilizado en el ámbito educativo, se prevé su utilización en 2018, reforzando distintos niveles de regulación.

10- Referencias

[1] Santiago Castillo Arredondo. Luis Polanco González. Enseñar a estudiar... aprender a aprender. Didáctica del Estudio. Pearson. Prentice Hall. 2005.

[2] Begoña Gros Salvat. Aprendizajes, conexiones y artefactos. La producción colaborativa del conocimiento. Gedisa editorial. 2008.

[3] Mavilo Calero Pérez. Constructivismo pedagógico. Teorías y aplicaciones básicas. Alfaomega. 2008.

[4] Alexander Ortiz Ocaña. MODELOS PEDAGÓGICOS Y TEORÍAS DEL APRENDIZAJE. ¿Cómo elaborar el modelo pedagógico de la institución educativa? Ediciones de la U. 2013.

[5] Luis Mata Guevara. Procesos incidentes en el aprendizaje significativo. UNERMB. Colección: Una asignatura, un libro. Educación 2017. Acceso en agosto de 2018. http://150.185.9.18/fondo_editorial/images/PDF/CUALI/Procesos%20Incidentes.pdf

[6] Edith Lovos. Tatiana Gibelli. Cecilia Sanz. Evaluación de materiales educativos digitales que incorporan realidad aumentada: revisión de variables e instrumentos. XII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET, La Matanza 2017). Acceso en agosto de 2018. <http://hdl.handle.net/10915/63393>

[7] Alicia R.W. de Camilloni. Graciela Cappelletti. Jussara Hoffmann. Raquel Katzkowicz. Lucie Mottier Lopez. Rebeca Anijovich. La evaluación significativa. PAIDÓS. 2010

[8] Camilloni, A. R. Celman, S. Litwin, E. y Palou de Maté M. “La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo”. Paidós Educador. 2010.

[9] Juan Manuel Manes. Gestión estratégica para instituciones educativas. Guía para planificar estrategias de gerenciamiento institucional. Colección cuadernos. Granica. 2011.

[10] Frida Díaz. Barriga Arceo. Gerardo Hernández Rojas. Estrategias docentes para un Aprendizaje Significativo una interpretación constructivista. Mc Graw-Hill. 2002.

[11] Asinsten, M. S. Spiro, J. Asinsten. Construyendo la clase virtual. Métodos, estrategias y recursos tecnológicos para buenas prácticas docentes. DIDÁCTICA. Ediciones NOVEDADES EDUCATIVAS. 2012

[12] Virgilio Hernández Forte. Mapas conceptuales. La gestión del conocimiento en la didáctica. Alfaomega. 2005.

[13] Edith Litwin. El oficio de enseñar. Condiciones y contextos. Paidós Voces de la Educación. 2008.

[14] Horacio Ferreyra, Griselda Gallo y Ariel Zecchini. Educar en la acción para aprender a emprender. Organización y gestión de proyectos socio-productivos y cooperativos. Noveduc. 2013.

[15] Rodino, A. M. Las nuevas tecnologías informáticas en la educación: viejos y nuevos desafíos para la reflexión pedagógica. En Memoria del VII Congreso Internacional sobre Tecnología y Educación a Distancia. (pp.51-71) Costa Rica: EUNED. 1996.

Aprendizaje por proyectos: Un modelo intercátedras en primer año de Ingeniería en Sistemas de Información

Author

*Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario
Rosario – Santa Fe*

Mg. Claudia Dania – claudiadania@gmail.com

Resumen

El futuro profesional de ingenieros en sistemas de información tiene como principal objetivo resolver problemas complejos recopilando datos y de manera sistémica generar información relevante, implicando en ello el desarrollo de un pensamiento sistémico, integral, creativo, formal y ético (entre otros).

Aprender la ingeniería en su concepto más amplio y trabajar con datos, implica mucho más que adquirir conceptos y desarrollar habilidades propias de cada materia que integran la formación académica.

La carrera, en su conjunto, prepara a los estudiantes para dicho objetivo, quienes lo interpretan en los años superiores. Pero, se detecta la dificultad, por parte de ellos, de comprender tal visión general de esta formación, en el primer año de cursado, llevando a algunos al abandono de la carrera por considerar que no era lo que esperaban o por no comprender la importancia o necesidad de cada dictado.

En pos de una adecuada formación en el perfil ingenieril de sistemas de información, y con el objetivo de que los estudiantes puedan superar los obstáculos cognitivos comprendiendo la formación integral que representan todas (o la mayoría) de las materias que está cursando, se propone innovar en la didáctica educativa, trabajando en forma conjunta “intercátedras”, un proyecto común articulado en el contexto didáctico de cada cátedra involucrada, basado en aprendizaje por proyecto.

Palabras claves: Formación Ingenieril; Innovación didáctica; Aprendizaje Basado en Proyectos.

Introducción

En el presente trabajo se presentan los fundamentos de la innovación didáctica respaldada en el aprendizaje por proyectos, con base en la estructuración integral de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) y la salida laboral del futuro ingeniero.

Desde el método del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP o PBL, Project-based learning) se analiza que es lo que realmente hará competentes a los estudiantes en un aprendizaje significativo integral, considerando que este método es más práctico e interactivo si se lo compara con el concepto de procesar información recibida sin poder vincularla o bien sin saber cómo utilizar tales conocimientos incorporados en una materia, como recurso para otra actividad.

El ABP es una metodología de enseñanza-aprendizaje, centrada en el estudiante, fundamentado en la utilización de proyectos auténticos y realistas, basados en una cuestión, tarea o problema altamente motivador, relacionado directamente al contexto de la profesión, donde ellos desarrollan competencias desde un enfoque colaborativo en busca de soluciones.

Esta metodología no solo se aplica a nivel educativo, a nivel profesional se oye decir que las empresas cada vez más trabajan por proyectos.

El trabajo por proyectos se instala como tendencia dentro del mercado laboral, lo cual favorece a que aparezcan nuevos perfiles profesionales junto a las nuevas formas de trabajo. Forma que implica que el trabajador-profesional, por un lado asuma una gran responsabilidad de su trabajo, pero por otra lleva consigo una mayor libertad y flexibilidad laboral.

Si se piensa el concepto de cómo alcanzar el éxito trabajando por proyectos, hay una serie de requisitos imprescindibles. Uno de los principales requisitos es saber planificar las tareas a realizar para poder cumplir con los plazos. Otros, también necesarios, son la motivación y la orientación al resultado.

Intentando relacionar el accionar profesional en empresas con la capacitación en la universidad, se reflexiona sobre como se introduce el cambio y porque: Si el trabajo en una empresa se lo piensa como departamentos estancos, el lenguaje que se usa en cada departamento y hasta la forma de pensar quizás sean muy parecidas, pero ante un mismo caso a resolver, los puntos de vista y enfoques estarían sesgados por la

“deformación” profesional de cada departamento, planteando quizás: “¿Qué solución será mejor en caso de tener que elegir?” ó “¿Si se aplicarán soluciones por separado?”.

En cambio, si el mismo caso se lo trabaja desde distintos puntos de vista, al tener una visión de proyecto, al desarrollar habilidades de comunicación y negociación, al aprender nuevas formas de razonar y solucionar el problema, se colabora entre los diferentes departamentos, tanto en el crecimiento profesional como en los logros empresariales.

Si este mismo concepto laboral se lo proyecta en un primer año académico de ISI, donde el estudiante en lugar de visualizar que debe cursar cada materia como cátedras estancas, las comprende relacionadas entre ellas mediante un ABP, lo posicionaría en una visión integral de cursado, con una mayor responsabilidad individual en relación al objetivo por alcanzar, orientado al resultado de calificaciones académicas no solo por aprobar sino por lograr comprender la importancia que cada materia tiene en su perfil profesional.

Si se lo observa desde la motivación, se conoce que la misma es la responsable de fomentar y afianzar en el estudiante ciertos hábitos o conductas; en este caso la autonomía, la actitud y la motivación son esenciales, porque sin motivación no hay aprendizaje y porque la actitud apoya dicha motivación.

Esta forma de ver la semejanza entre trabajo y educación, es totalmente factible, no solo por las coincidencias antes detalladas sino también por considerar que toda actividad por proyecto implica temporalidad (inicio – fin), al igual que un cursado.

La pregunta que surgió ante la comparación establecida, fue si en las universidades ¿se prepara a nuestros estudiantes desde el primer año, para esta forma de pensar y actuar profesionalmente en las empresas?

La propuesta de desarrollar un proyecto intercátedras, propone que el estudiante aplique y relacione los contenidos de las cátedras que está cursando en un mismo nivel académico, lo cual supone un cambio de paradigma a incorporar (no a reemplazar), por parte de las cátedras, dentro de sus didácticas actuales.

Tal necesidad de incorporar el paradigma al proceso de enseñanza-aprendizaje, radica en “un aprendizaje con sentido” en lugar de un desarrollo sin saber el por qué y para qué o su necesidad en la vida profesional de forma aislada.

Se trata de que todos los contenidos como conceptos de saber de cada materia, se puedan asimilar y relacionar desde el cómo, cuándo y por qué aplicar tales conocimientos y habilidades.

El nuevo paradigma da el protagonismo al estudiante, trabajando desde su participación activa y reflexiva, valorando e integrando los diferentes saberes para los

alcances del proyecto, que lo conducirán a incorporar las mejores competencias profesionales.

Mucho se ha hablado sobre las ventajas y beneficios de ABP, algunos de los beneficios reportados sobre esta metodología de aprendizaje incluyen los siguientes conceptos:

- Los alumnos desarrollan habilidades y competencias tales como colaboración, planteamiento de proyectos, comunicación, toma de decisiones y manejo del tiempo (Blank, 1997 [3]; Dickinson et al, 1998 [7]).
- Se aumenta la motivación. Se registra un aumento en la asistencia, mayor participación en clase y mejor disposición para realizar las tareas (Bottoms & Webb, 1998 [4]; Moursund, Bielefeldt, & Underwood, 1997 [13]).
- Mejora la satisfacción con el aprendizaje y prepara mejor a los estudiantes para afrontar situaciones reales que se encontrarán en su futuro laboral.
- Mediante los proyectos, los estudiantes hacen uso de habilidades mentales de orden superior en lugar de memorizar datos en contextos aislados, sin conexión. Se hace énfasis en cuándo y dónde se pueden utilizar en el mundo real (Blank, 1997 [3]; Bottoms & Webb, 1998 [4]; Reyes, 1998 [15]).
- El aprendizaje colaborativo permite a los estudiantes compartir ideas entre ellos, expresar sus propias opiniones y negociar soluciones, habilidades todas necesarias en los futuros puestos de trabajo (Bryson, 1994 [5]; Maldonado, 2008 [9]; Reyes, 1998 [15]).
- Acrecentar las fortalezas individuales de aprendizaje y de sus diferentes enfoques y estilos (Thomas, 1998 [16]).

Posicionamiento Profesional en el aula

En el mundo globalizado, la construcción de verdaderas “sociedades del conocimiento” (Bindé, 2005 [2]) plantea nuevos retos y exige creativas propuestas de formación.

Coincidimos con el autor en que “las sociedades del aprendizaje no podrán prescindir de una reflexión sobre la índole de las distintas formas de conocimientos que distinga los conocimientos descriptivos (hechos e informaciones), los conocimientos en materia de procedimientos (referentes al “cómo”), los conocimientos explicativos (destinados a responder al “por qué”) y los conocimientos relativos a los comportamientos”. Y en este contexto, cabe además la reflexión acerca de cómo lograr que la sociedad del conocimiento que propiciemos conformar, desde la educación en general y desde cada

disciplina aportando al todo en particular, sea verdaderamente inclusiva, productiva y transformadora, superadora de diferencias individuales y de obstáculos cognitivos, en pos de un desarrollo humano socialmente sustentable, desde la doble perspectiva individual y colectiva.

Es claro, por otra parte, que el pasaje de una sociedad cubierta de información a una verdadera sociedad del conocimiento requiere, entre otros, de profesionales socialmente comprometidos, con capacidad para trabajar en equipo, para promover y adaptarse a los cambios, que sepan reflexionar, capaces de interactuar comunicándose de diferentes formas de manera efectiva y eficiente.

Se trata de aprendizajes complejos que requieren indudablemente del desarrollo de estrategias didácticas acordes (Monereo, 1994 [12]).

De ahí la importancia de pensar en modelos y enfoques didácticos que contemplen los procesos de aprendizaje complejos a desarrollar, en la variedad de lenguajes y códigos a dominar y aprovechar creativamente, para una emancipadora producción de conocimientos (Marchisio Roggiano y Ortega Carrillo, 2007 [11]).

En la educación en general, abundan los mensajes transmitidos a través del texto impreso o la exposición oral del docente y la resolución de problemas específicos para cada materia. Sin embargo, pese a todos esos contenidos, a los estudiantes se les hace dificultoso relacionarlos para un objetivo común.

Gran parte de esa dificultad reside en la escasa formación previa de los estudiantes para organizar, construir, diferenciar y agrupar conceptos que conocen por separado y deben vincularlos para dar solución a problemas complejos.

Por tal motivo y en pos de una adecuada formación desde primer año ISI, y con el objetivo de colaborar eficazmente a que los estudiantes puedan superar los obstáculos cognitivos señalados, se propone el desarrollo de un proyecto intercátedras, en el contexto didáctico de las cátedras involucradas, basado en el aprendizaje por proyecto.

El ABP se caracteriza en que profesores y estudiantes realicen un trabajo en grupo sobre temas reales, donde los objetivos más representativos relacionados a los estudiantes, establecen:

1. Formar personas capaces de interpretar los fenómenos y acontecimientos que ocurren a su alrededor.
2. Desarrollar motivación hacia la búsqueda y producción de conocimientos, a través de experiencias de aprendizaje atractivas que involucran a los estudiantes en proyectos complejos del mundo real donde desarrollan habilidades y conocimientos.

3. Los proyectos tienen objetivos claros, enfocados a lo que los estudiantes deben saber como resultado de los aprendizajes.
4. Existe un objetivo triple: que los alumnos construyan sus propios conocimientos, desarrollen competencias y trabajen de forma colaborativa.

Antecedentes

En el marco de la planificación de cátedra de Algoritmos y Estructuras de Datos (AyED), desde el año 2014, se ha incorporado la metodología de tres (3) trabajos prácticos grupales durante el año, donde se trabajan los conceptos propios de la cátedra y se incorporan actividades relativas al perfil profesional, citando como ejemplos desde códigos de barras y códigos QR hasta juegos didácticos de ingenio, uso de memoria RAM combinada con memoria auxiliar, desde datos simples a datos estructurados, llegando a fin del cursado con un trabajo práctico que configura parte de un sistema real.

La experiencia durante los cuatro (4) años de aplicación, permitió establecer que la temática ha favorecido a la no deserción. El estudiante asiste a la mayoría de las clases por la forma de involucrarse en las diferentes actividades que lo acercan a la profesión, y se ha mejorado el índice de aprobación.

Si esta misma experiencia se le transmite al estudiante desde varias cátedras con una mirada integradora, su visión general y del porque del cursado de cada materia en particular, lo posicionaría en un mejor y mayor conocimiento de la carrera, motivado a cursar las materias con un enfoque de aplicación profesional.

Para el desarrollo del proyecto, se revisan antecedentes relativos a los procesos de ABP en ambientes universitarios con estudios de casos [14], en particular. En forma general, en el recorrido bibliográfico sobre experiencias e investigaciones previas, se buscó identificar condiciones, principales aportes e inconvenientes a los fines de aportar a la construcción de la propuesta educativa, que fundamenten el diseño y desarrollo que se desea aplicar.

Se pueden observar los avances en la temática ABP en otros perfiles profesionales, y en años académicos superiores. No se han encontrado antecedentes de trabajos por proyectos intercátedras en primer año ISI, constituyéndose este trabajo en un primer aporte a la formación del perfil con una oportunidad capaz de asistir a los más de 600 alumnos, en procesos de ABP y en una innovación didáctica para el equipo de docentes responsables de la formación en primer año.

Propuesta Didáctica

Desde la cátedra de AyED, se presentó al Departamento de la carrera ISI, el desarrollo de un Trabajo Práctico Integrador (TPI), como prueba piloto de vinculación horizontal, fundamentado en ABP.

Se consideró como hipótesis que al trabajar todas (o la mayoría) de las materias-cátedras de un mismo nivel, bajo un mismo concepto referencial, permitiría a los estudiantes visualizar su ciclo académico como un todo relacionado y focalizado en su futuro perfil profesional, evitando que considere a las materias como capacitaciones aisladas que solo debe cursarlas para titularse.

Ante la aceptación de la propuesta y dado que el trabajo por proyectos implica una muy buena planificación inicial, antes de hacer pública la actividad al estudiantado, se requirió de un trabajo de integración de las cátedras, estableciendo:

- ✓ objetivos (generales y particulares del proyecto),
- ✓ características de la metodología que se debería adoptar,
- ✓ objetivos propios de cada materia,
- ✓ metodología de desarrollo y aplicación por materia,
- ✓ plazos en orden cronológico,
- ✓ resultado final.

Objetivo

A partir de los objetivos del modelo y en el marco de las didácticas actuales de las cátedras de primer año ISI, donde todas conllevan el aprendizaje hacia la ingeniería en general y a los sistemas de información en particular, se considera que innovar en una didáctica integradora mediante el desarrollo de un TPI, fundamentada en un ABP desde el enfoque de estrategia de aprendizaje, puede constituirse en un medio idóneo para facilitar el aprendizaje significativo de cada materia aplicado al perfil profesional.

Objetivos particulares del proyecto

- Integrar las cátedras de primer año ISI de forma horizontal, reforzando la visión de conjunto de los saberes.
- Integrar profesores de distintas cátedras y estudiantes, compartiendo conceptos bajo distintos perfiles académicos.
- Insertar al estudiante en su perfil profesional desde primer año de la carrera.
- Familiarizar al estudiante en el concepto del trabajo interdisciplinar.
- Organizar actividades en torno a un fin común.

- Fomentar la creatividad, la responsabilidad individual, el trabajo colaborativo, la capacidad crítica, la toma de decisiones, la eficiencia y la facilidad de poder expresar opiniones personales.
- Experimentar las formas de interactuar con el mundo real.
- Combinar positivamente el aprendizaje de contenidos propios de una materia y el desarrollo de destrezas al combinarlos con otras.
- Desarrollar habilidades sociales relacionadas con el trabajo en grupo y la negociación, planeación, conducción, desarrollo y evaluación de logros.
- Construir competencias propias del siglo XXI.
- Relevante, desarrollar, diseñar, programar e implementar un sistema de la vida real, acorde a los conocimientos de un primer año académico.

Características

Ante el cambio de paradigma, que se incorpora a las cátedras, sin sustituir sus actividades establecidas por planificación, se requirió de un trabajo en equipo en primera instancia entre los jefes de cátedra para definir la posibilidad – o no – de formar parte del proyecto. Situación que permitió hacer un análisis de gran relevancia entre las materias propias del perfil profesional y las materias del Departamento de Básicas, dando como resultado una excelente vinculación y comprensión de la problemática orientada al perfil del estudiantado.

De dichos encuentros, surge y se redacta la metodología de participación de las diferentes cátedras, basadas en:

- Aceptar formar parte del proyecto de integración intercátedras.
- El tema del TPI, será elegido de común acuerdo entre las cátedras intervinientes.
- Cada cátedra, establecerá sus objetivos específicos en relación al objetivo general.
- Se pactarán los plazos en cada cátedra con un orden lógico de avance del proyecto.
- Cada cátedra otorgará una calificación que sume a la condición de aprobación para su materia, según lo establecido en planificaciones existentes.
- El proyecto será único para todas las cátedras en un ciclo lectivo de cursado.
- Finalizada la etapa de cada cátedra, la misma solicitará la exposición de los resultados logrados.
- Finalizado el proyecto, se expondrán los logros generales entre todas las cátedras.

Acordada la reglamentación entre las cátedras, las cuales fueron notificadas a todos los docentes intervinientes, se establecieron las condiciones y

metodologías que debían desarrollar los estudiantes. A saber:

- Trabajarán en grupos, no más de 4 integrantes.
- No necesariamente el mismo grupo se deberá repetir en todas las materias.
- No es obligatorio que desarrollen el TPI en todas las materias (casos de estudiantes recursantes por tener alguna de las materias involucradas ya aprobada).
- Cada estudiante será calificado en las materias que esté cursando como inscripto.
- Quien decida no hacer el TPI en alguna materia, tendrá ausencia de nota solo en ella.
- Aprobar el TPI en una materia, no implica aprobación para el resto de las materias.

Al finalizar esta primera etapa, quedó definido que participarían de la primera prueba piloto las siguientes cátedras:

- ✓ Por el perfil profesional: Algoritmos y Estructuras de Datos, Sistemas y Organizaciones y Arquitectura de las Computadoras.
- ✓ Por ciencias básicas: Física e Ingeniería y Sociedad.

Dando un total de cinco (5) materias involucradas sobre las ocho (8) materias de primer año. Cabe aclarar que al referirnos a materias es sinónimo de cátedras, porque se aplicarán a todas las comisiones de primer año.

Las reuniones sucesivas, se focalizaron en comprender los contenidos propios de cada materia, para definir los objetivos específicos que se solicitarían.

Objetivos específicos por materia:

Sistemas y Organizaciones (SyO)

- Releva la información necesaria de una de las actividades seleccionada del Proceso de Negocio (PN) en una empresa real.
- Se evaluará:
 - Dominio de uso de técnicas de relevamiento.
 - Dominio del uso de la herramienta de Diccionario de Datos. Según notación conceptual adaptada de la Forma Backus - Naur (BNF)

Arquitectura de los ordenadores

- Releva el hardware y software existente en una empresa real.
- Selecciona el hardware y software necesario para llevar adelante la propuesta del TP.
- Se evaluará:

- Conocimiento sobre el estado del arte del hardware
- Conocimiento sobre el estado del arte del software
- Pertinencia en la elección del hardware requerido
- Pertinencia en la elección del software requerido

Algoritmos y Estructuras de Datos (AyED)

- Diagramar y programar el sistema propuesto en el TPI
- Se evaluará:
 - Dominar diagramación y programación estructurada (top Dow)
 - Dominar ingreso de datos, proceso, generación de información
 - Dominar tipo de datos simples y estructurados, arreglos y archivos
 - Programar un sistema para PC ejecutado bajo Windows utilizando software libre

Ingeniería y Sociedad (IyS)

- Analizar el impacto social de incorporar nuevas tecnologías según las características y los requerimientos de una empresa real.
- Analizar el reciclado o descarte de componentes de hardware
- Se evaluará:
 - Participación de la ingeniería en la sociedad
 - Responsabilidad social de la profesión
 - Reciclado de componentes. Ecología. Contaminación.
 - Situación laboral ante la incorporación de software que reemplace la actividad del hombre.

Física

- Analizar sobre cada trabajo, las diferentes fórmulas-temas que se puedan aplicar desde los fenómenos naturales hasta los principios básicos de los sistemas de comunicación.
- Se evaluará:
 - La aplicación de las fórmulas apropiadas
 - Las mejoras que se puedan aplicar con apoyo de la física

Metodología

Ante los lineamientos generales y particulares del proyecto, y considerando que todas las cátedras tienen

dictado anual, se estableció que el segundo cuatrimestre sería el período del ciclo lectivo en el que los estudiantes desarrollen el TPI.

Para el desarrollo práctico del proyecto intercátedras, fue necesario definir los pasos a seguir por todos para llegar al fin del cursado con logros, lo cual quedó reflejado en las siguientes acciones, no necesariamente en orden consecutivo:

- Elegir el tema a trabajar, enunciando los objetivos educativos que se pretenden en general y en particular en cada cátedra.
- Plantear la situación concreta, traduciéndola en enunciados de cada cátedra relacionados entre sí.
- Fijar metas claras y adecuadas a los conocimientos de cada cátedra.
- Desarrollar la secuencia de actividades según su relación y dependencia.
- Establecer los recursos de articulación pedagógicos y comunicacionales.
- Diseñar las actividades de evaluación y los modos de seguimiento y orientación de los aprendizajes.

Como primera propuesta intercátedras, se acordó en trabajar sobre Gimnasios.

El tema se definió como favorable, dado que todo estudiante tiene acceso a un gimnasio, pudiendo acceder al más cercano o conocido, para realizar desde relevamiento real hasta análisis personal de mejoras e implementaciones, obtener información desde lo social hasta el hardware y el software existente. Se puede ampliar a concepto de ecología por residuos tecnológicos hasta colaborar con fórmulas de física para orientar a los asistentes del gimnasio, e incluir fórmulas nutricionales.

El espectro es totalmente amplio y permite, a cada cátedra, trabajar y aplicar su marco teórico-práctico, sobre un caso (empresa) real.

Con el tema elegido, comprendiendo que los objetivos eran aplicables, se avanzó en la metodología pudiendo establecer fechas de avance en relación a las actividades que cada cátedra solicitase, de forma tal que se cumpla con un diseño cronológico similar al utilizado en el ámbito laboral profesional.

De esta forma, el cronograma quedó establecido tal como se refleja en la tabla 1.

Tabla 1 – Cronograma por cátedras

Cátedras	meses				
	Jul.	Agos.	Sept.	Octu.	Nov.
SyO	x	x			
Física		x	x	x	
AyED			x	x	x
IyS			x		
Arquitectura			x	x	

SyO: inicia con el relevamiento presencial en un gimnasio, a partir de julio. Avanzando con los requerimientos de dicha cátedra hasta fines de agosto.

Física: inicia sus actividades en agosto para determinar las fórmulas que cada gimnasio requiera, según esté orientado a físico-culturistas, nutrición, etc.

Arquitectura de los Ordenadores e IyS: inician una vez finalizado el relevamiento en septiembre, para determinar las condiciones de la infraestructura de hardware, en relación a determinar si es necesario realizar cambios, descartes, reciclado, incorporación de nuevas tecnologías, afectación al personal, reemplazo de actividades manuales, entre otras.

AyED: a partir del mes de septiembre, se basa en el relevamiento (con los datos recabados de las encuestas y con la información deseada o esperada por el gimnasio sobre lo que el nuevo sistema les debería ofrecer) para incluir tales necesidades al diseño y programación de un sistema de gimnasios real, acotado a la capacitación correspondiente al primer año académico.

A partir de dicho cronograma, fue necesario definir lo que cada cátedra solicitaría como actividad a desarrollar por el alumnado, con el fin de normalizar y acotar el TPI.

SyO, solicitará

- Relevar un Gimnasio considerando: proceso de inscripción de clientes, registro de asistencia, cobranzas, rutinas, clases, aparatos, docentes.
- Mediante las técnicas de Relevamiento, describir el Proceso de Negocio seleccionado:
 - Confeccionar la minuta del relevamiento (Narrativa del Proceso de Negocio).
 - Identificar las entidades y tipos de documentación utilizada en el proceso.
 - Describir información relacionada a la documentación y diccionario de datos.

Arquitectura de los ordenadores, solicitará

- Informe detallado sobre el hardware y software existente en el gimnasio).
- Informe detallado sobre el hardware y software necesario para la implementación de un nuevo software, con tabla comparativa de distintas opciones, pudiendo incorporar costos actualizados quien lo desee.
- Informe de conclusiones resultantes sobre los análisis anteriores

IyS, solicitará

- Informe sobre descarte de hardware, para análisis de reciclado.

- Informe sobre sustitución de personal, en caso de aplicar un sistema de gimnasio que involucre despidos o disminución de carga horaria.
- Informe del impacto de incorporar nuevas tecnologías tanto en infraestructura como en lo social.

Física, solicitará

- Detalles del relevamiento para la aplicación correcta de fórmulas en las líneas de código del software a desarrollar.

AyED, solicitará

- Diagramar y programar un sistema de gimnasio para gestionar las propuestas deportivas que se ofrecen. Mediante archivos relacionados, se trabajará sobre: clases, aparatos y rutinas, docentes, horarios, clientes, cobranzas, ingresos periódicos.
- Se aplicará todo lo sugerido por las cátedras involucradas previamente.

Resultados

Según Ausubel et al (1991) [1], aprender significativamente es un proceso activo que supone modificar los propios esquemas de conocimiento, reestructurar, revisar, ampliar y enriquecer las estructuras cognitivas.

Para ello es fundamental el esfuerzo cognitivo, donde el estudiante a partir de sus capacidades y conocimientos previos, su nivel evolutivo, su interés, logre aprendizajes significativos y transferibles a otras situaciones, mediante una continua actividad mental en consonancia con la naturaleza de los aprendizajes que se pretenden, desarrollando las capacidades y las estructuras mentales mediante el ejercicio de actividades cognitivas del tipo: comprender, comparar, relacionar, analizar, sintetizar, imaginar, resolver problemas, crear, experimentar, explorar, reflexionar.

Al respecto, la resolución de problemas en el aula es una habilidad mediante la cual el estudiante externaliza el proceso constructivo de aprender, convierte en acciones los conceptos, las proposiciones o los ejemplos, a través fundamentalmente, de las interacciones con el profesor y los materiales instruccionales (Costa y Moreira, 2001 [6]).

Por otra parte, si bien estos procesos cognitivos son intrínsecamente individuales, es altamente positivo que las actividades que los promueven sean llevadas a cabo colaborativamente.

Sobre este aspecto, y en un marco de condicionantes institucionales, tecnológicos, sociales, curriculares, es el docente en su rol de creador de situaciones en un

ambiente de aprendizajes (Marchisio, 2003 [10]), quien ha de intervenir, diseñar, poner a disposición, combinar materiales, actividades y estrategias, orientando y dinamizando los procesos comunicativo – didácticos requeridos.

En este contexto, y relacionando a lo que Vygotsky (1977) [17] concibió como zona de desarrollo próximo y con ella, al andamiaje, se entiende la importancia de la participación del docente con la aplicación del proyecto, como una situación de interacción educativa.

Cabe destacar que en un contexto delineado por las necesidades de formación que impone la sociedad del conocimiento, resulta necesario incorporar estrategias que atiendan no sólo a la singularidad desde la relación profesor–estudiante, sino también contemplando la riqueza de los aprendizajes entre pares en un contexto de verdadera interactividad educativa, donde las diferencias individuales de los estudiantes en lo relativo a la percepción y el procesamiento, representan una parte fundamental a la hora de procesar información.

Desde la perspectiva de este proyecto, resulta relevante si lo que se persigue es la mejora de los aprendizajes en el contexto curricular, por tal motivo se ha realizado un recorrido sobre las diferentes teorías de estilos de aprendizajes, entre las cuales se consideró el análisis realizado por Kolb.

Kolb [8], identificó dos dimensiones principales del aprendizaje: la percepción y el procesamiento. Considera que el aprendizaje es el resultado de la forma en que las personas perciben y luego procesan lo que han percibido.

Según este modelo un aprendizaje óptimo es el resultado de trabajar la información en cuatro fases, según la denominada “rueda del aprendizaje de Kolb”. (ver figura 2).



Figura 2. Kolb, Estilos de aprendizajes

En el marco de este modelo, Kolb describe dos tipos opuestos de percepción:

- las personas que perciben a través de la experiencia concreta, y
- las personas que perciben a través de la conceptualización abstracta.

A medida que iba explorando las diferencias en el procesamiento, Kolb también encontró ejemplos de ambos extremos:

- algunas personas procesan a través de la experimentación activa (la puesta en práctica de las implicaciones de los conceptos en situaciones nuevas),
- mientras que otras a través de la observación reflexiva.

La yuxtaposición de las dos formas de percibir y las dos formas de procesar es lo que llevó a Kolb a describir un modelo de cuatro cuadrantes para explicar los estilos de aprendizaje, según el estudiante pueda:

- involucrarse enteramente y sin prejuicios a las situaciones que se le presenten,
- lograr reflexionar acerca de esas experiencias y percibir las desde varias aproximaciones,
- generar conceptos e integrar sus observaciones en teorías lógicamente sólidas,
- ser capaz de utilizar esas teorías para tomar decisiones y solucionar problemas.

Sobre estas capacidades: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa, se basa el proyecto intercátedras para su fundamentación teórica de aplicación práctica.

Finalizado el ciclo lectivo, y bajo la reflexión de todas las cátedras involucradas en la primera propuesta de vinculación horizontal, se ha podido determinar que el TPI ha superado las expectativas.

El análisis observacional que se hizo, destacó:

- ✓ Desde la vinculación entre profesores: todos se han involucrado en las necesidades de cada cátedra dando un aporte desde la suya en particular.
- ✓ Desde el aprendizaje individual: el estudiante, logró alcanzar la visión de un futuro ingeniero en sistemas de información.
- ✓ Desde el aprendizaje grupal: los grupos lograron llevar adelante en tiempo y forma lo solicitado, generando un vínculo de superación hacia el objetivo de cada materia.
- ✓ Desde la perspectiva de continuidad: al formar parte de grupos de trabajo, el estudiante que tenía dudas sobre continuar o no con los estudios, avanzó en compañía de su equipo.
- ✓ Desde la relación docente-estudiante: se detectó un cambio favorecedor sobre la forma de relacionarse, expresarse y compartir las experiencias al momento de relevar una empresa real.
- ✓ Desde la relación estudiante-estudiante: se detectó un cambio motivador de actitud frente a una situación real, del cual forma parte.

Conclusiones e Implicancias Prácticas

Si bien como docentes sabemos que las posibilidades de obtener buenos resultados, al trabajar sobre ABP con el modelo de trabajo práctico intercátedras, dependerá del grado de novedad de los proyectos que se ejecuten, consideramos que lo más ventajoso es la experiencia de un trabajo real, observado y realizado para esa finalidad sobre el perfil profesional desde el primer año de cursado.

Conocidas las grandes dificultades que representan para los estudiantes, de primer año ISI, el aprendizaje de las ocho materias impartidas por la importancia que reviste cada una de ellas en lo formativo para su perfil profesional, este proyecto se planteó como el objetivo de vincularlas a todas ellas a través de una temática común, mediante el relevamiento, diseño, desarrollo e implementación de un sistema real - basado en requerimientos establecidos por empresas reales -, relativo a los conocimientos académicos incorporados hasta el momento.

Desde la indagación teórica y a través del trabajo experimental, con aportes de cada una de las cátedras involucradas, fue posible:

- Presentar como contenidos a investigar para el proyecto, aquellos conceptos que resultaban dificultosos de aprendizaje en cada cátedra (ejemplo: detectar que era dato y que era información, o que datos eran importantes y cuales debían ser descartados).
- Aportar a la elaboración de una metodología de trabajo superadora, que contemple dimensiones tecnológicas, comunicacionales, formativas y educativas.
- Buscar promover la construcción de aprendizajes significativos y contextualizados en la temática considerada, desde el punto de vista de la ingeniería y no solamente desde una materia.
- Valorar si el proyecto intercátedras elaborado atendiendo a las dificultades detalladas, se constituye en un recurso apto para promover la construcción de aprendizajes significativos en las cátedras de primer año ISI.

La puesta en marcha del proyecto promovió el ajuste y enriquecimiento de los objetivos inicialmente planteados, destacándose la necesidad de incorporar el estudio de variables que resultan de la indagación epistemológica, psicológica y curricular, involucrando dimensiones disciplinares, didácticas y cognitivas, en todas las cátedras involucradas.

De ello resultó la necesidad de considerar aspectos tales como:

- La vinculación personal (entre los docentes) para el desarrollo de la temática elegida, como así también

el análisis de los contenidos entre las cátedras involucradas (ejemplo el orden del dictado de temas vinculados).

- Las particulares necesidades-condiciones que impone la llamada “sociedad del conocimiento” a la educación universitaria en general, y a la formación en ISI en particular.
- La función mediadora de los docentes, ante las actividades desarrolladas en empresas reales.

Con referencia a la incorporación de un nuevo paradigma no sustitutivo de los actuales, y sin perder de vista el destinatario, los objetivos de aprendizaje y las dificultades que los estudiantes presentan al momento del cursado, se presentó la propuesta como un primer prototipo.

Para ello se focalizó en las fortalezas de cada materia que formarían el eje del proyecto intercátedras, atendiendo a criterios de necesidad, usabilidad e integración de datos en distintos formatos y del propio sistema con diferentes recursos didácticos. Desde esta perspectiva, en cada cátedra se analizaron las diferentes herramientas, con el objetivo de que el proyecto en su totalidad pueda visualizarse como un trabajo de ingeniería interdisciplinar con un resultado visible, puesto en ejecución dentro del ámbito académico.

En lo operativo, el análisis-diseño particular de cada cátedra, incluyó el establecimiento de las pautas principales sobre las cuales el estudiante debía focalizar su conocimiento y alcanzar los objetivos.

Ante el análisis integral del proyecto se priorizó en forma jerárquica según los tiempos de dictado, la tabla cronológica de avances, generando una pirámide de información con un orden lógico.

Desde la perspectiva del aprendizaje significativo, el diseño debió acompañar la secuenciación y diferenciación progresiva de conceptos, resultando en acuerdo con ello, la realización de cada actividad, en secuencia ascendente.

El desarrollo de estrategias comunicativas se trabajó en la integración de contenidos teóricos y prácticos, desde la óptica de la transposición didáctica y la comunicación mediada, tanto en las cátedras como en las consultas en forma general.

Para el diseño de evaluaciones, cada cátedra mantuvo las técnicas, didácticas y recursos ya establecidos en la planificación, incorporando el análisis de la visión integral académica-curricular sobre el proyecto.

Los docentes en general opinaron favorablemente sobre la potencialidad didáctica del recurso a los fines de los aprendizajes, realizando aportes significativos a tener en cuenta para el próximo ciclo lectivo. Al respecto se destaca la participación de todos los docentes de las materias vinculadas, quienes trabajaron en pos de un replanteo didáctico fundamentado en la vinculación

universidad-sociedad-empresas, considerando el aula como un ambiente flexible de integración curricular.

Los alumnos, fueron cumpliendo con cada cátedra en forma cronológica, presentando la documentación solicitada similar a un proceso de gestión ingenieril, finalizando con la presentación del sistema logrado, mediante una exposición pública – organizada por comisiones -, simulando una presentación real en una empresa. Situación que les permitió ver culminado su proyecto, trabajado desde la integración de las cátedras.

En breve síntesis, este primer intento de acercar a los alumnos a su futuro perfil profesional, desde el dictado de cada materia, con el simple objetivo de colaborar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, bajo la visualización de un todo relacionado y no de cursados aislados, dio resultados positivos.

Por tal motivo y en pro de la mejora continua, es que este primer proyecto intercátedras, que se inició a modo de prueba, se continua con el objetivo de lograr integrar las ocho materias de primer año de ISI, con adaptaciones para poder ser implementado en los próximos ciclos lectivos.

Se concluye que esta innovación didáctica de aplicar ABP integrada a las estrategias didácticas propias de cada cátedra, puede constituirse en un medio idóneo para facilitar el desarrollo de los procesos cognitivos complejos requeridos para un aprendizaje significativo, idiosincrásico, y compartido, en un primer año académico de ISI, pudiendo quizás aplicarse en los siguientes niveles de la carrera.

Referencias Bibliográficas

[1] Ausubel-Novak-Hennesian (1991) Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. Ed. Trillás. México.

[2] Bindé J. (2005) Hacia las sociedades del conocimiento: Informe Mundial de la UNESCO. París: Colección Obras de referencia de la UNESCO [en línea] http://publishing.unesco.org/details.aspx?Code_Livre=4412
Fecha consulta: 14/12/2011.

[3] Blank, W. (1997). Authentic instruction. In W.E. Blank & S. Harwell (Eds.), Promising practices for connecting high school to the real world (pp. 15–21). Tampa, FL: University of South Florida. (ERIC Document Reproduction Service No. ED407586)

[4] Bottoms, G., & Webb, L.D. (1998). Connecting the curriculum to “real life.” Breaking Ranks: Making it happen. Reston, VA: National Association of Secondary School Principals. (ERIC Document Reproduction Service No. ED434413) 5.

[5] Bryson, E. (1994). Will a project approach to learning provide children opportunities to do purposeful reading and writing, as well as provide opportunities for authentic learning

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

in other curriculum areas? Unpublished manuscript. (ERIC Document Reproduction Service No. ED392513)

[6] Costa, S. y Moreira, M. A. (2001). A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 18(3), 263-277.

[7] Dickinson, K.P., Soukamneuth, S., Yu, H.C., Kimball, M., D'Amico, R., Perry, R., et al. (1998). Providing educational services in the Summer Youth Employment and Training Program [Technical assistance guide]. Washington, DC: U.S. Department of Labor, Office of Policy & Research. (ERIC Document Reproduction Service No. ED420756)

[8] Kolb, D. (1970). Aprendizaje y solución de problemas. En Kolb, D. A; Rubin, I. M. & Mc Intyre, J. M. (Eds.), Psicología de las organizaciones: problemas contemporáneos (1ª edición en español, pp. 18-34). Prentice-Hall. Madrid.

[9] Maldonado Pérez, Marisabel. Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. Laurus, Vol. 14, Núm. 28, septiembre-noviembre, 2008, pp. 158-180 Universidad Pedagógica Experimental Libertador Venezuela. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111716009>

[10] Marchisio, S. (2003) Tecnología, educación y “nuevos ambientes de aprendizaje”. Una revisión del campo y derivaciones para la capacitación docente RUEDA, 5, 10-19

[11] Marchisio, S. y Ortega Carrillo (2007). Nuevas tecnologías para la educación en la era digital. ISBN 978-978-8436-82-9

[12] Monereo, C. (1994) Estrategias de enseñanza y de aprendizaje. Edit Grao. España.

[13] Moursund, D., Bielefeldt, T., & Underwood, S. (1997). Foundations for The Road Ahead: Project-based learning and information technologies. Washington, DC: National Foundation for the Improvement of Education.

[14] Referencia de casos
<https://es.slideshare.net/algavis50/aprendizaje-en-ingeniera-basado-en-proyectos-algunos-casos-presentation>

[15] Reyes, R. (1998). Native perspective on the school reform movement: A hot topics paper. Portland, OR: Northwest Regional Educational Laboratory, Comprehensive Center Region X. Retrieved July 10, 2002, from <http://www.nwrac.org/pub/hot/native.html>

[16] Thomas, J.W. (1998). *Project based learning overview*. Novato, CA: Buck Institute for Education. Retrieved July 10, 2002, from <http://www.bie.org/pbl/overview/index.html>

[17] Vygotsky, L. (1977) Pensamiento y Lenguaje, Ediciones Fausto, Buenos Aires.

Aplicación del método de coaching y su evaluación, en el seguimiento de los proyectos de la Cátedra Proyecto Fin de Carrera

*Roberto Eribe; Jorge Eterovic, Mariano Bucher, Silvana Ardanaz, Juan Martin Hernández
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de la Matanza*

Abstract.

La asignatura proyecto fin de carrera, última materia de las carreras de ingeniería en sistemas de información e ingeniería informática, en las Facultades de Ingeniería de las Universidades Nacionales de la República Argentina, tiene como objetivo fundamental completar la formación académica y profesional de los futuros ingenieros.

En este trabajo se describen las acciones abordadas por los docentes de la cátedra desde el año 2012 con el propósito de que los alumnos en condiciones de cursar logren integrar y utilizar los conocimientos adquiridos durante sus años de estudio en el desarrollo de un producto de software.

El objetivo principal de este estudio se basó en la necesidad de incrementar la calidad de ese producto de software, desde el punto de vista de su creatividad e innovación, como así también desarrollar un modelo de gestión de la materia tal que los alumnos terminen su proyecto en tiempo y forma. A fin de llevar adelante este último objetivo se optó por incorporar técnicas de coaching para el seguimiento de los proyectos. A tales efectos se armaron grupos de docentes los cuales conducirán dos o tres proyectos como máximo. A fin de medir el impacto de esta metodología sobre el resultado final de los proyectos se elaboró una encuesta anónima para los alumnos. En esta presentación se hace referencia a las métricas obtenidas a lo largo de los años con la utilización de las técnicas de coaching para realizar el seguimiento de los proyectos, y la evaluación del plantel docente, piedra angular del éxito para el cumplimiento de los objetivos buscados.

Los resultados han sido excelentes, y permitió desarrollar un modelo de gestión de cátedra, que en función de los buenos resultados obtenidos produjo una alta motivación en los alumnos y en los docentes para continuar con esta investigación.

Palabras Clave.

Proyecto Fin de Carrera. Metodología. Gestión de calidad. Gestión de proyecto. Coaching.

Introducción.

La Universidad debe formar ingenieros con capacidad creativa, actitud crítica y disposición a la actualización permanente, así como con una formación teórica y práctica.

La formación recibida en los últimos años de estudio debe asegurar que el futuro ingeniero se adapte a la diversidad de situaciones que se presenten en su desempeño profesional.

Esta materia, Proyecto Fin de Carrera, aglutinante y convergente de conocimientos, debe integrar los conceptos adquiridos a lo largo de la carrera, respecto del proceso de desarrollo de software, a saber: análisis, diseño, proyecto de ingeniería, metodologías, responsabilidad legal y ética profesional, planificación, estudios de factibilidad, cálculo del retorno de la inversión, optimización, innovación y prospectiva tecnológica, el diseño por evolución, confiabilidad y falla, ensayo y evaluación, mantenibilidad, calidad del producto y del proceso y la correspondiente documentación [1]. [2]., para completar su formación el futuro ingeniero deberá, mediante la investigación personal de aspectos teórico prácticos actuales, en lo referente al gerenciamiento de proyectos informáticos y su traslado a la práctica mediante el desarrollo e implementación de un proyecto informático de envergadura, adecuado en tiempo y forma.

El acelerado avance de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs) y los consecuentes requerimientos de un cada vez más alto grado de especialización por parte de las empresas, hace que el dominio de la aplicación sea un recurso

indispensable para asumir los cambios y participar en la creación de nuevos conocimientos [3].

El objetivo general será completar la formación académica y profesional de los alumnos, posibilitando la integración y utilización de los conocimientos adquiridos durante sus años de estudio para la resolución de problemas de índole profesional y/o científico [4] y [5].

En los últimos años, en foros y congresos académicos se han expuesto con gran preocupación dos problemas que impactan fuertemente en esta materia. El primero, la falta de creatividad e innovación en los proyectos que proponen los alumnos, y el segundo que los equipos de desarrollo de los proyectos no logran finalizar el mismo en tiempo y forma. Desde el año 2010, en [6] [7] [8] y [9], un grupo de trabajo se ha abocado a detectar y analizar las causas de los retrasos en la realización del proyecto final de la carrera Analista en Computación. Ante lo expuesto, esta cátedra ha estado trabajando desde el año 2012 en esta problemática, con el fin de encontrar una estrategia para elaborar una gestión de calidad que permita ir mejorando año tras año los productos desarrollados y encontrar la mejor metodología de gestión de la materia a fin de conducir los proyectos con éxito. Entendiéndose por éxito, que los mismos sean desarrollados en los tiempos estimados y que se cumplan los requerimientos funcionales establecidos.

Planteadas estas dos problemáticas y después de varias reuniones de cátedra la solución a la que se llega por parte de los docentes tiene fundamentalmente tres estrategias.

La primera, en cuanto a evaluar la calidad de los proyectos, desde la visión de la creatividad e innovación, la solución que se ha adoptado a fin de poder medir la calidad de los trabajos más allá de la evaluación interna de la cátedra fue exigir que los mismos sean presentados en exposiciones y congresos nacionales e internacionales. Esta medida se aplicó desde el año 2012, obteniéndose en todos los años puestos de

relevancia en las presentaciones. Lo que nos permite inferir que estamos en el camino correcto.

En segundo lugar se adoptó, para el seguimiento de los proyectos por parte de los docentes, técnicas de la metodología de coaching.

En tercer lugar, y con el criterio de considerar que la piedra angular del éxito de los proyectos son los docentes, en función del acompañamiento que estos hacen a lo largo de la cursada, fue darles a los alumnos la posibilidad de expresarse respecto al equipo de profesores, en forma anónima, por medio de una encuesta al finalizar el ciclo lectivo, con el objetivo de conocer las fortalezas y debilidades de la cátedra.

Mariño y Herrmann [6] describieron la función principal del plantel docente, orientada al asesoramiento, seguimiento y tutorización en el diseño y desarrollo del plan de trabajo y las condiciones a cumplir por el alumno, para regularizar la asignatura.

Metodología de coaching.

El coaching se considera como metodología dado que se integran diferentes estrategias, donde el aprendizaje se genera de manera individual y en equipo, desde la propia reflexión de los hechos. Este está enfocado dentro de los modelos educativos constructivistas, si tomamos en cuenta que el Coaching se basa en la acción propia del educando y el autodescubrimiento [10].

Hoy en día la importancia de un Coaching, una idea esencial en la educación, donde el docente puede ser más un facilitador o coach que un tradicional docente en el proceso de enseñanza aprendizaje, el Coaching permitirá una mayor interacción entre el equipo docente y el alumnado, logrando optimizar un mayor desarrollo personal y profesional, haciendo de ellos un vaso comunicante con excelentes resultados.

Un coach no dice que hacer, no receta formulas ni soluciona problemas, solo hace preguntas, y mediante ellas el coach muestra el camino en el que el alumno se halla, y lo ayuda a descubrir las posibles opciones y direcciones que debe tomar. Es un método para mejorar el rendimiento de las personas [11].

La principal herramienta con la que cuenta el coach, (profesor), son las preguntas potenciadoras que permiten que el coachee, (alumno), descubra sus posibilidades y pueda llevar a cabo las acciones que le permitan lograr sus objetivos. El coach ayuda a sacar todo el potencial que la persona tiene y no sabe que lo tiene o no se anima a experimentarlo.

El coaching educativo tiene como objetivo mejorar y optimizar el desarrollo personal y profesional de los individuos involucrados en el proceso de aprendizaje.

El alumno es el protagonista principal de la historia, es el responsable de sus decisiones y el docente anima, escucha y lo motiva a la acción para alcanzar sus objetivos [12] y [13].

Elementos del trabajo y metodología de investigación.

Para llevar a cabo esta investigación se utilizó un proceso sistemático en el que se consideró el uso de técnicas simples y económicas, pero que permitieron obtener información confiable y relevante al trabajo.

En primer lugar, se incluyó exploración bibliográfica en soporte tradicional y en Internet para el estudio de teorías que permitan tener una visión actualizada del estado del conocimiento de los temas tratados en el ámbito de esta investigación.

De esta forma, se llegó a elaborar un cuestionario de 25 preguntas cerradas y de respuestas tipo múltiple choice.

Cabe destacar que esta encuesta abarca varios temas relacionados con la cátedra.

En esta exposición solo serán expuestos los resultados relacionados con la gestión de calidad de los docentes a partir de la aplicación por parte de estos del modelo de coaching en la conducción de los proyectos.

Con respecto a la muestra, se decidió hacer la encuesta sobre el total de la población, ya que las cohortes estudiadas en ningún caso superarían los 150 alumnos en promedio, con lo cual sería totalmente factible llevarla adelante. El porcentaje de respuestas a través de los años fueron entre un 60 y 70 por ciento de la población total.

La encuesta se realiza vía Internet, teniendo carácter anónimo. Después de realizar una investigación sobre los productos disponibles en la Web, se decidió utilizar Create Survey [14], aplicación de origen ruso, alojada en servidores residentes en EE. UU.

Este software nos permite crear la encuesta con sus respectivas preguntas y opciones de respuestas.

Luego se envía el formulario de la encuesta vía Web al correo electrónico de cada alumno. Este procede a completar el formulario y lo envía a través de Internet, incorporándose la respuesta a la base de datos de resultados, a la cual se puede acceder por medio de un login y contraseña para imprimirlos o hacer el análisis de los mismos.

A continuación, se procedió a la revisión, validación y organización del material recolectado para hacer el análisis y la generación de conclusiones.

Este proceso no fue puramente lineal, sino que se trabajó en forma iterativa incremental año tras año, a medida que surgieron nuevos temas o categorías de análisis.

Estos análisis se realizaron con una continua reflexión de la evolución de la problemática en estudio, a la luz del surgimiento de nuevos conceptos desde los datos examinados.

Indudablemente, la validez y confiabilidad de un estudio cuantitativo están definidas por la precisión y pertinencia de los resultados.

Al ser los datos de tipo cuantitativo, el reporte de los resultados se hizo mediante gráficos y descripciones del proceso completo y comparativo a lo largo de los años.

Principalmente se buscó credibilidad y utilidad de los resultados, basados en la coherencia y confiabilidad.

Resultados.

Como se mencionó en párrafos anteriores, se presentan en este trabajo de investigación los resultados obtenidos entre los años 2012 y 2017 en la cátedra de Proyecto fin de Carrera.

Solo se exponen las variables relacionadas con la gestión de calidad de la cátedra.

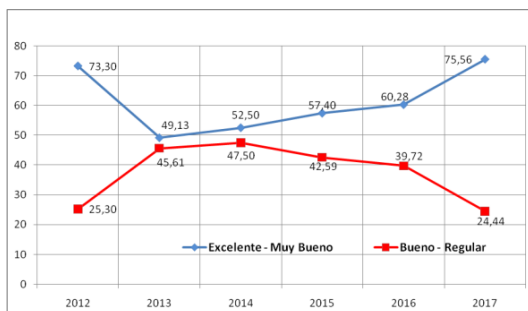


Figura 1. El nivel técnico de los docentes que lo acompañó a lo largo del año fue...? (en %). Fuente, alumnos de la Cátedra de Proyecto fin de Carrera.

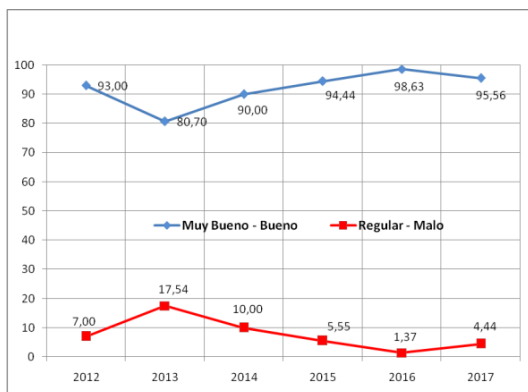


Figura 2. En líneas generales, como evalúa al equipo docente (en %). Fuente, alumnos de la Cátedra de Proyecto fin de Carrera.

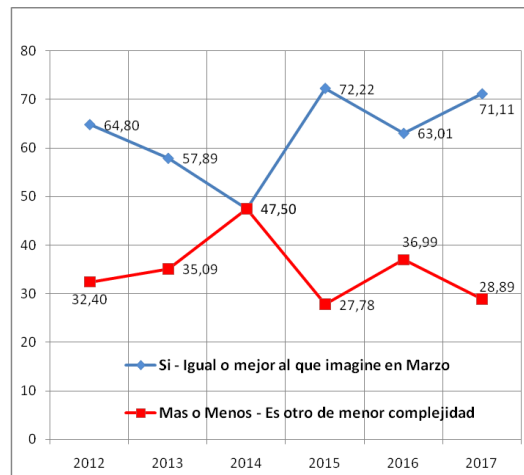


Figura 3. El proyecto realizado ¿es el que quería? (en %). Fuente, alumnos de la Cátedra de Proyecto fin de Carrera.

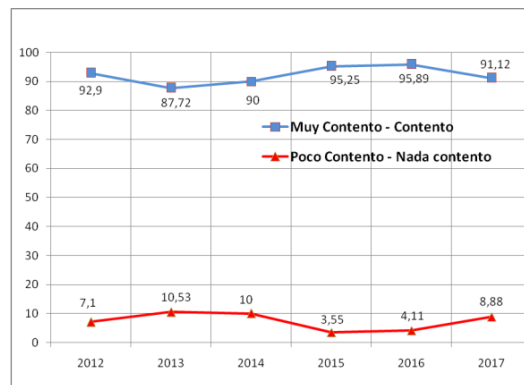


Figura 4. Está contento con el resultado final de su proyecto? (en %). Fuente, alumnos de la Cátedra de Proyecto fin de Carrera.

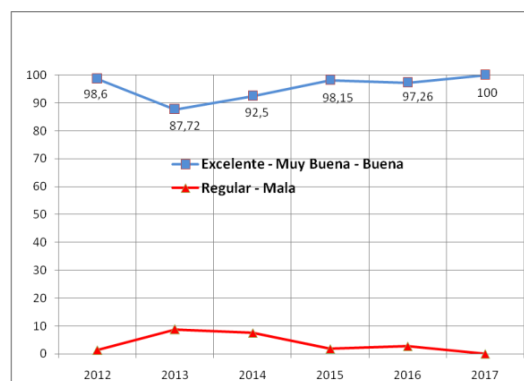


Figura 5. La experiencia de los docentes en proyectos le pareció... (en %). Fuente, alumnos de la Cátedra de Proyecto fin de Carrera.

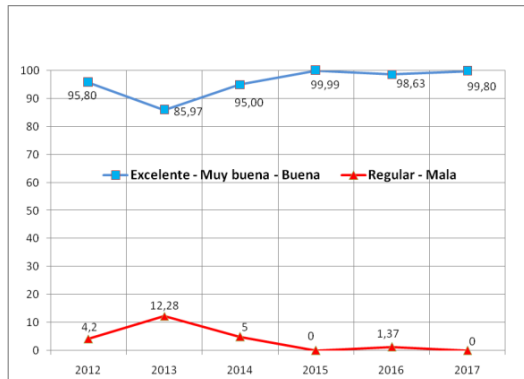


Figura 6. El empeño en resolver consultas de los docentes fue... (en %). Fuente, alumnos de la Cátedra de Proyecto fin de Carrera.

Discusión.

A lo largo de estos años, hemos logrado un avance significativo respecto de la calidad de los proyectos, no solo desde el producto final, como un producto de software, sino también en la gestión de los proyectos.

Habiendo podido bajar la gestión de la cátedra al análisis cuantitativo, los números y los hechos nos permiten afirmar que estamos en el camino correcto, buscando en todo momento el objetivo tan anhelado y nunca totalmente alcanzable de la excelencia académica.

Esta presentación no tiene el ánimo de constituirse en una receta, está muy lejos de haber sido concebida como una prescripción normativa. Solo nos motiva el afán de realizar una sugerencia práctica y comprobable abierta a la comunidad académica.

Para poder mantener los valores de las variables de análisis propuestas entre un 70% y un 100%, es necesario mantener actualizados y en permanente discusión las nuevas tecnologías emergentes, con todos los docentes de la cátedra, independientemente de su categoría.

Cabe destacar que algunas variaciones en los valores, especialmente en los años 2013/2014 se deben a la incorporación de una nueva camada de ayudantes, y algunos cambios metodológicos en la gestión de

proyectos, que distorsionó el habitual funcionamiento de la cátedra.

Cada profesor, desde su cargo, debe conocer en profundidad que y como debe hacer su trabajo y eso será responsabilidad del jefe de cátedra.

Tan bien recibida ha sido esta investigación por parte de alumnos y profesores de la cátedra, y tanto ha servido al mejoramiento de su gestión, que la misma será continuada, profundizándose su análisis año tras año.

Conclusión.

En los últimos años, en foros y congresos académicos se han expuesto con gran preocupación dos problemas que impactan fuertemente en la materia proyecto fin de carrera. El primero, la falta de creatividad e innovación en los proyectos que proponen los alumnos, y el segundo que los equipos de desarrollo de los proyectos no logran finalizar el mismo en tiempo y forma.

A fin de paliar esta situación, la cátedra de proyecto ha venido trabajando desde el año 2012 en desarrollar un modelo de gestión de calidad que elimine o disminuya a su mínima expresión esta problemática.

En tal sentido con todos los profesores de la cátedra se trabajó en varios aspectos. Primero se dispuso, que los proyectos sean evaluados externamente, independientemente de la valoración interna de la cátedra, presentándolos en congresos nacionales e internacionales.

En segundo lugar, se desarrolló una encuesta de carácter anónimo para el alumno, con 25 preguntas que abarca la evaluación de los docentes de la cátedra, el grado de satisfacción del alumno por el producto desarrollado, el grado de conflictos internos dentro del grupo de desarrollo del proyecto, etc.

En tercer lugar se decidió aplicar para el seguimiento de los proyectos por parte de los docentes, técnicas de la metodología de coaching.

En la presentación de este trabajo se expusieron los resultados exclusivamente en lo que concierne a la evaluación de los docentes y la cátedra en general.

Los resultados han sido excelentes, y permitió desarrollar un modelo de gestión de cátedra que, en función de los buenos resultados obtenidos, produjo una alta motivación en los docentes para hacer de esta investigación un proceso continuo.

Para finalizar, cabe destacar que en los últimos seis años todos los proyectos han finalizado en las fechas de evaluación de noviembre / diciembre o a más tardar las de febrero / marzo del siguiente año.

Referencias.

- [1] Ian Sommerville, Ingeniería de software, novena edición. (2011).
- [2] Roger S. Pressman. Ingeniería del software: Un enfoque práctico, 7ma Edición. (2014).
- [3] Adell, J. 1997. "Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información". EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, n° 7, ISSN: 1135-9250.
- [4] Mariño, S. I. y Herrmann, C. F.: Experiencias curriculares en la asignatura Trabajo Final de Aplicación en la FACENA. Anales del I Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (2006).
- [5] Mariño, S. I. y Herrmann, C. F.: Los trabajos finales de aplicación en informática. Una alternativa de promoción de docencia, investigación, extensión y transferencia. V Encuentro Nacional y II Latinoamericano La universidad como objeto de investigación (2007).
- [6] Mariño, S. I. y Herrmann, C. F.: Innovaciones en el desarrollo de trabajos finales de aplicación en una

carrera informática. Cohortes 2003-2007". Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC, Vol 8(1):141-148 (2009).

[7] Marcela Daniele, Fabio Zorzan, Paola Martelotto, Mariana Frutos, Marcelo Uva, Ariel Arsaute, F. Brusatti, J. Guazzone, S. Angeli. Estimación y Planificación de Proyectos de Software versus duración de proyectos finales en la carrera Analista en Computación. Secretaría Académica y de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Río Cuarto. RR No /11. (01/02/2011, 31/12/2012).

[8] Marcela Daniele, Fabio Zorzan, Paola Martelotto, Marcelo Uva, Ariel Arsaute, Mariana Frutos. Causas que producen que los estudiantes de Computación retrasen la culminación de su Trabajo Final. Secretaria Académica y de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Río Cuarto. Presentado en abril de 2013.

[9] Fabio Zorzan, Mariana Frutos, Ariel Arsaute, Marcela Daniele, Paola Martelotto, Marcelo Uva, Carlos Luna Delayed Completion of Final Project of the Career Computer Analyst: Seeking its Causes. XX Congreso Iberoamericano de Educación Superior (CIESC 2012), en el Marco de la XXXVIII Conferencia Latinoamericana en Informática - CLEI 2012 - octubre 1 al 5 de 2012 -Medellín, Colombia. ISBN 978-1-4673-0792-5.

[10] Ravier, L. (2005) ¿Cuál es la historia del Coaching?, Publicación en Coaching Magazine Nro. 1 – (2003). Gran Aldea Editores.

[11] Vergara, Enrique (2015). Historia del Coaching. EVS. <https://www.evscoaching.com/historia/>

[12] Anwandter, Paul (2014). Introducción al Coaching Integral (2ª edición). Santiago de Chile: Chan Editores. p. 33. ISBN 9789562845946.

[13] Bou Pérez, Juan Fernando (Tercera Edición). Coaching para Docentes – El desarrollo de habilidades en el aula, Editorial Club Universitario. 2005. ISBN 9788484548751

[14] <http://www.createsurvey.com/contact.htm>.

Datos de Contacto:

Lic. Magter. Roberto Eribe.

Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo, Prov. de Buenos Aires, Argentina.

Tel: (54 11) 4480-8900

E-mail. eri_10@yahoo.com

Ing. Magter. Jorge Eterovic.

Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo, Prov. de Buenos Aires, Argentina.

Tel: (54 11) 4480-8900

E-mail. jorge_eterovic@yahoo.com.ar

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Ing. Mariano Bucher.

*Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo, Prov. de Buenos Aires, Argentina.*

Tel: (54 11) 4480-8900

E-mail. marianobucher@gmail.com

Ing. PMP® Mgter. Silvana Ardanaz.

*Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo, Prov. de Buenos Aires, Argentina.*

Tel: (54 11) 4480-8900

E-mail. silvanaardanaz@yahoo.com.ar

Ing. Mgter. Juan Martin Hernández.

*Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo, Prov. de Buenos Aires, Argentina.*

Tel: (54 11) 4480-8900

E-mail. juanmartinhernandez@hotmail.com

Aportes para la Innovación Curricular

Author

Erica Vanesa Caro
erica.v.car@gmail.com

Bruno Díaz
diazbruno.mza@gmail.com

Raúl Moralejo
romoralejo@gmail.com

*GridTICs – Grupo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional*

Resumen

Debido a la ausencia en las cátedras de la Facultad Regional Mendoza sobre la temática “Internet de las cosas”, la cual consideramos muy importante hoy en día por al auge que está teniendo sumado al exponencial crecimiento de las investigaciones sobre los beneficios que aporta y ya que se prevé que en el año 2021 habrá 28 mil millones de dispositivos conectados es que decidimos armar una materia electiva para preparar a los futuros graduados sobre este tema y ayudarlos a desarrollar e implementar sus propios proyectos sobre IoT.

1. Introducción

En la materia que armamos se incluye el concepto de Interoperabilidad de extremo a extremo ya que es otro reto para Internet de las cosas debido a la necesidad de manejar un gran número de cosas heterogéneas que pertenecen a diferentes plataformas. La Interoperabilidad debería ser considerada por los desarrolladores de aplicaciones y fabricantes de dispositivos IoT para garantizar la prestación de servicios a todos los clientes, independientemente de las especificaciones de las plataformas de hardware que utilicen. Por ejemplo, hoy en día la mayoría de los teléfonos inteligentes soportan tecnologías comunes, tales como WiFi, NFC y GSM para garantizar la interoperabilidad en diferentes escenarios. También los programadores de IoT deben construir sus aplicaciones para que permitan añadir nuevas funciones sin causar problemas o perder funciones mientras se mantiene la integración con las diferentes tecnologías de

comunicación. En consecuencia, la interoperabilidad es un criterio importante en el diseño y la construcción de servicios de la IoT para satisfacer las necesidades de los clientes. Junto con la variedad de protocolos, las diferentes interpretaciones del mismo estándar aplicado por partes diferentes presentan un desafío para la interoperabilidad.

1.1. Objetivo general

Que el estudiante conozca las principales tendencias de internet de las cosas, nuevas tecnologías y los problemas derivados.

Que el futuro ingeniero comprenda un panorama y marco conceptual del impacto de internet de las cosas en la sociedad aplicando una perspectiva CTS.

1.2. Objetivos buscados por la cátedra

Dar una visión de las posibilidades y retos en el desarrollo de aplicaciones y servicios de internet de las cosas.

Dar razón de las tecnologías emergentes que soportan las infraestructuras modernas de IoT.

Lograr que los modelos y las arquitecturas sirvan como guías de diseño de infraestructuras de soluciones de IoT.

Lograr que conozcan los elementos disponibles en el mercado para el desarrollo de proyectos IoT.

Dar a conocer los lenguajes y las plataformas más importantes en el mercado en IoT para crear proyectos.

Lograr una perspectiva CTS en el diseño y construcción de soluciones IoT.

Que el alumno desarrolle un proyecto de IoT que le sirva como punto de partida para interesarse en el tema y seguir investigando sobre la temática.

1.3. Competencias a alcanzar

Que el alumno conozca las nuevas tendencias así como los problemas a resolver en el mercado de IoT.

Que el estudiante forme su criterio profesional integrando los conocimientos y experiencia práctica logrados en la Carrera, necesarios para el desarrollo de un proyecto de Internet de las cosas, mediante la utilización, combinación y adaptación de las metodologías y herramientas más adecuadas.

Que el alumno logre implementar un proyecto de Internet de las Cosas sobre una plataforma online aplicando los contenidos teóricos-prácticos de la materia.

Aplicar el enfoque CTS en el desarrollo de soluciones IoT.

1.4. Metodologías de enseñanza

La metodología completa de la materia se entrega por escrito a todos los estudiantes al comenzar el ciclo lectivo. Se irán variando los siguientes recursos a lo largo del semestre, aula, e-learning, guía didáctica, proyector multimedia, explicación interactiva.

1.4.1. Clases teóricas. Los temas que se tratan en cada clase se encuentran en el cuadernillo creado por la cátedra.

1.4.2. Trabajos prácticos. Un trabajo práctico por cada unidad de la materia y un trabajo práctico integrador por equipos con apoyo docente. Participación de los estudiantes y preparación de los temas y consultas durante las clases: destinadas a conocer el nivel de aprendizaje de los estudiantes y controlar la calidad de la metodología de enseñanza, grado de avance de una determinada etapa o temas que son importantes para el normal desenvolvimiento académico.

1.5. Carga horaria

La materia dispone del cursado de 6 horas cátedras.

1.6. Tipo de cursada

La modalidad de cursado es de manera presencial en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza en el Departamento de Ingeniería Electrónica. Pueden inscribirse alumnos de Ingeniería Electrónica así como de Ingeniería en Sistemas, éstos últimos por medio de una resolución, la cual fue aprobada por el consejo nacional de la Universidad Tecnológica Nacional.

1.7. Ubicación dentro del plan de carrera

La cátedra es una materia electiva que está pensada para dictarla en 6° año de Ingeniería Electrónica. La cual se articula en 1° año con Ingeniería y Sociedad, en 2° año con Informática II, en 3° año con Electrónica Aplicada, en 4° año con Sistemas de Comunicaciones y en 5° año con Técnicas digitales III.

1.8. Tipos de proyectos

Los tipos de proyectos que pedimos desarrollar a nuestros alumnos con la mentoría constante de cada uno de los docentes de la cátedra son relacionados a IoT, los mismos pedimos que sean Interoperables, pero dejamos abierta la posibilidad a lo que ellos crean que la sociedad necesita o pueda mejorar en algún grado algún aspecto de la vida de las personas. Los docentes de la cátedra preparamos todo el entorno a los alumnos para que puedan desarrollar sus productos y verlos funcionar.

2. Visión de IoT

La visión de Internet de las cosas se puede ver desde dos perspectivas: “centrada en internet” y “centrada en las cosas”.

La arquitectura centrada en Internet implica los servicios de Internet como el foco principal, ya que los datos son generados por las "cosas". En la arquitectura centrada en las cosas, los dispositivos inteligentes ocupan un lugar central.

El objetivo final es tener objetos inteligentes plug-n-play que se puedan implementar en cualquier entorno con una red troncal de interconexión interoperable que les permita combinarse con otros objetos inteligentes a su alrededor. La estandarización de bandas de frecuencia y protocolos desempeña un papel fundamental en el logro de este objetivo.

3. Cloud Computing

Uno de los temas más confusos que rodean a Cloud Computing —Computación en la nube, y sus servicios es la falta de definiciones claras y correctas. Sin embargo en la actualidad se puede contar con la definición aportada por dos grupos que son Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) y La Alianza de Seguridad De Cloud Computing [Mell & Grance, 2009], quienes definen Cloud Computing como un modelo por demanda para la asignación y consumo de un pool compartido de recursos informáticos configurables. Dichos recursos informáticos de la nube se describen por medio de servicios, información, aplicaciones e infraestructura que pueden ser rápidamente provisionadas y liberadas con el mínimo esfuerzo de administración o interacción del proveedor del servicio. Otro de los caminos para

describir los servicios ofrecidos por la nube es compararla con su utilidad tal como las empresas pagan por luz, agua, gas y otros servicios que usan ahora tienen la opción de pagar por servicios de TI en una base de consumo.

Cloud Computing virtualiza los recursos que ofrece de manera que parezca que el cliente utiliza los suyos propios cuando en realidad está accediendo a los mismos a través de internet. Gracias a ello puede alojar diferentes tipos de trabajo incluidos procesos batch o aplicaciones interactivas de cara al usuario, permite trabajos que son implementados y escalados de forma rápida a través de la cesión de máquinas virtuales o físicas, controlar los recursos en tiempo real para permitir balancear la asignación de tareas cuando sea necesario, entre otros tipos de funciones.

3.1. Características esenciales

En la actualidad el modelo de Cloud Computing tiene 5 características esenciales que los servicios pueden tomar como base para mostrar sus similitudes o diferencias con los otros tipos de estrategias de computación.

Una de las características más importantes de Cloud Computing es el autoservicio por demanda, es decir, que el cliente solo paga por lo que usa, puesto que a las empresas proveedoras se les facilita medir el uso de los recursos ofrecidos al cliente, permitiendo dar un precio, por ejemplo, a la capacidad de almacenamiento usada o al ancho de banda requerido, de forma automática sin tener que estar interactuando con su proveedor de servicios.

La segunda característica a tener en cuenta es que toda la infraestructura se basa en el uso de internet por lo cual se da un amplio acceso a la red, el cual permite entre otras cosas la comunicación entre los recursos ofrecidos en hardware o software. El hecho de que funcione de esta manera da una amplia transparencia de los procesos que se llevan a cabo a partir de una necesidad del cliente. Por otro lado el acceso se puede hacer desde cualquier tipo de mecanismo que facilite el uso de las plataformas conectándose a internet.

Teniendo en cuenta que los recursos se reajustan según la necesidad del cliente, al ir asignando recursos es posible que una aplicación termine ejecutándose en varias máquinas o que una misma máquina lleve a cabo diferentes aplicaciones, es decir, que los recursos del proveedor se ponen en común para el uso de sus clientes. Esto se da gracias a que las aplicaciones se independizan del hardware, se crean máquinas virtuales en las que las aplicaciones realizan sus tareas independientemente de la disposición física de estas. Algunos de los recursos computacionales en las reservas son: Memoria, procesamiento, almacenamiento, máquinas virtuales, etc.

Es más, el compartir los recursos entre clientes no impide que haya una amplia rapidez y flexibilidad dentro del sistema, puesto que esto permite redimensionar de forma efectiva el servicio. Usualmente para los clientes, las capacidades ofrecidas por el modelo aparecen ilimitadamente y pueden adquirirse en el momento y cantidad que se necesite.

Finalmente se debe tener en cuenta el aspecto de servicio de vigilancia o supervisión, por medio del cual los recursos de Cloud Computing se controlan y optimizan de forma automática, haciendo uso de capacidades de evaluación según sea el tipo de servicio que se esté brindando al cliente.

3.2. Arquitecturas

Cloud Computing tiene una arquitectura de tres capas y cada una de estas se trata a su vez de otra tecnología proveedora de servicios ya existente con anterioridad, de esta manera vistas de forma individual o combinada forman las capas de servicio ofrecidas por Cloud Computing.

Software as a Service (SaaS). Es un modelo de distribución de software en el que la empresa proveedora aporta el servicio de operación diaria, mantenimiento y soporte del software solicitado por el cliente, es decir, que el cliente obtiene las aplicaciones que necesita, la lógica de su o sus negocios, en una tercera empresa a la que contrata. El servidor central se encuentra en la infraestructura de la nube propiedad del proveedor, no del cliente. El acceso a las aplicaciones se puede hacer a través de internet por medio de una interfaz ligera y fácil de utilizar como un navegador web. Es importante tener en cuenta que los usuarios hacen uso de las mismas aplicaciones y comparten recursos, por lo cual es evidente que dichos programas deben tener las condiciones necesarias para trabajar de forma simultánea o concurrente con un alto número de usuarios.

Platform as a Service (PaaS). El modelo PaaS, consiste en ofrecer la infraestructura requerida al cliente, en la cual este podrá desarrollar e implantar sus aplicaciones Web, usualmente aplicaciones SaaS, sin tener que contar con el software y equipos necesarios para realizar dicho desarrollo. PaaS incluye todas las facilidades al programador para diseñar, analizar, desarrollar, documentar y poner en marcha las aplicaciones, todo en un solo proceso. Además brinda el servicio de integración de la base de datos, escalabilidad, seguridad, almacenamiento, backups y versiones, habilitando de esta manera la posibilidad de realizar trabajos colaborativos.

Infrastructure as a Service (IaaS). El modelo IaaS ofrece la capacidad de cómputo a un cliente mediante sistemas virtualizados a través de Internet. Esta capacidad de cómputo incluye almacenamiento,

hardware, servidores y equipamiento de redes. El proveedor se hace responsable de toda la infraestructura y de que el funcionamiento sea el deseado y requerido por el cliente, de tal manera que no se generen fallos de ningún tipo, incluyendo fallos de seguridad. El cliente paga por la cantidad de espacio que esté usando, el número de servidores que estén a su disposición, etc.

Data Storage as a Service (DaaS). El almacenamiento de datos como servicio es una capa que se encarga de ofrecer la gestión y el mantenimiento completos de los datos manejados por los clientes. Trabaja en conexión con IaaS.

Communications as a Service (CaaS). La capa de Comunicaciones como un Servicio trabaja de igual manera que DaaS, en el mismo nivel de IaaS. Este modelo se encarga de proveer el equipamiento necesario de redes y la gestión de las comunicaciones, como el balanceo de carga.

Software Kernel. Esta capa gestiona la parte física del sistema. Controla los servidores a través de los sistemas operativos instalados, el software que permite la virtualización de las máquinas, la gestión de los clusters y del grid, etc.

Hardware as a Service (HaaS). HaaS es la capa de más bajo nivel en el modelo de Cloud Computing. Trata la parte física de los elementos necesarios para trabajar a través de internet, consistiendo estos en centros con máquinas que ofrecen la computación, almacenamiento, servidores, etc.

3.3. Modelos de despliegue

Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) existen cuatro modelos de despliegue de Cloud Computing.

3.3.1. Cloud Pública. Los servicios de Cloud Pública se caracterizan por estar disponibles para los clientes por medio del proveedor a través de internet. El ser pública no implica totalmente ser gratis, pero se puede dar el caso. De igual forma, el término público tampoco implica que el acceso sea libre, pues la mayoría de los casos requiere de autenticaciones para hacer uso de los servicios suministrados, además proporciona un medio flexible y rentable para el desarrollo de soluciones para los clientes.

3.3.2. Cloud Privada. Este modelo ofrece muchos de los beneficios de un Cloud pública. La diferencia entre ambas se encuentra es que en la privada los datos y procesamientos están administrados dentro de la organización sin las restricciones del ancho de banda, seguridad y requisitos regulatorios que puede tener el uso de la pública. Además, ofrece al cliente la posibilidad de tener más control sobre la infraestructura proporcionada, mejorando la seguridad y la recuperación.

3.3.3. Cloud Comunitaria. Este modelo de Cloud está controlada y usada por un grupo de organizaciones que comparten los mismos intereses, como una misión común o necesidades de seguridad similares.

3.3.4. Cloud Híbrida. Este último modelo de Cloud es la combinación entre la Cloud pública y la privada.

4. Big Data

Los objetos inteligentes ofrecen millones de datos provenientes del aumento del número de dispositivos conectados entre sí, ya sea a través de Internet o microchips. Y todos esos datos son gestionados por las empresas a través de una Analítica de Datos Masivos.

La instauración de IoT hubiera sido compleja si no se hubiera seguido una estructura de Big Data, ya que sin esta tecnología no se tendría una forma eficiente de analizar grandes cantidades ingentes de datos.

Internet de las Cosas es un concepto que engloba infinitas posibilidades porque aporta la conectividad entre dispositivos y para el Big Data, esa interconectividad y el flujo de procesos que se llevan a cabo entre dispositivos, y su propio uso, genera muchos datos y esos acontecimientos son producidos en tiempo real.

En definitiva, nos dirigimos hacia un futuro en que los objetos inteligentes detectan el entorno en que se encuentran, interactuando no solo con sus propietarios sino con otros objetos. Y estos datos procedentes del Internet de las Cosas supondrán, a el corto plazo, el mayor flujo de información que se aúna en Internet, y, por consiguiente, el mayor proveedor para los sistemas de Big Data, Inteligencia Artificial (IA) y Computación Cognitiva

4.1. Volumen de información

El volumen se refiere a la cantidad de datos que son generados cada segundo, minuto y días en nuestro entorno. Es la característica más asociada al Big Data, ya que hace referencia a las cantidades masivas de datos que se almacenan con la finalidad de procesar dicha información, transformando los datos en acciones.

Cada vez estamos más conectados al mundo 2.0 por lo que generamos más y más datos. Para algunas empresas, el estar en el mundo digital es algo obligatorio, por lo que la cantidad de datos generados es aún mayor. Por ejemplo, una empresa que vende sus productos únicamente a través de un canal online, le convendría implantar tecnología Big Data para procesar toda aquella información que recoge su página web rastreando todas las acciones que lleva a cabo el cliente; conocer donde cliquea más veces, cuántas veces ha pasado por el carrito de la compra, cuáles son los productos más vistos, las páginas más visitadas, etc.

Además según las previsiones de Gartner, en 2020 más de 25 mil millones de dispositivos estarán conectados a Internet, acrecentando un volumen de datos que a finales de 2013 ya se estimaba en 4,4 billones de GB y que llegará, según los pronósticos, a multiplicarse por 10 en tan solo 6 años. Por supuesto, el impacto que tendrá este crecimiento exponencial del volumen de datos contenidos en Big Data sobre la inversión en TIC dará mucho que hablar en un futuro muy cercano.

4.2. Velocidad de los datos

La velocidad se refiere a los datos en movimiento por las constantes interconexiones que realizamos, es decir, a la rapidez en la que son creados, almacenados y procesados en tiempo real.

Para los procesos en los que el tiempo resulta fundamental, tales como la detección de fraude en una transacción bancaria o la monitorización de un evento en redes sociales, estos tipos de datos deben estudiarse en tiempo real para que resulten útiles para el negocio y se consigan conclusiones efectivas.

4.3. Variedad de los datos

La variedad se refiere a las formas, tipos y fuentes en las que se registran los datos. Estos datos pueden ser datos estructurados y fáciles de gestionar como son las bases de datos, o datos no estructurados, entre los que se incluyen documentos de texto, correos electrónicos, datos de sensores, audios, vídeos o imágenes que tenemos en nuestro dispositivo móvil, hasta publicaciones en nuestros perfiles de redes sociales, artículos que leemos en blogs, las secuencias de click que hacemos en una misma página, formularios de registro e infinidad de acciones más que realizamos desde nuestro Smartphone, Tablet y ordenador.

Estos últimos datos requieren de una herramienta específica, debido a que el tratamiento de la información es totalmente diferente con respecto a los datos estructurados. Para ello, las empresas necesitan integrar, observar y procesar datos que son recogidos a través de múltiples fuentes de información con herramientas calificadas.

5. Seguridad

El Internet de las Cosas (IoT) presenta enormes oportunidades para las empresas y los consumidores, especialmente en las áreas de cuidado de la salud, almacenaje, transporte y logística. Junto con esta amplia adopción, los desarrolladores se enfrentan a nuevos retos para asegurar que las aplicaciones del IoT sean suficientemente seguras, porque estas aplicaciones manejan muchos datos sensibles. Ya se han informado de

muchas violaciones de la seguridad de las soluciones IoT, así que cuando los desarrolladores diseñan e implementan dichas soluciones, se deben enfocar incluir la seguridad en sus aplicaciones IoT.

“Ya que las aplicaciones del IoT recopilan más y más datos que no estaban expuestos anteriormente, —a menudo privados—, y permiten el acceso a varias funciones de control a través de Internet, la seguridad se convierte en un reto principal.”

6. Modelos de comunicación de IoT

6.1. Modelo de Comunicación dispositivo – dispositivo

Este modelo representa dos o más dispositivos que se conectan entre ellos y la comunicación se establece directamente entre cada dos. No hay ningún intermediario que gestione la comunicación ni enrute los datos ni nada por el estilo.

Esta comunicación lógicamente sólo es posible si los dispositivos son capaces de entenderse en términos de interoperabilidad.

Por eso, a la hora de diseñar tu aplicación necesitarás seleccionar dispositivos compatibles e ir construyendo tu red en base a unos criterios.

Es decir, para cada caso de uso habrá una lista de decisiones que habrá que tomar a nivel de dispositivo para que pueda conectar e intercambiar datos directamente con otro dispositivo.

Y lamentablemente esto es así porque existe tal variedad de tecnologías, que los fabricantes no pueden diseñar productos compatibles con “todo” y sólo pueden centrar sus esfuerzos en clasificarlos por tecnologías.

El modelo de comunicación dispositivo a dispositivo encaja bien en aplicaciones de domótica o telemetría, en las que los dispositivos intercambian pequeños paquetes de datos a baja velocidad y cada cierto tiempo.

6.2. Modelo de Comunicación dispositivo – internet

En este modelo encajan todas aquellas aplicaciones en las que el dispositivo IoT tiene capacidad suficiente para conectar directamente con algún servicio en la nube, con el que comparte datos para que sean analizados por algoritmos o enviar comandos de control para actuar directamente sobre el dispositivo.

Para que esto sea posible, el dispositivo debe de contener hardware específico para poderse conectar vía Ethernet o WiFi y tener recursos suficientes como para albergar una pila TCP/IP.

Podemos ver este tipo de comunicación directa entre el objeto e Internet en electrodomésticos de alta gama,

como por ejemplo una Smart TV de Samsung o el Learning Thermostat de Nest Labs.

Estos son dispositivos cerrados y poco o nada se puede hacer para programar tu propia aplicación. Incluso en muchas ocasiones, los mismos fabricantes de dispositivo son los que te proporcionan un servicio propietario en la nube, sujeto a cuatro funcionalidades extra para ampliar la funcionalidad de tu dispositivo.

6.3. Modelo de Comunicación dispositivo – Gateway

Este es el modelo de comunicación más utilizado en Internet de las Cosas y se da cuando los dispositivos se conectan a Internet a través de un dispositivo que hace las veces de Gateway. Para ser más precisos, en el gateway está dotado con un software de aplicación que hace de intermediario entre los dispositivos IoT y los servicios en la nube, haciendo principalmente de traductor entre protocolos.

Hay varios dispositivos que se utilizan hoy en día como gateway. Uno de los más populares y flexibles son los smartphones, capaces de conectar dispositivos IoT e Internet a través de alguna app y aprovechando la conexión a Internet que traen de serie. Por ejemplo, esta estrategia se está poniendo muy de moda en el mundo fitness para conectar sensores de frecuencia cardíaca, running y otros, con aplicaciones de seguimiento de la actividad en la nube.

La desventaja de este modelo es la complejidad que representa programar un software de aplicación en el gateway, capaz de soportar varias tecnologías de comunicación a la vez y transformar sus diferentes formatos, a un formato (protocolo) entendible en Internet.

6.4. Modelo de Comunicación Back End

Esta es la arquitectura de comunicación que está detrás de esos servicios en Internet que permiten a los usuarios recolectar datos de sus dispositivos IoT, analizarlos y tomar decisiones inteligentes. A menudo, estos servicios permiten además portabilidad o compartir datos con otros servicios.

A nivel empresarial, está directamente relacionado con todo el boom del Big Data y el Business Intelligence.

El objetivo principal de este modelo de arquitectura es conseguir interoperabilidad entre los diferentes servicios en la nube, en un mundo que tiende a compartir toneladas de gigabytes de datos de todo tipo por las redes, sin que nosotros a penas nos enteremos.

6.5. Modelo Publish/Suscribe

El modelo publish/subscribe es un paradigma de mensajes asíncronos donde los que envían (Publisher) mensajes no están programados para enviar sus mensajes a receptores específicos (Subscribers), sino que se envían a algún tipo de servidor. Los mensajes publicados se caracterizan por clases, sin tener constancia de los suscriptores que pueda haber. Los suscriptores expresan interés en una o más clases, y solo reciben mensajes de ese mismo interés, sin tener constancia de qué publicadores hay. Esta relación independiente entre publicadores y suscriptores puede permitir una mayor escalabilidad.

El sistema publish/subscribe está muy ligado al paradigma de las colas de mensajes (Message Queue).

Muchos de los sistemas de mensajería soportan en su API (ej. JMS) los dos, publish/subscribe y el modelo de mensajes en cola.

7. Sistemas embebidos y redes de sensores

7.1. Arduino

Arduino es una compañía que ofrece herramientas de software, plataformas de hardware open-source y documentación relacionada con el objetivo de habilitar a las personas a ser creativas con la tecnología.

El proyecto inició en el 2005 como un proyecto para estudiantes en una escuela de posgrado en Ivrea, Italia ante la problemática de los costos de microcontroladores y hardware y con la finalidad de acercar a los estudiantes sin experiencia a crear prototipos que conecten el mundo físico con el mundo digital.

El hardware en general consiste en un microcontrolador ATMEL AVR, puertos analógicos, puertos digitales, regulador de tensión y un conversor lógico RS232 a TTL, lo que permite conectar la placa directamente a la PC a través de un USB para establecer la comunicación serial y al mismo tiempo alimentar la placa.

Arduino se ha vuelto muy popular para proyectos IoT por su cantidad de sensores, actuadores y electrónica compatible que se consigue fácilmente en el mercado.

Software. El lenguaje con el que se programan las placas esta basado en C y los microcontroladores vienen con un bootloader instalado para poder interactuar con el IDE Arduino. Este último se puede utilizar en su versión web donde uno puede escribir código (se tiene acceso a todas las librerías), guardarlo en la nube y programar las placas con solo un plug-in que se instala en el navegador a con un pequeño costo mensual. La segunda opción, seguramente la más utilizada, es descargar el software a la PC de forma gratuita, compatible con Windows, Mac y Linux. Dentro del IDE, la utilización es muy sencilla, se debe configurar en el menú “Herramientas” el modelo que se programará, el procesador de la placa (depende las versiones) y el puerto COM al que está conectada la misma.

7.2. Raspberry

Raspberry Pi es una computadora de tamaño reducido de bajo costo desarrollada por “Fundación Raspberry Pi” en el Reino Unido con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de computación en las escuelas. Lanzadas por primera vez en el 2012 bajo el modelo “A” con un procesador de 700Mhz y 256Mb de RAM. El hardware no es open-source pero su software si lo es; se trata de un SO denominado “Raspbian” (SO oficial) aunque también existen otros sistemas operativos disponibles.

7.2.1. Raspbian. Es un sistema operativo gratuito basado en Debian, con escritorio Gnome 2 y optimizado para el hardware de Raspberry Pi en el que además se incluyen más de 35000 paquetes. Para instalar este SO en una tarjeta microSD, tenemos dos caminos, descargando la imagen y siguiendo los pasos de instalación o descargar NOOBS (New Out Of the Box Software) que es un instalador del SO para usuarios no avanzados. También provee una lista de sistemas operativos alternativos que pueden ser descargados e instalados.

7.3. Hardware similar

Pero Raspberry no es el único creador y distribuidor de este tipo de “computadoras”, existe una oferta muy amplia basada en 3 pilares fundamentales: precio, potencia y capacidades.

7.3.1. ODROID. Es una familia de ordenadores y tabletas creados por Handkernel, una compañía de hardware libre con base en Corea del Sur. Si bien el nombre 'ODROID' es una combinación de 'Open' (abierto) y 'Android', el hardware no es realmente abierto dado que la propiedad intelectual de algunas partes del diseño pertenece a la compañía. ODROID puede correr sistemas Android y distribuciones Linux de uso común.

7.3.2. ORANGE PI. Computadora de código abierto, basada en Raspberry Pi pero de menor precio y fabricada por Shenzhen Xunlong Software. Puede funcionar con Android 4.2, Android 4.4, Ubuntu, Debian, Fedora, Raspbian, ArchLinux, openSUSE, OpenWrt y otros sistemas operativos.

7.3.3. BANANA PI. Es fabricado en Taiwan. Actualmente es uno de los competidores directos de la famosa Raspberry Pi, teniendo un hardware superior a ésta, y siendo aproximadamente un 10% más grande. A pesar de ser un fork del proyecto Raspberry Pi, Banana Pi no tiene ninguna relación con éste. Actualmente es casi compatible al cien por cien con su análoga Raspberry Pi, teniendo el único inconveniente del mal funcionamiento de la interfaz de Cámara y de LCD LVDS de la Raspberry Pi, siendo necesario obtener las creadas expresamente para la Banana Pi.

7.4. Conectividad Inalámbrica

La transmisión de los datos no es un detalle para nada menor en un proyecto de IoT, en varios escenarios que veremos más adelante, nos conviene conectar de forma inalámbrica sensores con sensores, sensores-Gateway o Gateway-Router. Los instrumentos inalámbricos se pueden usar en lugares de difícil acceso debido a condiciones extremas, como altas temperaturas, pH, presión, etc. Utilizando sensores inalámbricos, los operadores pueden supervisar continuamente los procesos en entornos peligrosos e informar los datos a un operador en una instalación de monitoreo ubicada a una distancia segura. La medición inalámbrica también es útil para obtener datos en ubicaciones de difícil acceso.

7.4.1. WIFI. El estándar IEEE 802.11 define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura o modelo OSI (capa física y capa de enlace de datos), especificando las normas de funcionamiento de una red de área local inalámbrica (WLAN). Básicamente, la capa física define el medio físicos por los que va a viajar la comunicación y todo lo que ello implique, mientras que la capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico, del acceso al medio, de la detección de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo. Las especificaciones de este estándar proporcionan la base para los productos con redes inalámbricas que hacen uso de la marca “Wi-Fi”.

7.4.2. Bluetooth. Si pensamos en una conexión punto a punto y no hay demasiada exigencia con respecto al alcance, podemos optar por una solución muy económica con Bluetooth. Los módulos HC-05 y HC-06 son ideales para proyectos hogareños. Los módulos bluetooth HC-05 y HC-06 son dispositivos relativamente económicos y que habitualmente se venden en un formato que permite insertarlos en un protoboard y cablearlo directamente a cualquier microcontrolador, incluso sin realizar soldaduras. Una vez apareado, funciona como un “puente inalámbrico” para enviar y transmitir datos serie, por defecto a 9600bps, siendo posible modificar dicha velocidad desde la configuración AT. El HC-05 tiene un modo de comandos AT que debe activarse mediante un estado alto en el pin 34 mientras se enciende el módulo. En las versiones para protoboard este pin viene marcado como “EN”. Una vez que estamos en el modo de comandos AT, podemos configurar el módulo bluetooth y cambiar parámetros como el nombre del dispositivo, contraseña, modo maestro/esclavo, etc. Para comunicarnos con el módulo y configurarlo, es necesario tener acceso al módulo mediante una interfaz serial. Otro módulo de similares características es el SPP-C, disponible también en el mercado local.

7.4.3. RF 434/915 Mhz. El módulo transmisor RFM69HCW opera en la frecuencia de 915MHz y es capaz de transmitir hasta 100mW y hasta 300kbps, pero puede cambiar ambos valores para adaptarse a una aplicación específica. Por ejemplo, puede maximizar el alcance aumentando la potencia de transmisión y reduciendo la velocidad de datos, o puede reducir tanto la potencia como la velocidad para reducir el consumo de energía. A plena potencia y con antenas de cable simples, el RFM69 puede transmitir mensajes de un lado de un gran edificio de oficinas al otro a través de numerosas paredes internas. Al aire libre puede alcanzar 500 metros o más con antenas más complejas y esquemas de modulación. El RFM69HCW utiliza bus SPI (Serial Peripheral Interface) para comunicarse con un microcontrolador host, y existen múltiples bibliotecas

Arduino. Admite hasta 256 redes de 255 nodos por red, presenta encriptación AES para mantener sus datos privados y transmite paquetes de datos de hasta 66 bytes de longitud. Existen dos versiones del RFM69HCW: la versión de 915MHz y una versión de 434MHz. Aunque la banda ISM es una banda libre, la misma es diferente en diferentes áreas. La banda 915MHz es para el uso en las Américas, y la versión de 434MHz es para usar en Europa, Asia y África.

7.5. Conectividad Alámbrica

7.5.1. Bus serial (UART). Una de las herramientas más usadas para “debuggear” nuestros proyectos es una entrada/salida serial. Son muy fáciles de implementar y permite enviar/recibir datos desde un microcontrolador a una computadora usando una terminal. El puerto serie de una computadora cumple con la norma RS-232, en donde se transmite un bit a la vez, a una velocidad específica y con la opción de seleccionar paridad y bit de Stop. En RS-232, se trabaja con lógica negativa, lo que significa que un nivel lógico ‘1’ se representa con voltaje negativo mientras que el nivel lógico ‘0’ se representa con nivel lógico positivo. En general las tensiones son entre -15V y +15V. La mayoría de los microcontroladores incluyen internamente uno o más módulos UART, son las siglas en inglés de Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, es el dispositivo que controla los puertos y dispositivos serie. El método de esta comunicación serial es usualmente referida como TTL serial (transistor-transistor logic), que siempre se mantiene entre los niveles lógicos de 0V y Vcc (3.3V o 5 V), donde el nivel lógico positivo corresponde a Vcc y el nivel lógico negativo corresponde a 0V. Los voltajes más amplios de una señal RS-232 hacen que la comunicación sea menos sensible al ruido, interferencia y degradación que en el caso de la comunicación TTL serial, lo que significa que la señal generalmente puede viajar distancias más largas que en el caso de la segunda.

7.5.2. Bus SPI. Un bus serial del tipo RX/TX, es llamado “asíncrono” porque no hay control cuando los datos son enviados y no hay garantías de que en ambas líneas estén trabajando con velocidades iguales. Como las computadoras normalmente sincronizan los datos con un clock, puede ser un problema si sistemas con leves diferencias de frecuencia intentan comunicarse. Para resolver este problema, en la comunicación asíncrona se agrega bits de start y de stop a cada byte para ayudar al receptor a sincronizar los datos cuando arriban. La comunicación asíncrona funciona bien pero tiene mucha sobrecarga por los bits extras y se requiere que ambas partes se pongan de acuerdo en la velocidad de transmisión (ej 9600 bps). SPI funciona de manera ligeramente diferente, es un bus de datos sincronizado, lo

que significa que usa diferentes líneas para datos y para clock para mantener ambas partes en perfecta sincronía. El clock es una señal oscilante que le dice al receptor exactamente como muestrear los bits en la línea de datos y como se envía en conjunto con los datos. SPI es bueno para velocidades altas en full-duplex, soporta velocidades de Clock por encima de 10Mhz para ciertos dispositivos. El Bus SPI (del inglés Serial Peripheral Interface) es un estándar de comunicaciones, usado principalmente para la transferencia de información entre circuitos integrados en equipos electrónicos. El bus de interfaz de periféricos serie o bus SPI es un estándar para controlar casi cualquier dispositivo electrónico digital.

7.5.3. Bus I2C. El protocolo I2C (Inter-Integrated circuit) es un protocolo que tiene la intención de permitir múltiples circuitos integrados digitales, conectados como esclavos, se comuniquen con uno o más chips Maestro. Como SPI, esto esta destinado a distancias cortas. La desventaja más obvia es la cantidad de pines requeridos. Conectar un único Master a un único Slave requiere 4 líneas; cada Slave adicional requiere una línea adicional de Chip Select (SS o CS) de parte del Master. I2C requiere solo 2 líneas, como la comunicación asíncrona, pero en esas dos líneas se pueden conectar hasta 1008 Slaves. También, a diferencia de SPI, I2C soporta un sistema de varios Masters, permitiendo que varios de estos puedan comunicarse con los Slaves en el bus. La desventaja es que los maestros no pueden comunicarse entre ellos y deben esperar turnos para poder usar la línea. La mayoría de los dispositivos I2C se comunican a 100Khz o 400Khz y existe algo de sobrecarga en la línea ya que por cada 8bits de datos se envía un ACK (confirmación). Cada bus I2C consiste de 2 señales, SCL y SDA. SCL es la señal de Clock y SDA es la señal de datos. La señal de Clock siempre es generada por el Master. El hardware del protocolo, mantiene las líneas con colector abierto, esto quiere decir que los niveles lógicos estarán en alto y sólo se puede mandar la línea al nivel lógico cero. Esto garantiza que no hayan dispositivos que quieran poner la línea en alto y otros que quieran poner la línea en bajo, eliminando el peligro de daño del driver por disipación excesiva de potencia.

8. Sensores

Los sensores son los soldados de la “Internet de las cosas”, las piezas de hardware que hacen el trabajo crítico de los procesos de monitoreo, mediciones y recolección de datos. Ellos son, muchas veces, una de las primeras cosas que las personas piensan al imaginar el IoT. Los sensores son dispositivos sofisticados que son frecuentemente usados para detectar y responder las señales eléctricas u ópticas.

Un sensor es un traductor de una magnitud física o química a una magnitud eléctrica que luego puede ser analizada y procesada por la unidad de control del sistema. Una magnitud eléctrica obtenida puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como un fototransistor), etc.

8.1. Tipo de sensores

Sensores de proximidad. Estos sensores detectan movimiento y son frecuentemente usados en una configuración al detalle. Un revendedor puede usar la proximidad de un cliente con un producto para enviar ofertas y cupones directamente al smatphone. Sensores de proximidad también pueden ser usados para monitorear la disponibilidad de lugares de estacionamiento en grandes espacios como aeropuertos, centros comerciales y estadios.

Sensores de proximidad. Estos sensores detectan movimiento y son frecuentemente usados en una configuración al detalle. Un revendedor puede usar la proximidad de un cliente con un producto para enviar ofertas y cupones directamente al smatphone. Sensores de proximidad también pueden ser usados para monitorear la disponibilidad de lugares de estacionamiento en grandes espacios como aeropuertos, centros comerciales y estadios.

Acelerómetro y giroscopio. El acelerómetro es un instrumento utilizado para detectar vibraciones, inclinación y aceleración lineal. Es usado para la ejecución del podómetro, de nivelación, de alerta de la vibración, de antirrobo, entre otros. El giroscopio es usado para medir la velocidad angular y es utilizado principalmente en los mouses (ratones) 3D, en juegos y en entrenamientos de atletas profesionales.

Sensores de temperatura. Se pueden usar esos dispositivos en casi todos los ambientes de IoT, desde el piso de la fábrica hasta los campos agrícolas. En las fábricas, estos sensores pueden medir continuamente la temperatura de una máquina para garantizar que permanezca dentro de un límite seguro. En las haciendas, pueden ser utilizados para rastrear la temperatura del suelo, agua y plantas para maximizar la producción.

Sensor de humedad. Semejante al sensor de temperatura, también se lo usa para controlar el desempeño de dispositivos. También se lo define como analógico y digital. Un sensor de humedad analógico marca la humedad relativa del aire utilizando un sistema capacitivo, que son los más utilizados. Este tipo de sensor es revestido generalmente de vidrio o cerámica. El material aislante que absorbe todo el agua, es hecho de un polímero que recibe y suelta el agua por medio de la humedad relativa de una determinada área. Eso modifica

el nivel de carga presente en el capacitor de placa de circuito eléctrico. El sistema digital funciona a través de dos microsensores que son calibrados con la humedad relativa de un área. Ellos son convertidos en un formato digital por un proceso de conversión analógico para digital, realizado por un chip localizado en el mismo circuito. Una máquina con un sistema de electrodos hechos de polímeros es lo que produce la capacidad del sensor, que protege al sensor del visor, que es la interface. Además, existen los sensores de humedad de suelo que son bastantes utilizados por productores agrícolas para medir las tasas de humedad antes, durante y después de la plantación y colecta.

Sensor de presión. La agricultura es la mayor usuaria y el área que más desperdicia agua en el mundo. Los agricultores usan el 70% del agua dulce del mundo, pero el 60% es desperdiciada debido al uso de sistemas de irrigación con fuga, métodos de aplicación ineficientes y el cultivo de culturas sedientas, de acuerdo con World Wildlife Fund. Sensores de presión pueden ser utilizados para determinar el flujo de agua a través de tubos y para notificar a una persona o al equipo responsable cuando algo necesite ser corregido. Ellos también son usados en vehículos inteligentes y aeronaves para determinar la fuerza y la altitud, respectivamente.

Sensores de nivel. Los sensores de nivel detectan el nivel de líquidos y otros fluidos, incluyendo suspensiones y materiales granulares, puesto que exhiben una superficie superior. Los sensores de nivel pueden ser usados para fines de gestión inteligente de residuos y reciclaje. Otras aplicaciones incluyen medir niveles de tanque, medición de combustible diesel, inventario de activos líquidos, alarmas de nivel alto o bajo, y control de irrigación. Conclusión Estas son algunas de las aplicaciones más comunes de sensores para IoT. Naturalmente, los vehículos autónomos poseen las tecnologías de los sensores, incluyendo sensores de fuerza, carga, tensión y torsión, así como sensores de movimiento, velocidad, desplazamiento, posición, vibración y choque. Incluso con estas adiciones, no existen decenas, sino centenas de otros datos que pueden ser analizados por los sensores.

Sensores de imagen. Las cámaras de fotos digitales se valen de un elemento conocido como sensor de imagen para captar la luz. Es un chip compuesto de millones de pequeñas partes sensibles a la luz denominadas píxeles (término que deriva de "picture element" o "elemento de imagen"), capaces de capturar una fotografía cuando se las expone. El sensor de imagen equivale al carrete fotográfico de las cámaras tradicionales. Su tarea es convertir la luz en señales de tipo eléctrico para almacenarlas, medirlas y transformarlas en una representación digital del patrón lumínico que captó. Una vez completado dicho proceso, se obtiene un archivo informático que guarda la imagen,

la cual puede ser visualizada en un monitor, o bien destinarse a la impresión en papel.

Sensores de movimiento. Los detectores de movimiento son sensores que registran el movimiento en un área determinada, estos transmiten señales de radio de alta frecuencia y dan aviso si reconocen algún tipo de desplazamiento en el área de cobertura. Es muy común encontrarlos en los sistemas de alarmas, ya sea de hogares o de empresas. Los hay de todo tipo y son muy útiles para mantener un perímetro controlado o vigilado para evitar visitas indeseadas, ya sea de ladrones o animales que circunden por el jardín, por ejemplo.

Sensores de carga. Las células de carga son sensores de fuerza que se emplean para la comprobar o medir la cantidad de presión unidad de superficie que se ejerce en un control o ensayo. Estos sensores de fuerza transforman la magnitud mecánica en magnitud eléctrica, fuerza ejercida en voltaje. La tecnología depende principalmente de como estén montadas las bandas extensométricas que se instalan en los sensores, así pues, hay sensores de fuerza a tracción, sensores a compresión, células de carga a flexión, células de carga a cortadura, etc.

Sensores químicos. Un transductor químico produce una señal eléctrica proporcional a un parámetro químico. Siendo uno de los parámetros mas comunes el PH(Potencial de hidrógeno) de una solución, concentración y composición.

Sensores de flujo. El sensor de flujo es un dispositivo que, instalado en línea con una tubería, permite determinar cuándo está circulando un líquido o un gas. Estos son del tipo apagado/encendido; determinan cuándo está o no circulando un fluido, pero no miden el caudal. Para medir el caudal se requiere un caudalímetro.

9. Actuadores

Otro tipo de transductor que se encuentra en muchos sistemas IoT es un actuador. En términos simples, un actuador opera en la dirección inversa de un sensor. Toma una entrada eléctrica y la convierte en acción física. Por ejemplo, un motor eléctrico, un sistema hidráulico y un sistema neumático son todos tipos diferentes de actuadores.

Los actuadores pueden ser independientes (es decir, solo un dispositivo de salida), o pueden combinarse con un sensor de entrada de IoT. Un ejemplo podría ser una lámpara inteligente diseñada para iluminación en exteriores cuando se hace de noche, donde el sensor detecta que la luz ambiental ha caído a un nivel predeterminado (que puede ser programado externamente), y además de informar estos datos aguas arriba también activa directamente el actuador (la lámpara misma) para encender. En muchos casos, un actuador, además de actuar sobre los datos enviados a

través de una red IoT, informará también con datos adicionales, de modo que en cierto sentido puede contener tanto un sensor como un actuador. Un ejemplo, usando nuevamente una lámpara: esta solo se enciende cuando se instruye específicamente por datos externos, pero si el elemento luminoso falla, la bombilla informará a la red que este dispositivo ya no es capaz de producir luz, incluso si está recibiendo datos. Una red de diseño robusto también requeriría el uso de un sensor de luminosidad, de modo que si la lámpara falla por completo, la red lo sabrá e informará de la falla.

La cuestión de la seguridad también se aplica a los actuadores de salida. De hecho, la seguridad y la certeza que rodea a un actuador de IoT a menudo es más importante que un sensor. Un sensor comprometido dará como resultado datos incorrectos o faltantes, que aún pueden acomodarse dentro de la red o esquema computacional que utiliza estos datos. Un actuador que ha sido comprometido o "pirateado" puede afectar directamente el mundo físico o una porción de una red, por lo que puede causar un daño inmediato. Imagínesse un conjunto de actuadores que controlan válvulas de tubería en una instalación de gas a alta presión ... y si algunas válvulas se cerraran repentinamente mientras otras se abren, se podría llegar fácilmente a una causa de ruptura y un potencial resultado desastroso. Es imperativo que en los puntos de alto riesgo exista un conjunto de protocolos de seguridad sólidos y de varias capas.

Este problema, junto con otros problemas de confiabilidad, probablemente retrasará la implementación de muchas implementaciones de IoT hasta que las pruebas adecuadas y la experiencia de casos de uso demuestren que las redes de control industrial actuales de "sistema cerrado" pueden reemplazarse con seguridad con una estructura de IoT más abierta.

Otra área donde IoT requerirá muchas pruebas y un análisis riguroso será en los vehículos, particularmente autos autónomos. La seguridad de la vida y de la propiedad dependerá en gran medida de las interacciones de los sensores y los actuadores.

Otros problemas y vulnerabilidades que afectan a los sensores de entrada también se aplican a los actuadores: actualización de firmware, obsolescencia del proveedor y un conjunto funcional de estándares. Al igual que en el mundo de los sensores, muchas de las deficiencias de los actuadores individuales deben ser manejadas por la capa de red para que todo el sistema demuestre el grado de robustez requerido.

9.1. Tipo de actuadores

9.1.1. Hidráulicos. Los actuadores hidráulicos, son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión. Utiliza la presión del líquido para realizar el movimiento mecánico, se emplean cuando se necesita potencia.

9.1.2. Neumáticos. Son los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad. En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención. Utiliza aire comprimido a alta presión para permitir el funcionamiento mecánico.

9.1.3. Eléctricos. Impulsado por un motor que convierte la energía eléctrica para el funcionamiento mecánico. La estructura de un actuador eléctrico es simple, ya que sólo requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador. Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. La función básica de un actuador es recibir una señal, y en base a esa señal, realice una acción de conjunto. Los actuadores no procesan los datos, sino que ejecutan directivas, acción realizada por el actuador causada por una señal desde el controlador.

10. Plataforma IoT Fiware

Fiware es una plataforma de código abierto que combina componentes que habilitan la conexión de IoT con un contexto de información, un servicio de administración y con servicios en la nube.

Telefónica, Orange, Engineering y Atos han dado un paso muy importante creando una fundación FIWARE con sede en Alemania cuyo objetivo será proteger la marca y conseguir que sea un estándar neutral y que no esté ligado a ningún proveedor concreto. No será de nadie en concreto sino de todos y además está abierto a que se unan las organizaciones que estén interesadas en unirse.

La plataforma proporciona un conjunto simple pero potente de APIs (interfaces de programación de aplicaciones) que facilitan el desarrollo de aplicaciones inteligentes en múltiples sectores. Las especificaciones de estas API son públicas y libres de regalías. Además,

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

hay disponible una implementación de referencia de código abierto de cada uno de los componentes de FIWARE para que múltiples proveedores de FIWARE puedan surgir más rápido en el mercado con una propuesta de bajo costo.

FIWARE es una iniciativa open source que pretende impulsar la creación de estándares necesarios para desarrollar aplicaciones Smart en diferentes dominios: Smart Cities, Smart Ports, Smart Logistics, Smart Factories, entre otros. Cualquier aplicación Smart se caracteriza por recoger información relevante para la aplicación de diferentes fuentes sobre lo que está pasando en un momento dado. Esto se conoce como “información de contexto”. La información de contexto actual e histórica se procesa, visualiza y analiza a gran escala. De esta forma, se produce el comportamiento inteligente esperado.

FIWARE quiere impulsar un estándar que describe cómo recopilar, gestionar y publicar información de contexto y adicionalmente aportar elementos que permiten explotar esta información una vez recopilada. Ese estándar no existe en la actualidad y resulta clave para construir un mercado digital único para las aplicaciones inteligentes donde las apps y soluciones pueden portarse de un cliente a otro sin grandes cambios. También resuelve de manera sencilla cómo capturar información procedente de redes de sensores, aunque se comunican usando diferentes protocolos y lenguajes IoT. En ese sentido es capaz de resolver la complejidad de tratar la información recogida por los sensores y traducirlos a un lenguaje común.

Respecto al entorno de Smart Cities, tenemos un estándar sobre cómo recoger información, gestionarla y publicarla, describiendo qué está pasando en la ciudad en cualquier momento en tiempo cuasi-real. El procesamiento y análisis de la información actual e histórica proporciona a las ciudades una visión holística, ayudándole a obtener mayor control y monitoreo de la calidad del servicio que se ofrece a los ciudadanos. Adicionalmente la ciudad es capaz de exportar y publicar parte de esa información para que terceros puedan desarrollar aplicaciones interesantes para el ciudadano, para la economía local y para los procesos productivos de la ciudad. Por este motivo, se dice que adoptar estándares FIWARE convierte a las ciudades en motores de crecimiento.

11. Referencias

- [1] Maciej Kranz, Internet of Things: Construye nuevos modelos de negocio, 2017.
- [2] Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi, Internet of Things: Principles and Paradigms, 2016.

[3] Qusay F. Hassan, Atta ur Rehman Khan, Sajjad A. Madani, Internet of Things: Challenges, Advances, and Applications, 2017.

[4] Raj Kamal, Internet of Things, 2017.

[5] BK Tripathy, J Anuradha, Internet of Things (IoT): Technologies, Applications, Challenges and Solutions, 2017.

[6] Guía de la implementación de la facilitación del comercio,
<http://tfig.itcilo.org/SP/contents/interoperability.htm>.

[7] R. Pallás Areny, Sensores y Acondicionadores de señal, Ed. Marcombo. Cuarta edición, 2003.

[8] Arduino, <https://www.arduino.cc>.

[9] SparkFun Electronics, <https://www.sparkfun.com>.

[10] R. Pallás Areny, Sensores y Acondicionadores de señal, Ed. Marcombo. Cuarta edición. 2003.

[11] J. Fraden, Handbook of Modern Sensors, AIP Press, 1993.

[12] H.N. Norton, Handbook of Transducers, Ed. Prentice Hall, 1969.

[13] S. Middelhoek, S.A. Audet, Silicon Sensors, Ed. Academic Press, 1989.

[14] Fiware, <https://www.fiware.org>.

[15] IoT, <https://iot.eclipse.org/working-group/>.

El Smartphone en el aula de Matemática Discreta como herramienta de aprendizaje

Marcela E. Bellani, María Liliana Mazzi, Héctor Conrado, Ezequiel Lobatto, Christian Staple, Sandra Luchetti

*Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas Universidad Nacional de la Matanza
Florencio Varela 1903 (B1754JEC)- San Justo, Buenos Aires, Argentina
mbellani@unlam.edu.ar*

Resumen

Hoy en día el desarrollo tecnológico nos ofrece nuevas posibilidades para modificar y / o mejorar nuestras prácticas docentes. En nuestra constante tarea como docentes de motivar y enseñar a aprender a los estudiantes del primer año de la carrera de ingeniería, presentamos este trabajo que consiste en la descripción y evaluación de una experiencia con la herramienta "Socrative" utilizando dispositivos móviles en el aula como recurso de apoyo a la metodología aula invertida.

Se formaron grupos de 4 a 5 estudiantes para trabajar cooperativamente respondiendo a un cuestionario elaborado con "Socrative" durante dos horas en cada uno de los cursos de la asignatura. Todos los estudiantes tenían la aplicación "Socrative Student" en su dispositivo móvil para marcar las respuestas.

Después de contestar, la aplicación les indica la respuesta correcta en verde y la incorrecta en rojo. Y, además, visualizan la respuesta correcta debidamente justificada.

Por otro lado, a partir de los resultados y estadísticas proporcionadas por la aplicación se evaluó el grado de asimilación de los conceptos relacionados al tema grafo-digrafos por los estudiantes en los distintos turnos. Y, en este sentido, los estudiantes del turno noche fueron los que obtuvieron las menores puntuaciones pues para llevar a cabo con éxito la experiencia se necesita que los estudiantes hayan podido hacer previamente las actividades propuestas fuera del ámbito áulico. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los estudiantes del turno noche trabajan y, por lo tanto, disponen de menor tiempo para la realización de tareas fuera del horario de la cursada, mientras que los estudiantes del turno mañana se dedican exclusivamente a estudiar.

Al finalizar la experiencia en el aula, se llevó a cabo una encuesta entre los estudiantes mediante un formulario Google con el propósito de conocer sus opiniones y valorar la experiencia.

La recepción de los estudiantes fue muy positiva, y nos proporcionó una interesante retroalimentación para continuar implementando las nuevas tecnologías en la asignatura.

Si bien este tipo de metodología, con la utilización de aplicativos y tecnologías, dentro del marco de aula invertida, fue aplicado para una unidad didáctica de la asignatura, creemos que los resultados deben ser evaluados como un caso testigo para luego transferir este tipo de metodología que responde a pedagogías activas al aprendizaje de toda la asignatura.

Introducción

Matemática Discreta, MD, se enmarca dentro del ciclo general de conocimientos básicos correspondiente al área de tecnologías básicas para las carreras de ingeniería. Al ser una asignatura del primer año de la carrera, sus cursos cuentan con una gran cantidad de estudiantes y, además, con una gran carga teórica a desarrollar en cuatro horas semanales. Esto hace que, en general, la metodología más utilizada en el aula se base en: explicación del docente interactuando con los estudiantes haciendo ejemplos en el pizarrón pero con pocas posibilidades de que los estudiantes "hagan" en el aula.

Teniendo en cuenta que las nuevas tecnologías han brindado posibilidades de renovar el contenido y los métodos pedagógicos, reforzándolos con material didáctico apropiado a las nuevas formas de comunicación y de estudio, se llevó a cabo una experiencia que consistió en, por un lado, utilizar la metodología aula invertida y, por el otro, utilizar el celular en el aula para que los estudiantes respondan preguntas y resuelvan problemas relacionados con el tema propuesto para dicha aula invertida. De esta manera, a partir de la combinación de metodologías

activas se buscó que los estudiantes dejen de ser pasivos y se conviertan en protagonistas de su propio aprendizaje. Paralelamente, se pretende aprovechar al máximo el tiempo en que los mismos están en clase y en última instancia mejorar los resultados de aprendizaje y la adquisición de competencias.

Con respecto a la aplicación de las nuevas tecnologías, Mariana Maggio sostiene que *“la transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los artefactos, sino por la reconstrucción de los encuadres pedagógicos de dicha renovación”* [1]. En consecuencia, el nuevo rol docente implica abordar estrategias de enseñanza que sugieran, desarrollen o propongan algún instrumento pedagógico-didáctico para mejorar las prácticas docentes existentes. En este sentido, la tecnología debe estar al servicio del proyecto educativo y depender de este. Será necesario recordar entonces, que de ninguna manera ésta debe adquirir mayor protagonismo que el propio proceso de aprendizaje [2].

El trabajo que aquí se presenta tiene como anclaje el trabajo de investigación [3] que el grupo de la cátedra de M D viene desarrollando con la intención de mejorar las metodologías tradicionales con manejos atractivos de la tecnología y de los medios de comunicación, pero, a la vez, haciendo un uso crítico y reflexivo de estos.

El m-learning

Existen muchas definiciones del Mobile Learning o Aprendizaje Móvil, pero consideramos que una de las más completas es la propuesta por Brazuelo – Gallego [4] que lo entiende como una *“modalidad educativa que facilita la construcción del conocimiento, la resolución de problemas de aprendizaje y el desarrollo de destrezas o habilidades diversas de forma autónoma y ubicada gracias a la mediación de dispositivos móviles portables”*.

Asimismo, el panel de expertos implicados en la elaboración del informe Horizon 2017 para la Educación Superior [5] considera que *“los dispositivos móviles se han convertido en portales de acceso y entrada a entornos de trabajo y de aprendizaje personalizados que facilitan la exploración de nuevos temas al ritmo de cada usuario”*. Además, permiten a los estudiantes poner en práctica competencias necesarias para el desenvolvimiento en el siglo XXI tales como la comunicación, la colaboración o la creación de

contenido, como así también facilita las posibilidades de interacción docente-estudiante.

Sin embargo, se puede pensar en que la utilización de dispositivos móviles en el aula puede incidir negativamente en los estudiantes porque captan su atención. Todo lo contrario, al incorporar los dispositivos móviles, los estudiantes están más motivados y predispuestos a la realización de tareas pues se encuentran totalmente familiarizados con ellos.

Por otro lado, hay una gran variedad de recursos gratuitos que el docente puede disponer para integrar los dispositivos móviles al aula. Entre ellos, se encuentra la herramienta “Socrative” [6] creada en 2010 por un profesor del MIT que decidió utilizar los dispositivos móviles en el aula como soporte para sus clases. Se puede utilizar on-line (compatible con cualquier navegador) o con apps gratuitas para iOS, Android y Windows Mobile. Con este recurso el docente puede hacer variadas actividades pues dispone de diferentes opciones: Examen (cuestionario), Space Race (juego que consiste en un cuestionario con tiempo y ranking de resultados), pudiendo realizar preguntas del tipo de: respuesta múltiple, verdadera o falsa y pregunta corta.

Los estudiantes responden por medio de su dispositivo móvil en tiempo real de forma flexible e intuitiva, mientras que el docente puede seguir el resultado de las respuestas en directo o bien revisarlos posteriormente en los reportes que almacena Socrative. Además, los estudiantes tienen la posibilidad de obtener resultados y estadísticas a medida que vayan respondiendo a cada pregunta. Por lo cual, la inmediatez del feedback permite a los estudiantes conocer el grado de asimilación de su aprendizaje mientras que al docente le permite tener una referencia de los conocimientos de los estudiantes.

Cabe aclarar que en el mercado existen un gran número de aplicaciones gratuitas con fines educativos o no. Por consiguiente, es necesario hacer un análisis profundo de algunas de ellas, para seleccionar aquella que sea útil, amigable y eficiente para nuestra propuesta didáctica y que mejor se adapta a nuestro contexto educativo y objetivos educativos.

Objetivo

El objetivo general de la experiencia que se describe en este trabajo consistió en evaluar la utilización de la herramienta “Socrative” en el aula a través de dispositivos móviles como recurso de apoyo a la

metodología aula invertida. Siendo los objetivos específicos:

- Aumentar el protagonismo de los estudiantes potenciando el trabajo colaborativo.
- Diseñar y elaborar el material y las actividades para el m-learning utilizando la herramienta “Socrative”.
- Recoger la opinión de los estudiantes.

Desarrollo

La experiencia se llevó a cabo en los 10 cursos de M D, participando 600 estudiantes.

En primer lugar, para la implementación del aula invertida se seleccionó el tema grafo –dígrafo perteneciente a la currícula de MD, por considerar que no presenta mayores dificultades a los estudiantes y, en general, les resulta un tema interesante. Se elaboraron los materiales seleccionando videos de la web cuya duración fuese inferior a los diez minutos y no en un número excesivo para evitar que los estudiantes se cansen de ver videos. Posteriormente, se preparó un cuestionario para que los estudiantes respondan, en sus casas, después de ver los videos. Las preguntas y/o ejercicios se diseñaron teniendo en cuenta los niveles cognitivos más bajos en la taxonomía de Bloom tales como recordar, aplicar, comprender con el fin de garantizar el proceso de aprendizaje.

En segundo lugar, se procedió al diseño y elaboración del material para ser utilizado en el aula utilizando la herramienta “Socrative”. En este caso, el cuestionario se diseñó de acuerdo a los niveles cognitivos superiores de la taxonomía de Bloom. Se elaboraron preguntas que implicaran analizar, comprender y evaluar la situación problemática planteada. Por lo cual, los estudiantes resolvieron problemas grupalmente para poder contestar el test.

Creación del Test utilizado en el aula

Luego de crear una cuenta en la web para Socrative Profesor (Fig.1), se accede a la pantalla principal (Fig.2) desde donde se visualizan las posibles actividades a desarrollar en el aula tales como examen y el juego, nave espacial; la encuesta final y el centro de creación de cuestionarios: selección múltiple; verdadero/falso y respuesta corta. Ya registrados, creamos un aula virtual (Habitación) personal a la que damos un nombre “Grafos” y en ella creamos un cuestionario con 15 preguntas sobre el contenido de la materia que elegimos para nuestra aula invertida “Grafos y digrafos”.

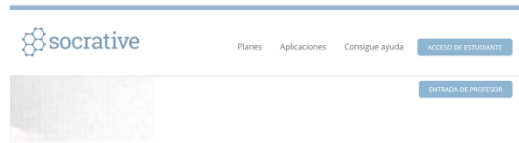


Fig.1.Captura de pantalla inicial de Socrative

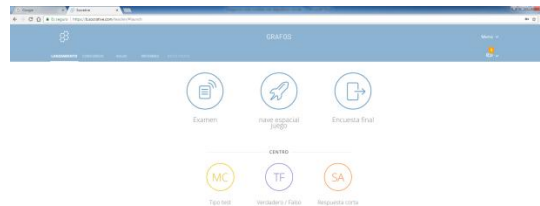


Fig.2.Captura de pantalla principal de Socrative.

La interfaz de la aplicación es sencilla e intuitiva. Por lo que no se requiere de mucho tiempo para familiarizarse con ella. A pesar de esto, existen diversos tutoriales en la web [7] que explican cómo usarlo.

El cuestionario estaba formado por preguntas de selección múltiple y verdadero/falso combinadas correspondientes a la resolución del problema planteado. En él se marca la respuesta correcta y, además, se puede añadir una explicación que podrá ver el estudiante una vez que haya respondido. A continuación se ejemplifica el procedimiento realizado con una serie de capturas de pantalla.

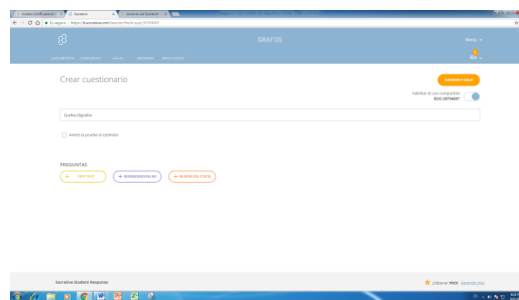


Fig.3.Pantalla para la selección del tipo de cuestionario.

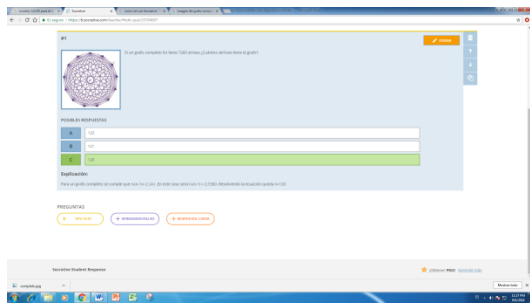


Fig.4.Elaboración de preguntas tipo selección múltiple

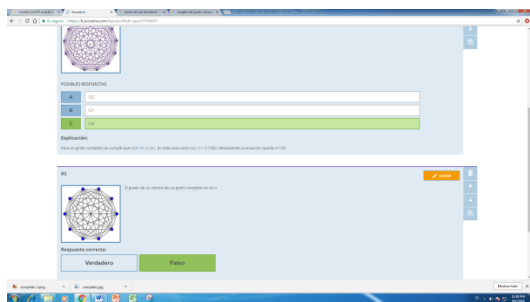


Fig.5.Elaboración de preguntas tipo verdadero /falso

Implementación

En cada una de las comisiones se formaron grupos de 4 a 5 estudiantes para trabajar cooperativamente respondiendo el cuestionario elaborado con “Socrative” durante dos horas.

Todos los estudiantes tenían la aplicación “Socrative Student” en su dispositivo móvil para marcar las respuestas.

Para iniciar la actividad en el aula, primero el docente debe acceder a ella desde su dispositivo móvil poniendo en marcha la actividad al clickear en “lanzamiento” (Fig.6) y, luego, los estudiantes ingresan escribiendo el nombre de la Habitación “Grafo”.

Se seleccionó el lanzamiento “Examen” y luego el cuestionario a trabajar (Fig.7).

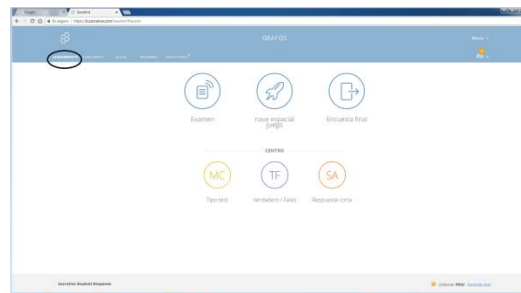


Fig.6.Captura de pantalla “lanzamiento”

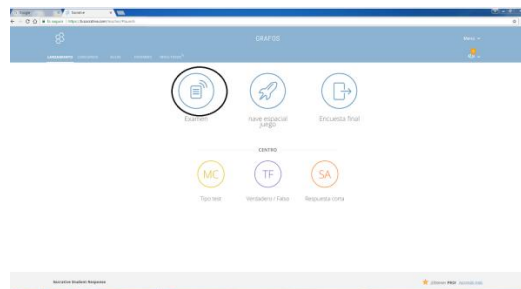


Fig.7.Captura de pantalla “Examen”

A continuación, se seleccionó “retroalimentación instantánea” y se configuró solicitando el nombre de los estudiantes y permitiendo que vean las respuestas correctas y el puntaje obtenido al contestar el cuestionario. Luego se clickea “comenzar” (Fig.8).

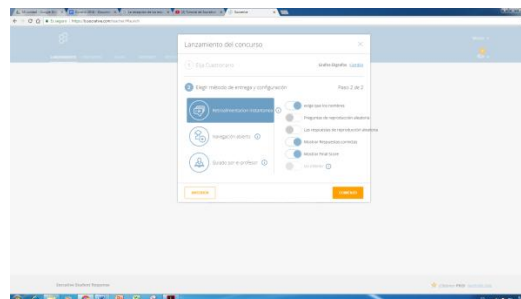


Fig.8.Captura de pantalla selección “Retroalimentación instantánea”

Después de contestar, la aplicación les indica la respuesta correcta en verde y la incorrecta en rojo. Y, además, visualizan la respuesta correcta debidamente justificada.

Una vez finalizada la actividad, la plataforma envió un reporte con los resultados al correo del docente en un formato planilla *Excel*, que contenía el puntaje alcanzado por cada grupo de estudiantes en una escala de 0 a 100. En este mismo archivo también se visualizan el porcentaje de respuestas correctas para cada pregunta. Asimismo le permite detectar al

docente cuáles fueron los conceptos más complejos para su comprensión por el estudiante. De esta manera, a partir de los resultados y estadísticas, el docente aclaró aquellas preguntas que obtuvieron los mayores porcentajes de error de manera inmediata.

Al concluir la experiencia los estudiantes respondieron a una encuesta de opinión realizada con formularios Google.

Resultados y discusiones

A partir de las planillas *Excel* se hizo, para cada comisión, un gráfico que indica la correspondiente puntuación obtenida por los estudiantes de cada curso. A modo de ejemplo se presentan en los gráficos Fig.9 y Fig.10 los resultados obtenidos para una comisión del turno mañana y turno noche que son fiel reflejo de los resultados obtenidos en las demás comisiones del turno mañana y del turno noche.



Fig.9.Puntuación obtenida por los estudiantes turno mañana

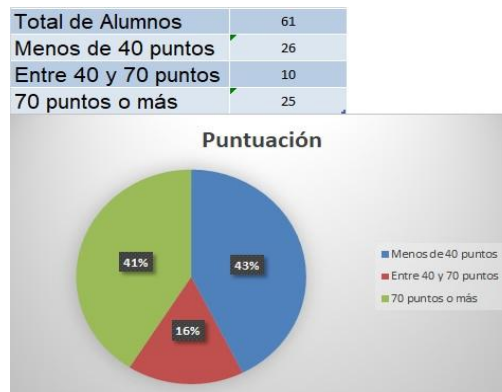


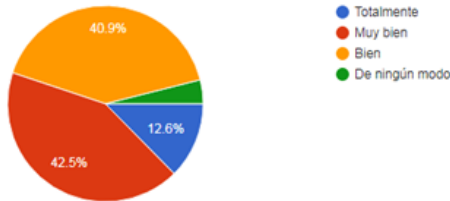
Fig.10. Puntuación obtenida por los estudiantes turno noche.

Estos gráficos nos han permitido evaluar las diferencias en la asimilación de los conceptos relacionados al tema grafo-digrafos por los estudiantes en los distintos turnos. De esta manera, con los gráficos de Puntuación de todas las comisiones del turno mañana y del turno noche, se visibilizó que, aproximadamente el 60 % de los estudiantes del turno mañana lograron una puntuación superior a 70 puntos en contraposición al 40 % alcanzado por las comisiones del turno noche. Resultados que eran los esperados ya que en el turno noche concurren estudiantes que estudian y trabajan mientras que en el turno mañana los estudiantes se dedican exclusivamente a estudiar, máxime considerando que el aula invertida implica compromiso y tiempo fuera del aula por parte de los estudiantes. Para poder hacer la actividad con Socrative en el aula, los estudiantes previamente debían contestar un cuestionario en sus casas a partir de la visualización de tres videos. Por lo que el éxito de la experiencia dependerá en gran parte del seguimiento y uso del material proporcionado previamente que hagan los estudiantes.

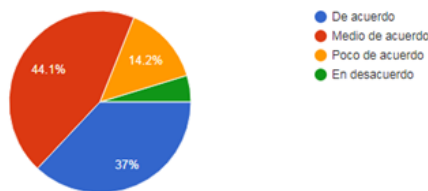
Al finalizar la experiencia en el aula, se llevó a cabo una encuesta entre los estudiantes mediante un formulario Google con el propósito de conocer sus opiniones y valorar la experiencia.

La encuesta contenía cuatro preguntas en las cuales el estudiante debía dar su opinión con respecto a la utilidad de “Socrative” y la experiencia en el aula. A continuación se detallan las preguntas de la encuesta y sus resultados.

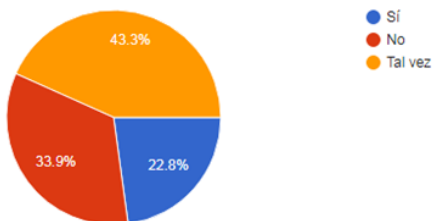
1) ¿Entendió el tema grafos-dígrafos luego de hacer la actividad con Socrative?



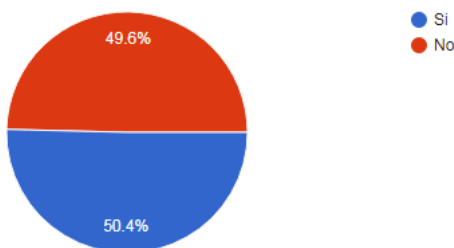
2) ¿Considera que la utilización de “Socrative” dinamiza la clase?



3) ¿Considera que la utilización de “Socrative” en clase mejoraría el aprendizaje del tema?



4) ¿Pudo realizar satisfactoriamente la experiencia con Socrative?



Como puede verse de los resultados, el 42,5 % de los estudiantes considera que la utilización de la herramienta “Socrative” como apoyo al aula invertida les permite afianzar sus conocimientos, mientras que sólo el 4 % considera que de ningún modo los ayuda en su aprendizaje. Sin embargo, cuando se les pregunta si mejoraría el aprendizaje del tema, el 43,3 % considera que tal vez y el 33,9 % que no.

Con respecto a la utilización de la herramienta en el aula el 37 % considera que dinamiza la clase y el 14 % que no. Y, prácticamente la mitad de los estudiantes pudieron hacer la actividad satisfactoriamente, es decir pudieron terminarla, y la otra mitad no lo pudieron hacer en el tiempo establecido.

Conclusiones

La utilización de la aplicación “Socrative” nos ha permitido obtener información rápida del conocimiento y la comprensión de los contenidos relacionados con grafos-digrafos.

Por otro lado, para los docentes de la asignatura fue una experiencia positiva con las siguientes fortalezas y debilidades:

Fortalezas

- Potencia el trabajo en grupo y la comunicación oral entre estudiante-estudiante y estudiante-docente.
- Permite detectar cuáles son los conceptos erróneos o confusos una vez finalizada la actividad. Por lo cual, el docente tiene la posibilidad de aclararlos inmediatamente.
- El hecho de que la aplicación una vez contestada la pregunta muestre la respuesta correcta, da la posibilidad de una retroalimentación con el grupo debido a que si fallan reciben en el mismo momento la corrección y la justificación detallada.
- Se trata de una metodología sostenible, ya que la aplicación es gratuita y sólo es necesario contar con internet.

Debilidades

- Es necesario contar con una buena conexión a internet.
- A pesar de que los estudiantes pudieron contestar el cuestionario desde cualquier dispositivo móvil se observó que algunos de ellos tenían mejor conectividad que otros, lo que generó variaciones en los tiempos de realización de la experiencia.
- Como se puede observar en la encuesta, un poco menos del 40 % de la población

estudiantil tomada, considera que la utilización de la aplicación no mejoraría su aprendizaje. Sin embargo creemos que es debido a la falta de hábito de ser ellos mismos los protagonistas del proceso de construcción del aprendizaje utilizando tecnología. Esto es consecuencia de no haber incorporado habilidades tendientes a visualizar el pensamiento, y resolver problemas en forma colaborativa optimizando todas las herramientas que les brinda las aplicaciones móviles.

- La no previa visualización de los videos necesaria para realizar la actividad por parte de algunos alumnos, que no favorece a realizar con éxito la actividad.

Analizando las fortalezas y debilidades creemos que debemos aumentar las actividades con esta metodología para promover en el alumno, la capacidad de “aprender a aprender” utilizando las tecnologías cotidianas como medio de capacitación en forma colaborativa, haciendo que se comprometan con las consignas expuestas y sin olvidarnos de brindarle a los alumnos un contexto en donde se pueda garantizar la buena conectividad.

Referencias

[1] MAGGIO, M. “El tutor en la educación a distancia”. En: Litwin, E. (comp) *La educación a distancia*. Colección Agenda Educativa. BsAs: Amorrortu Editores. (2000)

[2] MENA, M., RODRIGUEZ, L. y DIEZ M.L. “El diseño de proyectos de educación a distancia. Páginas en construcción” Ciudad de Buenos Aires: La Crujía. (2005)

[3] BELLANI, M; MAZZI, M L; CONRADO, H; LOBATTO, EZEQUIEL; STAPLE; CHRISTIAN; LUCHETTI, SANDRA. “El m-learning como herramienta central para el aprendizaje colaborativo”. San Justo, UNLaM, DIIT. (2017)

[4] BRAZUELO, F. & GALLEGO, D. “Mobile Learning: los dispositivos móviles como recurso educativo”. Sevilla: MAD Eduforma. (2011). p: 17

[5] RESUMEN INFORME HORIZON 2017 .Educación Superior. INTEF. Disponible en: http://educalab.es/documents/10180/38496/Resumen_Informe_Horizon_2017/44457ade-3316-418e-9ff9-fd5e86fc6707

[6] SOCRATIVE.MIT. (2010) .Disponible en: <https://www.socrative.com/apps.html>

[7] MERCHE MARQUES ANDRÉS “Breve tutorial sobre cómo crear y lanzar cuestionarios en clase usando Socrative”. (2016) Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=5x3oxM2-W0M>

Técnicas de Gamificación aplicadas a una experiencia práctica como factor de fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje de programación

Lucas Videla, Leonardo Blautzik, Federico Gasior
Julio Crispino, Verónica Aubin, Renata Guatelli, José Luis Cabrera, Carolina Sanchez, Daniel Giulianelli
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de la Matanza
Florencio Varela 1903 (B1754JEC)- San Justo, Buenos Aires, Argentina
lblautzik@unlam.edu.ar

Resumen—Siguiendo con el enfoque de la cátedra de Programación Avanzada de la Universidad Nacional de La Matanza, de incorporar metodologías activas, que permitan al estudiante ser artífice de su proceso formativo, se presenta aquí una experiencia lúdica que muestra la utilización de distintas técnicas de gamificación con el objetivo de incentivar la participación y aumentar la motivación de los estudiantes para con esto favorecer la adquisición de competencias y contenidos específicos. En este artículo se muestra como fortalecer la enseñanza de la programación utilizando un torneo como herramienta lúdica. Éste torneo se basó en el conocido juego de "piedra, papel o tijera". Mediante sencillas técnicas de inteligencia artificial, los alumnos desarrollaron una aplicación (Jugador), que les permitió competir entre ellos. Esta actividad demostró ser efectiva para el desarrollo de competencias transversales como trabajo en equipo, capacidad de análisis y síntesis, toma de decisiones, capacidad de crítica y autocrítica, fue un claro ejemplo de como aplicar la teoría a la práctica. Demostró también que los torneos, utilizados como parte del proceso de enseñanza - aprendizaje, incrementan la motivación de los estudiantes y proporcionan un mecanismo eficiente para el aprendizaje colaborativo. Por último, se presentan los resultados obtenidos y un análisis de la correlación entre las notas obtenidas por los alumnos en las prácticas del taller y la posición alcanzada en la competición.

1. Introducción

Siguiendo con la tendencia actual de la educación en ingeniería y en particular de la enseñanza de la programación, en el ámbito académico se tiende a una educación donde el estudiante asuma un papel activo, siendo responsable de su proceso formativo. El modelo clásico de educación en las universidades limita la interacción entre estudiantes, docentes y contenidos, en este sentido, la gamificación surge como una herramienta pertinente para motivar el desarrollo de contenidos y la participación de los estudiantes en el aula [1]. Para lograr mejores resultados en el aprendizaje es necesario que el alumno esté motivado. En un ámbito de educación superior partimos de sujetos que se acercan de

forma libre, voluntaria y vocacional a determinados estudios con los que pretenden forjar su futuro profesional y con ello parte de su vida. En este escenario se presupone una alta motivación que se traduce en interés y perseverancia por todo aquello relacionado con su carrera, aunque obviamente no toda asignatura, práctica o tarea provoca el mismo grado de entusiasmo. Si un alumno mantiene de forma general bajos niveles de motivación en buena parte de su vida académica, entramos en un problema que excede lo académico y que desde luego la gamificación no va a resolver. Pero en líneas generales, el uso de éstas prácticas, induce a la motivación porque como técnica basada en juegos y logros coloca al estudiante en el centro de la experiencia y por ello le empuja a actuar.

El hecho de utilizar el juego como técnica de aprendizaje proporciona a los alumnos un ambiente distendido en el que no existe el miedo a cometer errores, y sin presiones incorporar conocimientos, lograr alcanzar metas y adquirir competencias.

La gamificación es la incorporación de elementos y/o estrategias lúdicas en contextos no lúdicos. Motiva a los estudiantes a mejorar dinámicas de grupo, favorecer el pensamiento crítico, la atención, la crítica reflexiva, la resolución creativa de problemas y el aprendizaje significativo. Permite el desarrollo de aptitudes y capacidades como la cooperación y el trabajo en equipo [2] [3].

2. Marco teórico

2.1. Gamificación o Ludificación

La ludificación, más conocido por el anglicismo gamificación, del inglés gamification, es el uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos y el ocio, en actividades no recreativas con el fin de potenciar la motivación, así como de reforzar la conducta para solucionar un problema, mejorar la productividad y obtener un objetivo

[4]. Llevado al terreno educativo, puede identificarse con el diseño de escenarios de aprendizaje integrados por propuestas ingeniosas y actividades que promuevan la resolución de tareas de forma innovadora y colaborativa [5]. Mientras el juego busca únicamente entretener, la gamificación se nutre de los aspectos psicológicos del juego, sus componentes y elementos para ser utilizados en contextos no lúdicos, con el fin de motivar a la acción y adquirir nuevas competencias.

Desde el punto de vista de la psicología, la motivación favorece un aprendizaje profundo, además si esta es intrínseca el sujeto tendrá un sentimiento de deseo que favorecerá el desempeño de cualquier actividad. Los autores Joey J. Lee y Jessica Hammer, identifican que la gamificación es una oportunidad para enfrentar dos problemas en la educación: la motivación y el compromiso [5]. Dentro del rol docente se encuentran mejorar y motivar el aprendizaje usando diferentes dinámicas [6], [7].

2.2. El trabajo en grupo

Pichón Riviere, médico psiquiatra argentino define grupo como un “Conjunto de personas que, ligadas por constantes de tiempo y espacio y articuladas por su mutua representación interna, se proponen en forma explícita o implícita llevar a cabo una tarea que constituye su finalidad, interactuando a través de complejos mecanismos de adjudicación y asunción de roles” [8].

Dentro del marco teórico de la Psicología Social, el objetivo de los grupos es aprender a pensar. En efecto, no puede perderse de vista que el pensamiento y el conocimiento son producciones sociales. Necesariamente, para aprender a pensar, el individuo necesita del otro. Pensar, siempre es pensar en grupo. De este modo podemos afirmar y sostener la importancia del trabajo grupal en el aula a la hora de construir conocimiento, y de preparar a los futuros egresados para una sociedad en la que la vida profesional se desarrolla muchas veces de manera interdisciplinaria, enriqueciendo su labor individual.

En un trabajo en equipo, el rol de cada uno dentro del mismo es fundamental. Cada uno tiene un rol diferente y el grupo tiende a tratar de que perdure, siempre hay alguien que adjudica y otro que lo asume y lo desarrolla ya que los roles tienen un deber ser, algo permitido y algo prohibido; más allá de estar informando acerca de lo que sucede en el clima áulico todos los seres humanos en cualquier ambiente encarnan diferentes roles. Es importante destacar que cada persona ejerciendo su rol demuestra lo que se espera de su posición, y de lo que es capaz, de esta manera se logran mayores rendimientos con menos esfuerzo, logrando gran satisfacción en cada uno de ellos.

Como vimos, un grupo no es sólo una agrupación de personas, hay algo que los une que es una finalidad en

común la cual será parte de la motivación, motor del trabajo en equipo, y acompañado de la gamificación con su alto poder motivacional y capacidad socializadora pueden ser una interesante herramienta no sólo para conseguir mayor compromiso del alumno sino un aprendizaje más significativo, donde se convierte en protagonista. El trabajo en equipo refuerza las competencias de toma de decisiones, análisis y síntesis y de crítica y autocrítica.

En contraposición a la enseñanza tradicional de la programación, considerada como una actividad fundamentalmente individual; surgen en los últimos años un enfoque diferente basado en metodologías activas, promoviendo el aprendizaje en grupo de forma colaborativa, como por ejemplo: basado en proyectos, en problemas y aprendizaje competitivo. En este último para evitar la frustración de los estudiantes, se debe enfocar la actividad en el aprendizaje y sus aspectos lúdicos, deben tenerse en cuenta las diferencias en la motivación y los sentimientos generados entre los que resultan ganadores o perdedores [9].

2.3. Los Torneos

2.3.1. Distintas modalidades de torneos. Dividiremos los sistemas de competición en dos tipos: los torneos y los sistemas de clasificación. Un torneo es una competición en la que se enfrentan un número relativamente grande de participantes. Generalmente suponen la celebración de múltiples enfrentamientos entre grupos de participantes. El ganador final del torneo se determina a partir de los resultados de dichos enfrentamientos. Los tipos de torneos más comunes son los siguientes:

- Torneos de grupo o ligas. Son uno de los tipos de torneo más usuales y con más variantes. Consisten en el desarrollo de un número determinado de enfrentamientos entre todos los participantes que forman el grupo. Cada enfrentamiento proporciona un determinado número de puntos a cada participante y todos los participantes se ordenan de acuerdo al total de puntos acumulados. Uno de los más comunes es el torneo de round-robin, en el que cada participante juega exactamente el mismo número de veces contra el resto de participantes del torneo. Generalmente, en este tipo de torneos es necesario establecer reglas que rompan los posibles empates a puntos entre los equipos.
- Torneos eliminatorios o de knockout. Son torneos divididos en múltiples rondas. En cada ronda se producen una serie de enfrentamientos y solo los mejores clasificados de dichos enfrentamientos pasan a la siguiente ronda. En el caso de enfrentamientos de dos participantes, solo el vencedor pasa a la siguiente ronda. A medida que se van pasando rondas el número de participantes decrece hasta que

solo quede un único enfrentamiento en el que se decide el ganador del torneo.

- Retos. Son torneos en los que el campeón se mantiene mientras que no haya ningún otro participante que lo derrote.
- Torneo en escalera. Es un tipo de torneo basado en retos en el que dos participantes intercambian sus posiciones de acuerdo al resultado de su enfrentamiento. Si un participante E1 que se encuentra en la posición p1 reta y derrota a otro participante E2 que está en la posición p2, de modo que p2 es mayor que p1 entonces ambos participantes intercambian sus posiciones, es decir, E1 pasará a la posición p2 mientras que E2 pasa a la posición p1. Solo se puede retar a participantes que estén clasificados por encima del retador. Este tipo de torneo se puede jugar indefinidamente.

Generalmente los torneos se juegan en varias fases que pueden mezclar distintos tipos de torneos. Por ejemplo, es muy común la celebración de competiciones en las que primeramente se celebra una fase de grupos y en la que los mejor clasificados de cada grupo pasan a una fase de torneo eliminatorio.

3. La Experiencia

3.1. Contexto

La experiencia se llevó a cabo en todas las comisiones de la cátedra de Programación Avanzada, de la Universidad Nacional de La Matanza, en el primer cuatrimestre del 2018. La materia cuenta con un espacio de taller en el que se exploran diversos aspectos de la programación. Es un espacio eminentemente práctico. Surge entonces la idea de gamificar una experiencia práctica para introducir conceptos de inteligencia artificial, teniendo en cuenta que el concepto de inteligencia artificial es mucho más extenso que el planteado en este desafío. La experiencia persigue los siguientes objetivos relacionados con las competencias transversales que se pretende que los alumnos adquieran:

- Mejorar la capacidad de trabajo en equipo.
- Mejorar la capacidad de análisis y síntesis.
- Mejorar la capacidad de toma de decisiones.
- Mejorar la capacidad para aplicar la teoría a la práctica.
- Mejorar la capacidad de crítica y autocrítica.

3.2. La consigna

«Los equipos participarán de un torneo por eliminación, en el cual jugarán al Piedra, Papel o

Tijera. Cada grupo desarrollará la inteligencia de un Jugador, y éste deberá enfrentar en una serie de encuentros al Jugador de otro grupo. Aquel que obtenga mayor cantidad de victorias, pasará a la siguiente etapa.».

Se presentó la consigna, junto con una interfaz y algunos enumerados como base para trabajar. Se dejó para un momento posterior la ampliación de la información para participar. Logrando con esto separar las etapas de programación y participación.

Para motivar aún más a los alumnos y evitar la frustración entre ganadores y perdedores, cada docente programó un jugador y se planteó un objetivo común:

¡Quien le ganase a los jugadores de los docentes obtendría premios adicionales!

3.3. Desarrollo

Habiendo pautado una hora para trabajar, los equipos comenzaron a pensar la mejor estrategia para la victoria.

Luego de transcurrida la mitad del tiempo, se liberaron el resto de los detalles de la ejecución del torneo:

Primero se correrían 100 encuentros de “precalentamiento”. Este resultado no sería tomado en cuenta para la puntuación final. Luego, una ronda de 1.000 encuentros para “ajustar” variables. Tampoco se considerarían estos resultados. Finalmente, una ronda de 10.000 encuentros en los cuales se debería obtener una diferencia de 100, o mayoría simple de victorias para determinar al ganador. Si esto no funcionase, se jugaría a muerte súbita durante 1.000.000 de encuentros. La experiencia demostró que fue necesario definir un encuentro bajo estas características. Si todo esto no funcionase, se determinaría al ganador en forma aleatoria.

3.4. Estrategias

Se muestran a continuación algunas de las estrategias utilizadas por los grupos, ya que demuestran ingenio y capacidad de adaptación:

- Cierta grupo utilizó una regla en su favor: participar con una forma nula era castigado con la pérdida automática del encuentro (no así de la partida). Sin embargo, siempre se informaba la forma del otro Jugador, por lo que decidieron perder a propósito durante las primeras 1.100 partidas, y así recolectar información del otro Jugador sin brindar nada

de información sobre ellos mismos. Esta estrategia probó ser muy efectiva.

- Otro grupo utilizó una estrategia estadística, corrigiendo los intervalos de corte del número aleatorio conforme obtenían resultados del otro Jugador. Es decir, si comenzaban con 1/3 de probabilidades para cada resultado, iban moviendo esa fracción a medida que se conocía que el oponente prefería una u otra forma.
- Uno de los Jugadores utilizaba la estrategia conocida como “si gana se mantiene, si pierde se cambia”. En esta estrategia, si uno comienza a ganar con la elección de la forma, la mantiene a menos que pierda. Allí cambia a otra. Los resultados fueron miserables, pero les resultó muy divertido.

4. Resultados observados durante las etapas de aprendizaje.

Cerca del 60 % de los participantes del torneo lograron vencer, al menos uno de los competidores creados por los docentes. Durante el precalentamiento y en las mejoras de los jugadores de cada grupo los alumnos pusieron en práctica las competencias de análisis, síntesis, toma de decisiones, crítica y autocrítica, aplicar la teoría a la práctica. Al compartir las estrategias de cada grupo, se pusieron en juego competencias de comunicación, crítica y autocrítica. Mientras pensaban y programaban su estrategia grupal se estableció una fuerte comunicación entre pares, aumentando el vínculo, afianzando la relación del grupo. La adquisición de los conceptos de inteligencia artificial, que la cátedra se propuso que los alumnos alcancen, se dio por el contraste de la estrategia de cada uno y de los docentes. El torneo llevó a un ganador por cada uno de los dos cursos, y luego se realizó un torneo con todos los Jugadores (de ambos turnos), y se realizó una nueva premiación. Los estudiantes mostraron un gran entusiasmo en la participación del torneo y se motivaron para continuar mejorando a sus jugadores. Si bien no era parte de la competencia, todos los equipos compartieron sus estrategias con los demás. Esto fomentó el espíritu colaborativo fundamentalmente para seguir mejorando cada estrategia en particular y lograr vencer a los bots de los docentes. Al menos la mitad de los equipos lograron este objetivo. Pocos grupos pensaron en la estrategia del otro Jugador al momento de programar el suyo propio.

4.1. Aprendizajes: debilidades y fortalezas de la implementación del torneo

Esta actividad nos muestra varios aspectos a mejorar y otros que superaron el resultado esperado:

- El torneo se volvió ligeramente injusto por la forma en que se definió el el pasaje a siguiente ronda de las llaves con cantidad de Jugadores impar. Al utilizar la última posición como “aquel beneficiado que pasaría a siguiente ronda”, sin mezclar las posiciones, se benefició a un Jugador en uno de los torneos. Luego se implementó un sistema de mezcla para seleccionar al beneficiado.
- Liberar las condiciones de los sucesivos encuentros a la mitad del tiempo suministrado parecería no haberle dado tiempo a los estudiantes para mejorar sus estrategias. Se debería modificar esto. La sugerencia sería presentar las condiciones pasado un tercio del tiempo total
- Una idea para el futuro sería proseguir con esta actividad, incluyendo a los ganadores de este cuatrimestre para próximas rondas.
- También se podría suministrar una pequeña guía estratégica del juego, a modo informativo y para darle ideas a los grupos que no tuvieron tanta iniciativa.
- Finalmente, se deberá prohibir el uso de estrategias aleatorias con distribución equitativa de la elección de la forma, ya que es una estrategia pobre y no meritosa (además de que es la que no brinda determinismo al momento de evaluar un ganador)

La Nota del Taller es el resultado de varios factores, uno de ellos (el más significativo) es la obtención de mérito. El mismo puede ser otorgado por resolver ejercicios en tiempo y forma, asistencia a clase, participación en las mismas, aportes pedagógicos a la cátedra y compañeros, y cualquier desempeño por encima de lo esperado de parte de los estudiantes. La Figura 1 muestra una clara correlación entre el ranking obtenido en el torneo y la nota obtenida mediante la participación en la totalidad de las actividades del Taller. Respecto a los outsiders, éstos muestran que hubo motivación en la actividad, dado que alumnos que no tienen mérito en las actividades del taller, obtuvieron sin embargo, muy buenos resultados en esta actividad lúdica. También se observa que no se presenta el caso inverso

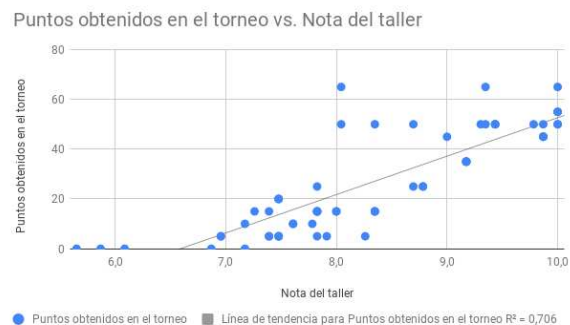


Figura 1. Puntos obtenidos en el Torneo vs. Puntos totales obtenidos en el Taller

5. Discusión

En el ámbito de la enseñanza - aprendizaje de la programación, la resolución de problemas en un ambiente colaborativo alienta la reflexión, genera alternativas, explica, justifica y evalúa soluciones. Se ve así la necesidad de utilizar estrategias colaborativas desde los inicios de la formación. El trabajo en equipo en una experiencia lúdica es un instrumento eficaz de trabajo colaborativo [22]. Munné considera que dos personas que interactúan pueden referirse también como una pareja, hecho que constituye una unidad [10] mientras que a partir de tres miembros surgen fenómenos radicalmente nuevos, de gran relevancia psicológica y social, ya que se establece una red interactiva de relaciones no-lineales entre los miembros [23]. El trabajo colaborativo debe poder ser evaluado desde el inicio, con la comprensión de la consigna hasta que se logre el objetivo final. La gamificación de una experiencia permite la rápida obtención de un objetivo (el Jugador en condiciones de competir), y su evaluación en la competición con otro Jugador.

6. Conclusiones

El objetivo de incluir experiencias lúdicas en la propuesta de la cátedra, es crear situaciones en las cuales se generen interacciones productivas entre los alumnos. En la búsqueda de estrategias para la enseñanza de programación surgen los Torneos como un nuevo recurso donde la actividad presentada demuestra su efectividad como factor de motivación. La competición realizada ha sido valorada en forma positiva por todos los participantes, revelando el potencial de esta actividad como recurso estratégico para la enseñanza de programación. Fue beneficiosa para todos los estudiantes participantes, independientemente de su posición en el ranking.

Los docentes ratifican que el juego es claramente una actividad completa de aprendizaje, donde el conocimiento no lo transmite el docente en una clase magistral, sino que los estudiantes lo incorporan a través de la experiencia.

La experiencia diseñada ha cumplido satisfactoriamente con los objetivos para la cual se diseñó. Permitió el aprendizaje del tema específico fomentando la adquisición de competencias transversales.

En cuanto al desarrollo de la competencia del trabajo en equipo tiene un amplio potencial de desarrollo tanto en la fase preparatoria del Jugador como en el propio desarrollo del torneo.

Se vieron reforzadas las competencias de toma de decisiones, de análisis y síntesis y de crítica y autocrítica. Los estudiantes se vieron forzados a tomar decisiones sobre las estrategias de sus jugadores.

Una vez terminada la partida, se compartieron espontáneamente las estrategias, se pusieron de manifiesto los conocimientos que fue necesario profundizar y se realizó un análisis abierto y compartido entre todos los equipos, permitiendo un aprendizaje entre pares. El debate que se realizó para finalizar la actividad fue muy enriquecedor permitiendo al docente reforzar los conceptos adquiridos.

Dados los resultados favorables obtenidos en esta experiencia, se propone extender la propuesta aquí presentada a otras actividades para aumentar la motivación y el aprendizaje de forma colaborativa.

7. Agradecimientos

A las autoridades del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza, por los cambios puestos en marcha durante estos últimos años.

Referencias

- [1] VILLALUSTRE, L., DEL MORAL, M. (2015) *Ludificación: Estrategia para optimizar el proceso de aprendizaje y la adquisición de competencias en contextos universitarios*. *Digital Education Review*, 0(27), 13-31
- [2] OLIVA Y HORIZON REPORT: OLIVA, H. (2017) *La ludificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario*. *Realidad y Reflexión*, 44(0), 29-47. <https://doi.org/10.5377/ryr.v44i0.3563>
- [3] JOHNSON, LARRY, ADAMS BECKER, SAMANTHA, CUMMINS, MICHELE, ESTRADA, VICTORIA, FREEMAN, ALEX Y LUDGATE, HOLLY *NMC Horizon Report: Edición sobre Educación Superior 2013*, traducción al español realizada por la Universidad Internacional de La Rioja, España (www.unir.net), Austin, Texas: The New Media Consortium, 2013, consultado el 14 de agosto 2018, en <https://www.nmc.org/system/files/pubs/1359993875/2013-horizon-report-HE.pdf>
- [4] DETERDING 2011 - DETERDING, S., DIXON, D., KHALED, R., NACKE, L. (2011, SEPTEMBER) *From game design elements to gamefulness: defining gamification*. In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments* (pp. 9-15). ACM. [(Kapp, 2012)]
- [5] J. J. LEE AND J. HAMMER "Gamification in education: What, how, why bother?," *Acad. Exch. Q.*, vol. 15, nro. 2, p. 146, 2011
- [6] IOSUP, A., EPEMA, D. (2014) *An Experience Report on Using Gamification in Technical Higher Education*. In *Proceedings of the 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 27-32). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2538862.2538899>.
- [7] ESPINOSA, R. (2016) *Juegos digitales y gamificación aplicados en el ámbito de la educación*. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 19(2), 27-33. <https://doi.org/10.5944/ried.19.2.16143>.
- [8] RIVIÈRE, ENRIQUE PICHON. *El proceso grupal*. Ediciones Nueva Visión, 1977.
- [9] FRACCHIA, C. C., KOGAN, P., ALONSO DE ARMIÑO, A. C., GODOY, I., LÓPEZ, L. M. (2014). *Realización de torneos de programación como estrategia para la enseñanza y el aprendizaje de programación*. In *XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (Buenos Aires, 2014).

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [10] MUNNÉ, FREDERIC (1995C) *La interacción social: Teorías y ámbitos* Barcelona: PPU.
- [11] KILMANN, RALPH; KENNETH W. THOMAS (1977) "Developing a Forced-Choice Measure of Conflict-Handling Behavior: The "MODEInstrument"
- [12] MARTÍN-MORENO, Q. (2004) *Aprendizaje colaborativo y redes de conocimiento* Actas de las IX Jornadas Andaluzas de Organización y Dirección de Instituciones Educativas, 55-70.
- [13] ROTTER, J. (1954). *Social learning and clinical psychology*. New York: PrenticeHall.
- [14] MARSICK, V. J., & WATKINS, K. E. (1990). *Informal and incidental learning in the workplace*. Recuperado Agosto 2015, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00697597>.
- [15] GARCÍA SANS, A. (2008). *Las redes sociales como herramientas para el aprendizaje colaborativo: una experiencia con Facebook*. Actas del XIII Congreso Internacional en Tecnologías para la Educación y el Conocimiento: la Web 2.0. Madrid: UNED.
- [16] ALONSO, H. & LÓPEZ, I. (2008). *Adaptando asignaturas al EEES: el caso de Teoría y Técnica de la Publicidad*. In Rodríguez, I. (Ed.). *El nuevo perfil del profesor universitario en el EEES. Claves para la renovación metodológica*. Valladolid: Universidad Europea Miguel de Cervantes.
- [17] AGUILERA JIMENEZ, A. & GARCIA GOMEZ, I. *El Concepto de Dificultades del Aprendizaje*. Pag. 39-82. En: *Introducción a las Dificultades del Aprendizaje*. MC Graw-Hill. 2004
- [18] AUSUBEL, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Grune and Stratton.
- [19] COCKBURN, A.; LAURIE W. "The costs and benefits of pair programming." *Extreme programming examined 2000*: 223-247.
- [20] WILLIAMS, L. "Experimenting with industry's pairprogramming model in the computer science classroom". *Computer Science Education*. 2001.
- [21] FARIA, E. S. J. DE; ADAN-COELLO, J. M.; YAMANAKA, K. "Forming groups for collaborative learning in introductory computer programming courses based on students programming styles: An empirical study". In *36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pages 6-11*. 2006.
- [22] TOMÁS, A. A., & ESO, B. *Dinámicas de Grupo. Innovación y Experiencias Educativas, Granada, ESP, (20)*.
- [23] IBÁÑEZ, J. (1979) *Más allá de la sociología: el grupo de discusión: técnica y crítica. Siglo veintiuno*.

LT_EX

Aprendizaje Centrado en el Estudiante aplicado en la asignatura Investigación Operativa

Cristina Rojas

Ingeniera en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
cristinarojas3@gmail.com

Javier Raúl Alejandro Cantó

Ingeniero en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
javier.alejandro.canto@gmail.com

Resumen

La cátedra Investigación Operativa, del cuarto nivel de Ingeniería en Sistemas de Información, ha abordado el desarrollo de contenidos en el marco del Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE) en un proceso de revisiones y de reflexiones continuas sobre las acciones planificadas y realizadas. Los contenidos pueden resumirse en modelos matemáticos cuantitativos aplicados a la toma de decisiones, que se basan en conocimientos adquiridos en instancias previas de la carrera. Se expondrá sobre la definición y registro de evidencias correspondientes a competencias genéricas aportadas por la asignatura al graduado de la carrera. Además, se detallarán acciones planificadas para próximas implementaciones.

1. Introducción

El modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante se impone desde hace ya unos años, pero en especial en estos últimos, como una estrategia adecuada a adoptar en el contexto de la Formación por Competencias. En el marco de la educación superior, se define como *competencia* al conjunto de comportamientos, destrezas y actitudes evidenciados que estudiantes y egresados aportan en su actividad para un desempeño eficaz y satisfactorio; consiste en la capacidad de vincular los conocimientos teóricos con ciertas destrezas prácticas, para lograr un *saber hacer*, que favorecerá el acercamiento entre los mundos de la educación superior y del mercado laboral.

Esto implica trabajar sobre el diseño de dispositivos adecuados para desarrollar contenidos específicos de la asignatura, que permitan recolectar evidencias sobre el logro de competencias.

El presente trabajo tiene como marco de referencia tanto el trabajo de Cukierman [1] como el de Kowalski, Erck y Enriquez [2], que nos servirán para exponer lo desarrollado y ejecutado en el último ciclo lectivo.

También serán la base de una propuesta de reconfiguración didáctica a futuro, donde se adaptarán algunos de los pasos y sugerencias desarrollados por los autores en sus respectivos trabajos.

2. Modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante

Entre las consideraciones generales de la propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina, expuestas en el “Libro Rojo de CONFEDI” [3], se encuentran la de *consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y definir un enfoque basado en competencias y descriptores de conocimiento*.

Es conocido y aceptado por muchos que desde hace años el conocimiento en todos los niveles educativos, y en especial en el nivel universitario, ha dejado de ser un patrimonio exclusivo de un docente que *da* clase, transmitiendo contenidos de manera oral y unidireccional. La proliferación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones ha permitido que el conocimiento esté al alcance de casi todos de manera prácticamente instantánea. Este cambio de situación obliga a que antes o después, en mayor o menor medida, se adopten cambios sustanciales en los roles de los actores principales del sistema educativo: el estudiante y del docente. [4]

El modelo ACE se caracteriza por promover un aprendizaje activo, de comprensión profunda, donde juega un rol fundamental la actitud de autonomía y de responsabilidad del estudiante.

Este aprendizaje activo, autónomo, autorregulado, no significa aprendizaje aislado, separado del accionar del docente o de compañeros de equipo y de curso; significa dar al estudiante el papel protagónico de su aprendizaje y formación. Siguiendo la idea de Perrenewoud, “...apostar a

la autorregulación consiste en fortalecer las capacidades del sujeto para administrar por sí mismo sus proyectos, sus progresos, sus estrategias frente a las tareas y a los obstáculos” [3]

El Aprendizaje Centrado en el Estudiante requiere reflexionar y rever también el rol y la tarea docente. Como ya se mencionó, no deja al estudiante en una situación de aislamiento, sino que lo coloca en el centro de la acción. Desde esa acción del estudiante, motivado por sus capacidades y expectativas, es que el docente debe estar en permanente atención, seguimiento y disponibilidad, ya que el vínculo que se crea entre los participantes de este tipo de aprendizaje es mucho más fuerte que el que se encuentra en el estilo de la clase tradicional expositiva.

3. Contenidos de Investigación Operativa y dispositivos de desarrollo y de evaluación de competencias

La asignatura Investigación Operativa aporta al desarrollo de las diferentes Competencias Genéricas (CG) tanto tecnológicas como sociales, políticas y actitudinales, y Competencias Específicas (CE) consideradas por el CONFEDI. Recordemos que una Competencia Genérica puede ser desagregada en Capacidades Asociadas Integradas (CAI) y éstas en Capacidades Componentes (CC). Se desarrollan a modo de ejemplo las siguientes CGs y CAIs.

CG-1: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería: CAI-1.a: Capacidad para identificar y formular problemas; CAI-1.b: Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada; CAI-1.c: Capacidad para implementar tecnológicamente una alternativa de solución; CAI-1.d: Capacidad para controlar y evaluar los propios enfoques y estrategias para abordar eficazmente la resolución de los problemas.

CG-2: Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos): CAI-2.a: Capacidad para concebir soluciones tecnológicas; CAI-2.b: Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

CG-3: Competencia para gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos). CAI-3.a: Capacidad para planificar y ejecutar proyectos de ingeniería. CAI-3.b: Capacidad para operar y controlar proyectos de ingeniería.

CG-4: Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería. CAI-4.a: Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles; CAI-4.b: Capacidad para utilizar y/o supervisar la utilización de las técnicas y herramientas.

CG-5: Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. CAI-5.a: Capacidad para detectar oportunidades y necesidades insatisfechas o nuevas maneras de satisfacerlas mediante soluciones tecnológicas; CAI-5.b: Capacidad para utilizar creativamente las tecnologías disponibles. CAI-5.c: Capacidad para emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.

CG-6: Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo. CAI-6.a: Capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas; CAI-6.b: Capacidad para reconocer y respetar los puntos de vista y opiniones de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos. CAI-6.c: Capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.

CG-7: Competencia para comunicarse con efectividad. CAI-7.a: Capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio. CAI-7.b: Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.

CG-8: Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global. CAI-8.a: Capacidad para actuar éticamente. CAI-8.b: Capacidad para actuar con responsabilidad profesional y compromiso social. CAI-8.c: Capacidad para evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

CG-9: Competencia para aprender en forma continua y autónoma. CAI-9.a: Capacidad para reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida. CAI-9.b: Capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje. CAI-9.c.

CG-10: Competencia para actuar con espíritu emprendedor. CAI-10.a: Capacidad para crear y desarrollar una visión. CAI-10.b: Capacidad para crear y mantener una red de contactos.

Se debe tener en cuenta que el medio laboral hace una valoración enorme del desarrollo de las llamadas competencias blandas.

La evaluación de las competencias adquiridas se hace en forma continua, a través de la observación y la escucha, permanentes y atentas, del análisis de actitudes de participación pertinente por parte de los estudiantes, de una revisión detallada de las tareas desarrolladas y presentadas por escrito, de la expresividad oral, de las actitudes y roles asumidos en el trabajo en equipo, etc.

4. Contenidos de Investigación Operativa y dispositivos para desarrollo y evaluación de contenidos

A continuación, veremos cómo, a partir de las competencias genéricas y específicas y sus capacidades asociadas integradas, se aplican adaptaciones de algunos de los pasos sugeridos en el modelo operativo para la formación por competencias en ingeniería.

Se tomará como ejemplo las actividades referidas al tema "Aplicaciones de la Programación Lineal".

Paso 1: Redactar los Resultados de Aprendizaje.

En cuanto al *saber conocer*:

- Cuáles son los elementos y secciones que conforman el modelo de programación lineal para cada uno de los casos de aplicación presentados.
- Qué representan las variables slacks, de holgura y de excedente.
- Cuál es la información principal que brindan los informes del modelo resuelto.

En cuanto al *saber hacer*:

- Identificar variables de decisión, nombrarlas, describirlas y asignarles unidades de medida. (CAI-1.a)
- Diseñar el modelo de programación lineal, teniendo en cuenta la consistencia de las unidades en las restricciones y las restricciones del contexto. (CAI-1.a)
- Construir el modelo de programación lineal adecuado. (CAI-1.b)
- Realizar la carga del modelo de PL en Excel u otro/s software/s y resolverlo. (CAI-1.c)
- Interpretar la información de los reportes del software. (CAI-1.d)

- Redactar informes, que incluyan: Interpretación de los valores de variables de decisión, holguras y excedentes. Interpretación del precio sombra y los costos reducidos. (CAI-1.d)

En cuanto al *saber ser*, tener siempre presentes las CG-9 y CG-10

Al finalizar el curso, el estudiante debe ser capaz de diseñar modelos, resolverlos e interpretarlos, y comunicarlos. Reconocer ante una situación problemática cuál es el modelo adecuado a aplicar.

Paso 2: Seleccionar la Mediación Pedagógica.

Se utilizan a lo largo del cursado distintas mediaciones. Se complementan el Aula Invertida con el Aprendizaje Basado en Casos, primero y el Aprendizaje Basado en Problemas, después. Antes de cada encuentro presencial, se avisa a los estudiantes el tema a abordar y se sugiere bibliografía para leer y consultar. Durante el encuentro presencial teórico, se ponen en común los conceptos que son objeto de estudio. Se construye el conocimiento en base al trabajo con un conjunto de varios casos tipo, que se resuelven en forma conjunta. En los encuentros de carácter predominantemente práctico se refuerzan las ideas de los encuentros teóricos. Se presentan una serie de problemas que varían en dificultad y que deben ser abordados y planteados por los distintos equipos de trabajo. Se pueden trabajar con problemas en común, o bien distribuir problemas distintos a los equipos, a fin de que una vez planteados, puedan exponerlos al resto de los equipos. Al finalizar cada encuentro, cada equipo debe presentar una *prueba* de las actividades realizadas, a cuenta de su posterior finalización y entrega a través del aula virtual. Cabe destacar que la asignatura cuenta con un Trabajo de Campo Integrador, donde se utiliza como mediación el Aprendizaje Basado en Proyectos.

Paso 3: Establecer los Criterios de Evaluación.

La evaluación es de carácter continuo y formativo. Se realiza a través de la solicitud de la ejecución de desempeños de comprensión, que den cuentas de la adquisición del conocimiento y su uso e integración en los aspectos *saber conocer*, *saber hacer* y *saber ser*. Saber conocer implica hacer uso de la memorización como medio, nunca como fin, de definiciones técnicas que se encuentran en los materiales de estudio, referidos a conceptos que se deben dominar para poder utilizarlos e integrarlos. Saber *hacer* es el aspecto más importante, ya que se debe ser capaz de reconocer los componentes individuales y la visión de conjunto de situaciones expuestas como casos resueltos a modo de ejemplo, y

saber utilizar los conocimientos y conceptos en el análisis y estudio de situaciones problemáticas nuevas. Saber hacer es principalmente saber modelar matemáticamente la situación adecuada, saber integrar técnica e imaginación, ciencia y arte, ser creativo, saber resolver los modelos por el procedimiento adecuado, saber interpretar los resultados del modelo resuelto y saber plantear y responder a las preguntas típicas del estilo “qué pasa si...”, naturales en el contexto de la asignatura. Saber *ser* es comportarse e interactuar siempre con respeto mutuo y tolerancia hacia otros estudiantes y profesores.

Se está en todo momento, como ya se ha mencionado, con una atención activa en el reconocimiento de actitudes y perfiles; observación cuyo resultado es la identificación de estudiantes con actitud proactiva, más o menos participativos, tímidos, etc.

Paso 4: Seleccionar los contenidos.

Para la selección de los contenidos de las actividades se tiene que cuenta la lista de contenidos mínimos (temas) exigidos en el plan de estudios vigente, como así también que existe una secuencia lógica obligatoria en algunos temas dada su dependencia. Por ejemplo, el tema “aplicaciones de la programación lineal” solo puede abarcarse después del tema “programación lineal”.

Una vez cumplidos los pasos 1 al 3 los casos y problemas que serán utilizados en la mediación pedagógica se diseñan teniendo en cuenta los resultados de aprendizaje que se deben alcanzar y las competencias que se quiere contribuir a desarrollar en los estudiantes. Los casos y problemas son situaciones originales o adaptadas de bibliografía especializada a situaciones que se pueden encontrar en la vida cotidiana de nuestro medio, y no problemas tipo extraídos directamente de libros.

Paso 5: Estimar el tiempo del alumno.

En el Aprendizaje Centrado en el Estudiante el tiempo a tener en cuenta no es solamente el tiempo presencial en el aula, sino también, todo el tiempo dedicado al aprendizaje fuera del ámbito de los encuentros presenciales, en especial al aplicar aula invertida, donde la lectura del contenido es previa al encuentro. Es por esto que quizá sea importante solicitar a los estudiantes la inclusión en los informes propios de las actividades de la asignatura, una reseña de todo el tiempo dedicado al estudio, fuera del ámbito de la clase o la universidad, para poder, a futuro, indagar si existe alguna conexión significativa entre el *tiempo dedicado* y los resultados de desempeño obtenidos en las evaluaciones.

5. Resultados Obtenidos

En el presente ciclo lectivo 53% de los estudiantes alcanzó la promoción directa de la asignatura, 39% quedaron en condición de regulares, y 8% dejaron la asignatura. Estos valores son muy próximos a los valores históricos. Algunos equipos continúan mejorando su Trabajo de Campo Integrador, para presentarlos en congresos estudiantiles y eventos, dentro y fuera de la facultad. Esto favorece la adquisición de las competencias sociales mencionadas en CAI-10.b que pertenece a la competencia genérica CG-10.

El procesamiento de las encuestas aplicadas a la totalidad de los estudiantes que llegaron a la instancia de desarrollo y exposición del Trabajo de Campo en el cursado, arrojó los siguientes resultados.

Se les preguntó a los alumnos **cuán difícil** les había resultado la asignatura, manifestando: Muy difícil (3%), Difícil (54%), Normal (40%), Fácil (2%), Muy Fácil (0%), NS/NC (1%).

Con respecto al **tiempo dedicado** a la asignatura, los estudiantes dijeron que dedicaron: Muchísimo tiempo (24%), Mucho tiempo (45%), Normal (27%), Poco tiempo (3%), Casi nada de tiempo (0%), NS/NC (1%).

Consultados sobre el **interés** de los contenidos, los estudiantes manifestaron que fueron: Muy interesantes (48%), Interesantes (49%), Poco interesantes (2%), Muy poco interesantes (0%), Nada interesantes (0%), NS/NC (1%).

Respecto a la **utilidad** de los contenidos de la asignatura, los resultados fueron: Muy útiles (50%), Útiles (41%), Poco útiles (2%), Muy poco útiles (0%), Nada útiles (6%), NS/NC (0%).

En lo referido a la **secuencia de presentación de los temas**, Requisitos previos, PERT-CPM, PL, dual, aplicaciones de la PL (transporte y variantes; corte; dieta, mezcla), programación por metas, stock e inventario, PNL, Trabajo de Campo, las respuestas fueron: Muy adecuada (22%), Adecuada (77%), Poco adecuada (0%), Muy poco adecuada (1%), NS/NC (0%).

A la pregunta sobre la opinión acerca de la **metodología de enseñanza** aplicada las respuestas fueron: Excelente: (27%), Muy Buena (52%), Buena (15%), Regular (3%), Mala (1,5%), NS/NC (1,5%).

Con respecto la realización del **Trabajo de Campo Integrador**, los estudiantes dijeron que la experiencia les pareció: Me gustó mucho (34%), Me gustó (43%),

Normal (21%), No me gustó (1%), No me gustó nada (0%), NS/NC (1%).

A la pregunta sobre en qué aspectos o circunstancias futuras haría **aplicación los conocimientos y competencias adquiridos** en la asignatura, el 71% manifestó que los tendría en cuenta para un emprendimiento profesional, el 20% quisiera realizar sus Prácticas Supervisadas en lugares donde se incluyan los temas abarcados en la asignatura, y el 33% haría su Proyecto Final sobre o incluyendo algunas de las temáticas vistas.

6. Actividades programadas para próximos períodos lectivos

Para los siguientes períodos lectivos están previstas las siguientes actividades:

Revisión continua de las Capacidades Asociadas Integradas (CAI) que conforman las Competencias Genéricas (CG) y Específicas (CE), y también sobre las capacidades componentes (CC).

Revisión y adaptación de las rúbricas.

Continuar con la adaptación de los pasos del modelo operativo de la formación por competencias.

Encuestas más frecuentes y específicas, por tema, para poder corregir y adaptar sobre la marcha expectativas o inquietudes de los estudiantes, recordando que cada grupo humano es diferente, y la aplicación de cualquier modelo sobre un grupo va ligado a su condición de unicidad.

6.1 Para desarrollo de contenidos

Trabajar en forma permanente en la redacción y/o recopilación y adaptación de nuevos casos y problemas a incluir en las actividades a desarrollar en los encuentros presenciales. Se adquiere bibliografía reciente para su análisis. Analizar la posibilidad de incorporar mediadores novedosos, como Juego Serio, casos simulados más complejos para mayor interacción inter-equipos.

6.2 Para formación docente

Avanzar en las respectivas carreras de posgrado. Incrementar la presentación de trabajos y frecuencia de participación en congresos y eventos. Continuar en la búsqueda y análisis de material bibliográfico.

7. Conclusión

El Aprendizaje Centrado en el Estudiante viene marcando tendencia desde hace años. Su adaptación ha demostrado ser adecuada, teniendo en cuenta los cambios que se mencionaron en los contextos sociales y educativos, y considerando también su aplicación en el cuarto año de la carrera, es decir, a solo un año de encarar la última etapa de formación académica antes de la inserción en el mundo laboral.

Esperamos que el presente trabajo haya servido invitación para que colegas de las mismas o distintas asignaturas, áreas, carreras y universidades puedan reflexionar sobre sus prácticas y metodologías actuales, y se pueda abrir un canal de comunicación para el intercambio de experiencias, que puedan contribuir a enriquecer nuestras actividades y mejorar la calidad del aprendizaje de nuestros alumnos, quienes son el futuro de la ingeniería.

8. Referencias

[1] Cukierman, U. R., "Aprendizaje Centrado en el Estudiante. Un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería", Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires, Argentina, 2018.

[2] Kowalski, V. A., Erck, I. M. y Enríquez, H. D., "Avances en el Modelo Operativo para el Diseño de Asignaturas Orientadas a la Formación por Competencias en Ingeniería", Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (FIUNaM), 2017.

[3] Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina "Libro Rojo de CONFEDI", recuperado de <https://confedi.org.ar/download/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018.pdf>, Buenos Aires, Argentina, 2018.

[4] Morales Calvo, S., Aguilera García, J. L., Bejerano Franco, M., Lirio Castro, J., Macías Gómez, Escolástica, Portal Martínez, Esther y Rodríguez Sánchez, M., *Nuevos contextos de enseñanza y aprendizaje en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior*, Miño y Dávila, 2011.

[5] Perrenoud, P., *La evaluación de los alumnos. De la producción de la excelencia a la regulación de los aprendizajes. Entre dos lógicas*, Colihue, 2015.

Datos de Contacto

Cristina Rojas
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
Rivadavia 1050 (CP 4000)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

San Miguel de Tucumán
Tucumán - Argentina
cristinarojas3@gmail.com

Javier Raúl Alejandro Cantó
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Tucumán
Rivadavia 1050 (CP 4000)
San Miguel de Tucumán
Tucumán - Argentina
javier.alejandro.canto@gmail.com

De los tradicionales juegos manuales a problemas de ingeniería para un primer año universitario

María Fernanda Golobisky¹, Marta Castellaro¹, María Julia Blas², Patricia Torresán¹

¹Departamento de Sistemas. Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional

²Instituto de Desarrollo y Diseño INGAR UTN - CONICET

mfgolo@santafe-conicet.gov.ar, mcastell@frsf.utn.edu.ar, mariajuliablas@santafe-conicet.gov.ar,
ptorresan@gmail.com

Abstract

Las actividades de formación práctica, dentro de las carreras de ingeniería, constituyen la base para que los alumnos adquieran diferentes habilidades vinculadas a la profesión. Entre ellas se encuentra la resolución de problemas de ingeniería. Sin embargo, no es fácil encontrar problemas adecuados para trabajar en una asignatura de programación de primer año, donde existen pocos contenidos desarrollados y habilidades que recién comienzan a adquirirse. En este artículo se detalla el trabajo realizado por el equipo docente de una materia del área de programación de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, para pensar y diseñar propuestas basadas en juegos manuales tradicionales que debieron adaptarse de manera que no sólo resulten interesantes para los alumnos sino que además puedan ser efectivamente llevadas a la práctica transformándose en herramientas de software útiles, publicables y de diseño universal.

1. Introducción

La Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) propone reforzar la formación práctica en las carreras de ingeniería, asignando una mayor dedicación a actividades de formación práctica, sin descuidar la profundidad y rigurosidad de la fundamentación teórica, y sugiriendo además que este cambio sea adecuadamente estimulado [1]. Entre las actividades que propone están la formación experimental y la resolución de problemas de ingeniería (situaciones reales o hipotéticas cuya solución requiere la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías), constituyendo las bases formativas para que los alumnos adquieran habilidades para encarar diseños y proyectos [2]. Sin embargo, se observa una dificultad en encontrar problemas (enunciados, casos) adecuados para

trabajar en una asignatura de programación de primer año, a pocos meses de iniciar los cursos, ya que:

- Se han desarrollado pocos conocimientos y pocas habilidades.
- Cuentan con pocos recursos de programación.
- No han cursado análisis ni diseño de sistemas.
- Poseen escasas habilidades de gestión de proyectos.

Por otra parte, en el ámbito educativo, la inclusión de las personas con discapacidad tiene especial importancia para hacer realidad la integración social de cualquier país. El nivel superior juega un papel significativo ya que tiene la responsabilidad social de facilitar la incorporación de estas minorías al ámbito profesional. Con la inclusión educativa, por ejemplo, se busca favorecer la ampliación y democratización de las oportunidades de formación en el marco del concepto de aprendizaje a lo largo de la vida y de la educación como un derecho [1]. Las universidades deben asumir la responsabilidad social de acoger a estos estudiantes y crear estrategias que faciliten el tránsito y favorezcan la culminación de los estudios profesionales de este grupo a fin de que se logre un avance hacia una verdadera autonomía individual.

Esta realidad requiere estrategias, materiales de trabajo y prácticas docentes elaboradas especialmente a fin de motivar e integrar a los alumnos, ampliando el conjunto de recursos básicos con los que se trabaja y generando propuestas que apoyen los aprendizajes y las competencias. En este sentido, las propuestas deben ser generadoras de interés y desafíos según el contexto de los alumnos. Asimismo, tales propuestas deben diseñarse considerando que los docentes puedan acompañar a los estudiantes más allá de las cátedras, buscando que los alumnos interesados extiendan lo alcanzado para transformar lo que comenzó como ejercicio o trabajo práctico (TP) en herramientas útiles y publicables [3]. Más aún, dado que la inclusión de estudiantes con discapacidad en el sistema educativo y en la institución universitaria, viene siendo trabajada a nivel nacional por diversas leyes

y normativas [4, 5, 6], se busca que dichas herramientas de software tengan un diseño tal que puedan ser utilizadas por todas las personas en su gran mayoría.

1.1. Contexto del trabajo realizado en la asignatura

La cátedra de Algoritmos y Estructuras de Datos (AEDD) es la primera dentro de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) en la que se estudian conceptos de programación. Se han venido diseñando problemas que motiven a los alumnos, que tengan similitud a aplicaciones conocidas, adecuando el alcance y las características de esas herramientas para que lo puedan resolver en los tiempos y con los elementos que disponen. Algunos ejemplos de esos trabajos son los siguientes:

- *MatDis* [7], una herramienta de apoyo al estudio de temas de matemática discreta, que integra diferentes módulos para resolver problemas sobre lógica proposicional, teoría de números, estructuras algebraicas finitas, álgebras de Boole, árboles y grafos.
- *OldBook* [8], un servicio de red social que funciona de forma primitiva, con características de una red social similar a las que conocemos en la actualidad, puesto que está formada por personas que comparten una relación de amistad, manteniendo intereses y actividades en común, pudiendo explorar los intereses y las actividades de otros.
- *UTNapprox* [9], una herramienta que permite aproximar números irracionales y algunas funciones trigonométricas y del cálculo en general, por medio de técnicas matemáticas, brindando información breve para contextualizar la historia de la matemática y dando posibilidad al usuario de seleccionar y parametrizar el método con el que se entrega el resultado, calculándolo mediante diferentes algoritmos y con una precisión determinada desde diferentes opciones, tales como, el cálculo de un número fijo de términos o cortando por precisión, visualizando la aproximación término a término, o visualizando sólo el resultado final. Obtenida la aproximación, la aplicación le sugiere al usuario utilizar una aproximación asociada, obtenida a partir de un digrafo de relaciones.

En los últimos años se viene trabajando con propuestas motivadoras que buscan rescatar los conocidos juegos tradicionales manuales (dados, tarjetas, tableros), en su mayoría basados en el azar, para adaptarlos a juegos informáticos, y con ellos generar una herramienta que pueda ser utilizada por otros estudiantes. Para este fin se desarrolla un contexto de aplicación integral que los

jerarquiza como desarrollo de aplicación informática. De esta manera, se recurre a estrategias conocidas en el juego manual, pero que al pensarse con una computadora, en general conducen a algoritmos no pensados antes y a la necesidad de trabajar con estructuras de datos para manipular la información que se va generando durante el desarrollo del juego. Así, el ahorcado, la generala, la batalla naval, el adivinar un número, los acertijos de preguntas y respuestas, se rescatan con estrategias para simular el azar. El almacenamiento de la información que sea necesaria para la herramienta se realiza utilizando distintas estructuras de datos (arreglos, matrices, cadenas, archivos, tipos de datos abstractos (TDA), listas enlazadas) que los alumnos están aprendiendo.

Por otra parte, el problema se plantea como una aplicación que “gestiona” juegos, completando la solicitud con requerimientos de distintos aspectos de uso general en las aplicaciones, a saber:

- Gestión de usuarios y contraseñas
- Validaciones de datos
- Categorías de juegos
- Menús de opciones
- Otorgamiento de insignias
- Estadísticas de juegos

Todos estos requerimientos le dan al problema el contexto de un “proyecto en C++”.

Asimismo, se incorporan (aunque en forma inicial o rudimentaria) algunos conceptos y herramientas para que los alumnos comiencen a conocerlas e involucrarse tempranamente, tales como:

- Prototipos
- Datos de prueba
- Versionado de entregables
- Documentación del proyecto
- Documentación de prueba
- Uso de librerías de usuario
- Integración de soluciones

Todos los alumnos que cursan la materia deben realizar el TP como parte de los requisitos obligatorios de regularidad. Este tipo de problemas de ingeniería brinda la posibilidad de plantearse como proyectos en etapas, que se van entregando a lo largo del año y desarrollando en forma evolutiva, comenzando por módulos y subprogramas que se van desarrollando y entregando, siguiendo pautas y patrones de programación definidos. Las etapas de desarrollo suelen ser tres y sus tiempos estimados de entrega: agosto, octubre y diciembre, incluso algunas veces se extiende hasta febrero. En cada una la cátedra provee un enunciado del trabajo a realizar, que puede estar acompañado además por archivos, prototipos, etc. que deberán ser utilizados y consultados por los alumnos durante la construcción de la aplicación. Se trabaja de manera colaborativa, conformando grupos de no más de tres alumnos.

Se comienza con requerimientos sencillos, que involucran tipos de datos simples y estructuras estáticas, y a medida que se avanza en el dictado de la asignatura los requerimientos de la aplicación también van complejizándose para permitir trabajar con datos de tipo compuestos y estructuras dinámicas, integrando los desarrollos de las diferentes etapas. El alumno desarrolla la aplicación empleando toda su creatividad tanto en el diseño de la interfaz de usuario, así como también en el manejo y administración de los requerimientos solicitados.

La evaluación de los grupos es realizada por un profesor asignado, que hace las veces de líder de proyecto. Se evalúan no sólo aspectos de algoritmia sino también aspectos relacionados con la documentación presentada, que debe incluir un análisis del enunciado indicando decisiones a tomar para la realización del trabajo, amigabilidad de la interfaz de usuario, validación de datos y generación de casos de prueba que verifiquen la funcionalidad esperada. El profesor referente acepta o rechaza los entregables, de acuerdo a los requerimientos funcionales. Además, actualmente se está trabajando la *gamificación* en la corrección de los trabajos prácticos, otorgando insignias como premios al completar determinadas actividades.

2. Los juegos tradicionales convertidos en problemas de ingeniería y sus implementaciones

En esta sección se describen algunos de los trabajos prácticos diseñados por el equipo docente con el objeto de motivar a los alumnos para que trabajen de manera entusiasta, despertando en ellos la curiosidad y ganas de aprender.

PregUTNados: versión alternativa del popular juego de preguntas y respuestas Preguntados. Este juego fue adaptado para facilitar a los alumnos su construcción en el marco de la asignatura. Para las categorías del juego se utilizaron las materias que se cursaban en paralelo con AEDD (Física I, Matemática Discreta (MAD), AEDD, Análisis Matemático y Arquitectura de Computadoras).

El trabajo se implementó en las siguientes etapas:

Etapas i) Los alumnos debieron interiorizarse sobre el juego y elaborar un conjunto de preguntas que formarían la base de preguntas y que luego se implementarían como parte de la aplicación en modo catálogo.

Etapas ii) Se desarrolló el inicio de sesión, la registración, los menús de trabajo y los módulos correspondientes a la selección aleatoria de categorías y preguntas, que debió implementarse simulando una ruleta.

Etapas iii) Comprendió las funciones propias del juego (usuarios, partidas, jugadas, puntajes, ganadores), el manejo de archivos y las funciones para obtener estadísticas por usuario y del histórico del juego en general.

JuegUTeN: herramienta con juegos para desarrollar habilidades tales como aprender a tipear, desarrollar la memoria, agilizar el manejo de operadores lógicos, relacionales y aritméticos, y fomentar una competencia lúdica abierta para usuarios registrados. Los juegos implementados (3 obligatorios y 1 opcional) fueron:

- *Simon:* variante de la versión electrónica original, en la que un disco con cuatro cuadrantes en una de sus caras se iluminaba de manera aleatoria, cada uno con un color. El usuario debía ir introduciendo la secuencia mostrada en el orden correcto, ayudándose de su memoria visual. Si lo lograba, el juego respondía con una secuencia más larga, y así sucesivamente. Si fallaba, el usuario debía volver a empezar. Los distintos niveles de dificultad iban aumentando la velocidad de la secuencia a repetir.
- *Teklader:* tenía como objetivo acertar cada tecla de un teclado que se mostraba simulado en pantalla, que incluía todos los números, letras y símbolos del teclado español latinoamericano.
- *KingCoder:* mostraba en pantalla código escrito en el lenguaje C++, correspondiente a programas o definiciones de funciones, y el usuario debía identificar los errores de sintaxis, semántica o lógica.

El trabajo consistió en las siguientes etapas:

Etapas i) Los alumnos debieron interiorizarse sobre los juegos de computadora y su utilización como herramientas de capacitación, para lo cual elaboraron un informe breve con origen, usos, industria, plataformas multijugador, características de juegos educativos en línea, juegos de enseñanza, juegos para desarrollar habilidades y velocidad de tipeo, brindando ejemplos de juegos educativos disponibles en Internet, enlaces y descripciones de cada uno (objetivo, sistema de puntuación, etc.). Además, definieron la interfaz de usuario y el logo de la aplicación, junto con el desarrollo de una animación sencilla que debían utilizar al iniciar la aplicación.

Etapas ii) Incorporaron la gestión de equipos y usuarios (13 equipos, con un máximo de 5 miembros), e implementaron Simon y Teklader. Los usuarios podían posicionarse en cuatro niveles diferentes (Principiante, Discípulo, Experto y Erudito) de acuerdo al puntaje máximo obtenido en cada juego.

Etapas iii) Codificaron KingCoder, gestionaron la asignación de logros de los equipos a través de 2 tipos diferentes de insignias obtenidas en base a reglas que debían cumplir, e implementaron la persistencia de los datos de la aplicación mediante archivos en formato

binario. Asimismo, cada grupo tuvo la posibilidad de agregar un cuarto juego si así lo deseaban, siguiendo la misma metodología empleada en los juegos obligatorios, utilizando librerías. De esta manera, cada juego se implementó con un programa independiente. Cada vez que se iniciaba la aplicación, se utilizaba la información almacenada en los archivos para inicializar las estructuras de datos en memoria. Y al finalizar la ejecución de la aplicación, se actualizaban los archivos con la última información de las estructuras en memoria.

NumLetTab: herramienta donde el usuario participa como competidor teniendo a la computadora como oponente. Las categorías y los juegos implementados en cada una fueron las siguientes:

Categoría “Juegos Numéricos”:

- *MayMen:* Consistía en adivinar un número secreto (entre 1 y 999) que elegía el programa automática y aleatoriamente al comienzo de la partida. El jugador tenía 10 intentos para ingresar un número, y el programa debía indicar si el valor ingresado era mayor, menor o igual al número secreto.
- *Adivinum:* Consistía en adivinar un número de 4 cifras, es decir entre 1000 y 9999. El programa escogía este número al principio del partido. El jugador tenía 10 intentos para ingresar un número y el programa devolvía una respuesta indicando cuántos dígitos se adivinaron en la posición correcta, y cuántos dígitos se adivinaron pero estaban en una posición diferente. Utilizando la información de las respuestas que se iban dando, había que adivinar el número en la menor cantidad de intentos posibles.
- *WarCoin - Guerra de Monedas:* Consistía en una pila de monedas, de la cual el jugador y la computadora iban sacando monedas, de manera alternada, hasta que ya no quedaban más en la pila. El que vaciaba la pila era quien ganaba el juego. Para ello, inicialmente el jugador indicaba las cantidades mínima y máxima de monedas que se podían sacar en cada turno, y la computadora elegía un valor al azar entre 10 y 50, que representaba la cantidad inicial de monedas que tenía la pila, y decidía en forma aleatoria quién iniciaba la jugada, si ella o el usuario.

Categoría “Juegos de Letras”:

- *Ahorcado:* Consistía en una base de palabras asociadas a la codificación de algoritmos y al lenguaje de programación C++ (como ser compilador, entorno, selección, float, main, etc.) que el usuario debía descubrir. Las palabras estaban almacenadas en un archivo de texto que se adjuntaba al enunciado.

Categoría “Juegos con Tablas”:

- *Batalla naval con minas marinas:* versión modificada del clásico batalla naval, ya que era para un único jugador y aparecía un nuevo elemento además de los barcos: las minas marinas. El objetivo del juego era hundir la flota enemiga lo más rápido posible y evitando las minas. Dicha flota constaba de: 2 barcos de 2 casillas, 2 barcos de 3 casillas, 2 barcos de 4 casillas, 1 barco de 5 casillas y 10 minas. El usuario realizaba disparos hasta lograr hundir todos los barcos o hasta agotar sus intentos. Las posibles respuestas de un disparo eran: i) agua, si la casilla estaba vacía; ii) fuego, si la casilla correspondía a la parte de un barco; iii) fuego y hundido, en caso que haya sido fuego y todas las posiciones del barco en cuestión habían sido disparadas; iv) mina, si la casilla disparada contenía una mina del enemigo.

El trabajo consistió en dos etapas:

Etapas i) Implementaron los juegos.

Etapas ii) Integraron los juegos en una aplicación, para lo cual: definieron la interfaz de usuario, implementaron menús de opciones, gestionaron registro de usuarios, implementaron librerías para los juegos y el almacenamiento de los datos de la aplicación a través de archivos, gestionaron la asignación de premios y generaron estadísticas de juegos.

LudiUTN: herramienta donde el usuario participa como competidor teniendo a la computadora como oponente. Las categorías y los juegos a implementar en cada una son los siguientes:

Categoría “Juegos con Números”:

- *FriCal:* Este juego consiste en adivinar un número secreto, entre 1 y 100, que elige el programa de forma aleatoria al comienzo de la partida. El jugador tiene 10 intentos para ingresar un número y el programa muestra la leyenda “Frío” si está por debajo del valor buscado o “Caliente” si está por encima del mismo. El jugador gana la partida si encuentra el número secreto.
- *PiPaTi - Piedra, Papel, Tijera:* El juego consiste en 5 rondas en las que se debe ingresar uno de los siguientes valores: 1- Piedra, 2- Papel o 3- Tijera, teniendo en cuenta que: Piedra gana a Tijera, Tijera gana a Papel y Papel gana a Piedra. Gana el juego el que obtenga el mayor puntaje.
- *Generala Básica:* Es una versión adaptada del tradicional juego de dados llamado Generala, puesto que la versión original presenta una elevada complejidad, y teniendo en cuenta que aún no se desarrollaron todos los temas de la asignatura. La simplificación consiste en utilizar solamente 3 dados, hacer 10 tiradas y no trabajar con varios intentos en cada una. El objetivo del juego es entonces lograr el mayor puntaje en 10 tiradas. En

cada una los participantes lanzan tres dados y el puntaje se establece evaluando si forman algún caso de juego válido, los que podrán ser escalera (se forma con una progresión de números y otorga 25 puntos) y generala (se forma obteniendo el mismo número en los tres dados y otorga 50 puntos). En otro caso, el puntaje obtenido es calculado según los valores obtenidos en los dados.

- **Generala Avanzada:** Es una versión avanzada de la Generala desarrollada en la etapa previa. Esta nueva versión aún difiere del juego original, ya que se ha recortado el alcance para poder ser resuelto en tiempo y forma. Los jugadores son el usuario y la computadora, y se jugará con cinco dados. El objetivo es lograr el mayor puntaje en 10 tiradas. **Cuando juega el usuario:** En cada tirada, el usuario lanza los cinco dados (primer intento). Si lo considera conveniente, puede hacer un nuevo intento (2 en total), lanzando nuevamente todos los dados o dejando algunos como “seleccionados” y lanzando los restantes, indicando cuántos dados volverá a tirar y cuáles son (mediante el orden en el cual han sido sorteados los valores de los dados). Una vez finalizada la tirada (ya sea en el primero o en el segundo intento), se procede a computar la asignación de puntaje conforme las categorías de juegos válidos que aún no hayan sido anotados. En caso afirmativo, se establece el puntaje. En caso negativo, se “tacha” una categoría aún disponible. Las categorías de juegos válidos son: *escalera* (se forma con una progresión de números y otorga 25 puntos si se forma en el primer intento de una tirada, *escalera servida*, o 20 puntos si surge como consecuencia del segundo intento, *escalera armada*), *full* (se forma con dos grupos de dados iguales, uno de tres y otro de dos dados, y otorga 35 puntos si es servido o 30 puntos si es armado), *póker* (se forma con cuatro números iguales en los dados y otorga 45 puntos si es servido o 40 puntos si es armado), *generala* (se forma obteniendo el mismo número en los cinco dados y otorga 55 puntos si es servida o 50 puntos si es armada), uno, dos, tres, cuatro, cinco y seis. Cada categoría se podrá obtener una sola vez a lo largo del juego. **Cuando juega la computadora:** Dado que no está previsto realizar una aplicación inteligente en la que la computadora tome decisiones, se establece un único modo de juego, realizando una única tirada de los cinco dados y computando la asignación de puntaje conforme las categorías de juegos válidos. En todo momento, se visualiza en pantalla la tabla de puntajes parciales de ambos jugadores.

Categoría “Juegos con Tablas”:

- **ParEs – Parejas Escondidas:** Consiste en encontrar pares de letras -una en minúscula y la misma en mayúscula- que se encuentran escondidas en distintas posiciones de un tablero de 6x6. Este juego tiene una versión accesible para usuarios ciegos. Para ello, antes de comenzar la partida se le pregunta al usuario si desea jugar en modo texto o en modo gráfico. La dinámica del juego será exactamente igual en ambos casos, pero se representará de distinta forma el tablero en pantalla.

Juego en modo gráfico: el usuario constantemente visualizará un tablero vacío, e ingresará las coordenadas de los pares de casillas que quiere mostrar. A medida que va encontrando parejas, se las va mostrando en el tablero, permaneciendo visibles hasta el final del juego.

Juego en modo texto: No se imprime el tablero en pantalla sino que, en respuesta a cada intento del usuario, se imprimen mensajes textuales indicando las letras y su tipo (mayúscula o minúscula) y las posiciones en que se han encontrado, indicadas con pares de puntos (X1,Y1), (X2,Y2). Además, en cualquier momento el usuario podrá presionar la tecla ‘V’ a fin de que el programa le imprima el listado de posiciones ya descubiertas junto con las letras asociadas. El juego termina cuando se han adivinado todos los pares de letras o cuando el jugador se queda sin puntos.

- **Batalla naval con minas marinas:** (ya descripto con la herramienta NumLetTab).

Categoría “Juegos de Letras”:

- **Ahorcado:** (ya descripto con la herramienta NumLetTab)

El trabajo se desarrolla en tres etapas:

Etapas i) se implementan los juegos numéricos más simples: FriCal, PiPaTi y Generala.

Etapas ii) se implementa la Generala avanzada, de la categoría de juegos numéricos y ParEs - Parejas Escondidas, de la categoría de juegos con tablas. Junto con el enunciado, se entrega un archivo con prototipos de las librerías de ambos juegos, que los grupos de alumnos tomarán como base para implementar dichos juegos.

Etapas iii) se incorporan los otros dos juegos (Ahorcado y Batalla Naval, desarrollados por alumnos de AEDD durante el 2017). Junto con el enunciado, se entrega un archivo con librerías que corresponden a la implementación de los dos juegos y se los debe integrar en la aplicación actual, en base a directivas indicadas en el enunciado. El objetivo es alentar la integración de conocimientos entre los diferentes grupos. La herramienta

actual deberá implementarse siguiendo lineamientos para definir la interfaz de usuario, implementar menús de opciones, implementar los juegos en librerías, gestionar y autenticar usuarios, desarrollar estadísticas de juegos, gestionar el almacenamiento de los datos de la aplicación utilizando archivos e implementar la asignación de premios.

Cabe destacar que el equipo docente debe realizar adaptaciones para algunos juegos que requieren el uso de conceptos cuyo estudio aún no ha sido abordado en la asignatura o presentan un elevado nivel de complejidad. Como ejemplos, la Generala se dividió en dos versiones (básica y avanzada) que se implementan en la primera y segunda etapa, respectivamente. Para la versión básica, la cantidad de dados se redujo a tres y los juegos válidos sólo son escalera y generala, a fin de evitar que el árbol de decisiones fuera tan complejo, y además, para posibilitarles a los alumnos trabajar con datos simples, en lugar de compuestos. Para la versión avanzada se utilizan cinco dados y los juegos válidos son escalera, full, póker y generala. Asimismo, ParEs también tuvo que ser adaptado para que los alumnos puedan implementarlo en la segunda etapa, trabajando con letras en lugar de utilizar arreglos de caracteres o strings, conceptos estos que aún no han sido estudiados.

3. El proceso de planificación y diseño de los trabajos prácticos

Los trabajos prácticos solicitados a los alumnos conllevan un gran esfuerzo por parte del equipo docente que, año a año, piensa y diseña propuestas que puedan resultar atractivas de implementar, con juegos que resulten conocidos por ser tradicionales, o que incluso sean populares, como el caso de PregUTNados. La intención es que de esta manera los alumnos se entusiasmen y busquen aprender no solo los conceptos impartidos sino que vayan por más e investiguen otras soluciones empleando los conocimientos y habilidades que desarrollaron hasta el momento en el curso. Los prácticos no se planifican en base a la resolución de problemas aislados, sino mediante el diseño y planteo de trabajos prácticos integradores grupales que se llevan adelante, como todo un proceso de aprendizaje, puesto que se desarrollan en etapas cíclicas, con complejidad creciente, a lo largo del curso. Esto permite un mejor abordaje del proyecto ya que comienzan programando componentes simples, y luego extienden el desarrollo de la solución, generando componentes más complejos, basados en el estudio de conceptos avanzados.

El equipo docente lleva a cabo la implementación de una solución a fin de analizar qué datos o instrumentos pueden ayudar a los alumnos a simplificar y reducir el tiempo del desarrollo en determinados casos. No obstante, en algunas situaciones encuentra conveniente desarrollar

librerías con funciones de base que homogenicen los trabajos de los alumnos o les ayude a ordenar el diseño de la solución, generar escenarios de trabajo y casos de prueba, elaborar material de diseño de interfaces o directamente demos de una solución del tipo que se solicita a los grupos de alumnos y que ellos deberán tomar como referencia, teniendo libertad para diseñar las interfaces y los juegos con los criterios que consideren, desplegando su imaginación, cumpliendo con las consignas indicadas en el enunciado.

Se definen, además, foros de ayuda donde los estudiantes están en permanente contacto entre sí y también con los docentes.

El equipo docente, además, establece pautas y patrones de trabajo que las soluciones y entregables solicitados deben cumplir, tales como, documentación acerca de la manera en la que se organizó el grupo de trabajo, división de tareas, análisis de los enunciados, documentación de programas y subprogramas desarrollados, entre otros. Asimismo, definen esquemas de entregas, con indicación de fechas, modos, responsable y organización de los entregables.

Otro aspecto que se trabaja en la cátedra está referido al fraude académico. Mullens [10] y Eshet [11] definen la deshonestidad académica como cualquier acción que le dé a un estudiante una ventaja no ganada o merecida sobre otro. Por su parte, Sierra y Hyman [12] consideran el fraude como una acción consciente para usar ayudas o información prohibida en un examen o en un trabajo escrito. Perry [13] encontró que entre los factores generadores para realizar fraude estaba el no entender el tema, la necesidad de mantener una buena relación con los compañeros y la falta de tiempo para cumplir con las actividades académicas. En este sentido, en la cátedra se viene trabajando para desarrollar buenos hábitos en los alumnos y ayudarlos a tomar conciencia de la importancia de no copiar trabajos realizados por otras personas, de tener respeto por las obras ajenas y asumir el compromiso de no realizar plagio. Una de las acciones realizadas consiste en preparar material informativo sobre el tema, denominado “Código de Honor de AEDD”, y darlo a conocer a los alumnos por medio del Campus virtual. De manera, que ellos puedan reflexionar y luego aceptar los “términos” a modo de compromiso, respecto a no realizar acciones comprometedoras. Este código de honor es replicado en cada una de las actividades del Campus virtual correspondientes a las entregas parciales del TP, de modo de renovar el compromiso asumido con anterioridad. Otra de las acciones se realiza con el juez en línea URI que se utiliza en las clases de laboratorio. Este permite activar MOSS, una herramienta automática de detección de plagio que ayuda a encontrar códigos fuentes similares.

Dado que la nueva versión de la plataforma Moodle incorpora los recursos para gestionar insignias, este año

comenzamos a implementar la gamificación en la corrección de los trabajos prácticos. De esta manera, se otorgan insignias a los grupos de alumnos que, durante el desarrollo de la aplicación, cumplen con diferentes actividades preestablecidas (Figura 1).

ASPECTO	INSIGNIA	DESCRIPCIÓN
Interacción con el usuario		La interacción con el usuario debe ser lo más amigable posible (mensajes de información y/o de error específicos, limpieza de pantalla, etc.).
Validación de los datos		La aplicación debe solicitar en todo momento el ingreso de información de forma clara y consistente. Se deben implementar todas las validaciones que se consideren necesarias (además de las solicitadas explícitamente en el enunciado).
Finalización del código		El código debe estar modularizado (uso de funciones). Las variables correctamente declaradas e inicializadas. Evitar redundancias innecesarias (variables y estructuras de control).
Casos de Prueba		Deben representar distintas situaciones (caso normal, casos límites y datos erróneos).

Figura 1. Descripción de las insignias que se otorgan si cumplen las actividades

Creemos que el otorgamiento de premios e insignias será un factor motivador en el rendimiento de los alumnos y que nos permitirá conseguir mejores resultados en las tareas donde el incentivo no es más que el aprendizaje de los conceptos abordados en la asignatura. Finalizado el curso evaluaremos la respuesta.

Por otra parte, la cátedra AEDD está comprometida con la problemática de la accesibilidad académica, por lo que apunta al desarrollo de herramientas tecnológicas y estrategias de enseñanza/aprendizaje que faciliten y den soporte a la formación profesional de estudiantes con discapacidad visual en la carrera ISI. Es por ello que se busca generar herramientas de software con diseño universal, de manera que puedan ser utilizadas por todas las personas en la mayor medida posible. Así, las herramientas desarrolladas deben favorecer la autonomía del usuario, evitando la dependencia de terceros para su utilización. Por esta razón, se incorporó la accesibilidad al juego ParEs – Parejas Escondidas como ya fuera mencionado en la sección anterior.

También se trabaja para que los trabajos prácticos trasciendan los límites propios de los contenidos y del curso, promoviendo la integración entre estudiantes y docentes, y su participación en diferentes instancias y proyectos. Para ello, se planifica la continuidad de trabajo con los alumnos una vez finalizado el cursado. Esa continuidad puede darse de varias maneras:

- o Generando herramientas a partir de las implementaciones de los alumnos, para que puedan ser utilizadas por otros estudiantes o docentes, o incluso para que se puedan presentar en visitas a alumnos de las escuelas secundarias o en jornadas de difusión de la carrera.

- o Escribiendo artículos sobre los trabajos para presentarlos en jornadas estudiantiles

Para ello, el equipo docente primero analiza y selecciona los trabajos que se destacan por el tipo de solución brindada, o por los desafíos que hayan realizado. Posteriormente, convoca a los alumnos que estén de acuerdo en continuar trabajando sobre la solución y los asiste en la tarea de extensión/adaptación de la misma.

3.1. Adaptación y extensión de trabajos

Tal como se ha establecido con anterioridad, a fin de que los estudiantes generen soluciones que trasciendan los límites del cursado de AEDD, los docentes plantean problemas cuyas soluciones sean susceptibles de ser mejoradas si así se lo desea.

En este contexto, como resultado de un proceso conjunto de mejora extracurricular, se obtienen herramientas de software de distinta naturaleza cuya implementación toma como base los desarrollos producidos por los estudiantes de primer año.

Del conjunto de problemas propuestos bajo el formato de trabajo práctico integrador, dos de las herramientas resultantes en los años más recientes han sido difundidas con fines educativos: PregUTNados y KingCoder.

En el caso de PregUTNados se comenzó trabajando con el grupo de estudiantes para su difusión en congresos estudiantiles [14] a fin de dar a conocer la propuesta. Además fue utilizado en actividades de promoción de la carrera y difusión de la Facultad como ejemplo motivador de los desarrollos producidos en primer año. En estos contextos, se propuso a los ingresantes como una herramienta de revisión de aprendizajes que puede ser utilizada en forma autónoma en cualquier PC. Complementariamente a estas actividades se mejoró el desarrollo original a fin de introducir nuevas estrategias de juego.

En una etapa más reciente, se optó por desarrollar un aplicativo complementario que permite administrar las categorías y preguntas, permitiendo modificarlas a fin de obtener una versión del juego útil en cualquier dominio (ya no sólo en relación a las materias de primer año de ISI) [15]. Dado el potencial de este material como herramienta de aprendizaje, se formuló un objeto de aprendizaje (OA) el cual recientemente ha sido difundido en el Repositorio Institucional Abierto (RIA) [16]. De este modo, el resto de la comunidad universitaria puede reutilizarlo como parte de otras secuencias didácticas y, eventualmente, proveer retroalimentación que ayude a mejorar o extender el OA.

En el caso de KingCoder, se implementó una herramienta lúdica que brinda soporte al aprendizaje para el análisis de códigos escritos en C++. Esta herramienta complementa la funcionalidad del juego original incorporando al docente como usuario administrador de los contenidos evaluados. Desde este punto de vista, el

alumno tiene la posibilidad de evaluar sus conocimientos de forma pasiva (es decir, a modo de práctica sin calificación) y de forma activa (situación que se da cuando el docente selecciona un conjunto de ejercicios específicos a ser resueltos por el estudiante bajo el formato de examen). En ambos casos, el alumno interactúa con el juego original elaborado por los alumnos de AEDD.

Al igual que en el caso de PregUNTados, el resultado de esta extensión fue presentado en congresos a fin de difundir su potencial pedagógico [17].

3.2. Trabajo de integración virtual intercátedras

Como se indicó en el punto 1.1., la elaboración de los problemas de ingeniería va más allá de generar habilidades prácticas correspondientes a los contenidos que se desarrollan en la cátedra y en este sentido, se generan escenarios que llevan a los alumnos a involucrarse con otros conceptos y herramientas, y a promover competencias ingenieriles genéricas. Una de estas competencias es el trabajo en equipo [18] y una práctica frecuente de desarrollo en la actualidad es el trabajo virtual en equipo.

Con este fin, y a modo de prueba piloto, durante el 2017 se propuso integrar en una única aplicación las soluciones desarrolladas por 6 grupos de alumnos de la Regional Santa Fe y otros 6 de la Regional Tucumán. El enunciado del trabajo práctico integrado fue compartido y planificado por ambas cátedras. Pero cada cátedra solicitó el desarrollo de un conjunto de juegos distintos. El trabajo en conjunto entre grupos comenzó en la segunda etapa del trabajo, etapa en la cual los juegos debieron implementarse en librerías e integrarse en una aplicación a través de una interfaz de menús. Esa integración fue realizada por un grupo de cada regional, formando pares. Cada grupo compartió con su par el conjunto de librerías asociadas a los juegos que implementó, y al mismo tiempo, agregó a su menú de opciones los juegos provistos por su par.

Todo este trabajo llevó además a que dos equipos docentes de ambas regionales trabajaran de manera virtual, integrando planificaciones y espacios de apoyo, para que los alumnos puedan hacer lo propio. Esta es otra faceta importante, la motivación e integración de docentes en paralelo con la motivación e integración de alumnos.

De la experiencia participaron varios equipos en forma voluntaria y se lograron las aplicaciones integradas. Sin embargo, por algunos inconvenientes de fechas y logística, no se pudo lograr que los coloquios de los equipos que integraron se hicieran en simultáneo. Se espera poder mejorar este aspecto para la próxima experiencia.

4. Conclusiones

En este trabajo se sintetiza el trabajo que se viene desarrollando desde una cátedra de primer año de la

carrera Ingeniería en Sistemas de Información para diseñar y planificar trabajos prácticos que resulten atractivos a los alumnos. La temática elegida para las propuestas son los juegos manuales tradicionales, convertidos en problemas de ingeniería y presentados como proyectos, no como prácticos aislados. Y como tal son desarrollados en grupos de alumnos, en etapas con complejidad incremental, con un docente referente haciendo las veces de líder de proyecto.

El carácter lúdico de las propuestas del equipo docente facilita la interiorización de conocimientos de los alumnos que encuentran divertida la tarea a realizar, y genera en ellos una experiencia positiva. Además, son un excelente vehículo para trabajar la motivación, el esfuerzo, la creatividad, incluso la cooperación y la integración dentro del grupo de trabajo. Capacidades, todas ellas, que no se encuentran desarrolladas al comienzo de la carrera universitaria.

El uso de la gamificación en la etapa de evaluación de los trabajos prácticos, permite valernos de los sistemas de recompensa-objetivo propios de los juegos. De este modo, se consigue motivar a los alumnos e incentivar en ellos el ánimo de superación, al mismo tiempo que se logra el aprendizaje de los contenidos abordados en la materia.

Asimismo, el trabajo que llevan a cabo los docentes de la cátedra dando a conocer a los alumnos conceptos sobre el fraude académico, haciéndolos reflexionar sobre las consecuencias que puede traerles para su carrera universitaria (y su futura vida profesional) el incurrir en él, favorece desde el inicio de la carrera el desarrollo de buenos hábitos, la toma de conciencia y el compromiso de integridad académica de estos futuros ingenieros.

Finalmente, puesto que los docentes somos los encargados de garantizar el acceso a los saberes de los alumnos [19], las estrategias didácticas generadas incluyen aspectos relacionados con la accesibilidad para estudiantes ciegos, por lo que se aplica el desarrollo de herramientas de diseño universal, que puedan ser utilizadas por todos, favoreciendo su autonomía y evitando la dependencia de terceros para su utilización.

5. Referencias

- [1] Ministerio de Educación Superior Resolución 1232/2001. Disponible en: <http://www.coneau.gov.ar/archivos/538.pdf>
- [2] Ministerio de Educación. Criterios de Intensidad de la Formación Práctica - Res. ME N° 786/09. Disponible en: http://www.coneau.edu.ar/archivos/Res786_09.pdf
- [3] Golobisky, M.F. y Castellano, M. "El desafío de trabajar la resolución de problemas de ingeniería desde el inicio de la carrera de grado". 5° Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistemas de Información (CONAIISI 2017). ISSN: 2347-0372. Santa Fe, Noviembre de 2017.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [4] Ley 26.206 de Educación Nacional. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ley-de-educ-nac-58ac89392ea4c.pdf>.
- [5] Ley N° 24.521 de Educación Superior. Disponible en: <https://www.educ.ar/recursos/91820/ley-de-educacion-superior>.
- [6] Ley N° 25.573. Modificatoria de la Ley de Educación Superior. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/73892/norma.htm>.
- [7] Blas, M.J., Gaspoz, C. y Herrera, M. "MatDis: Aplicación de apoyo para Matemática Discreta". 3er CNEISI. UTN- Facultad Regional San Francisco.
- [8] García Lozano, D. y Gallino, L. "Implementación de una red social como primera experiencia de programación". 8vo CNEISI. UTN- Facultad Regional Santa Fe.
- [9] Beber, F., Blanc Fick, C., Perren, M. "Herramienta para el Cálculo de Aproximaciones Numéricas". 10° Congreso Nacional de Estudiantes en Ingeniería en Sistemas de Información (CNEISI). UTN- Facultad Regional Resistencia.
- [10] Mullens, Anne. *Cheating to win*. University Affairs, Ottawa, v. 41, n. 10, p. 22-28, 2000.
- [11] Eshet, Yovav. *No more excuses - personality traits and academic dishonesty in online courses*. Journal of Statistical Science and Application, New York, v. 2, n. 3, p. 111-118, 2014.
- [12] Sierra, Jeremy; Hyman, Michael. *Ethical antecedents of cheating intentions: evidence of mediation*. Journal of Academic Ethics, New York, v. 6, n. 1, p. 51-66, 2008.
- [13] Perry, Bob. *Exploring academic misconduct: some insights into student behavior*. Active Learning in Higher Education, Thousand Oaks, v. 11, n. 2, p. 97-108, 2010.
- [14] Hauque, F., Saudejaud, G. "¿Cuánto recordás de primero?: Desarrollo de un Juego de Preguntas y Respuestas por y para alumnos de Primer Año". 11° Congreso Nacional de Estudiantes en Ingeniería en Sistemas de Información (CNEISI). UTN - Facultad Regional Tucumán. Septiembre 2016.
- [15] Hauque, Federico. "Una herramienta lúdica adaptada para uso en múltiples contextos de aprendizaje". Jornadas de Ciencia y Tecnología - CyTAL 2018.
- [16] RIA – Repositorio Institucional Abierto de la Universidad Tecnológica Nacional. Disponible en: <http://ria.utn.edu.ar/>
- [17] Blas M.J., Hauque F.; Re S. Castellaro M. "Una Herramienta de Soporte para la Enseñanza y el Aprendizaje de Programación que constituye un Instrumento Didáctico". SIESC - CLEI 2017 / 46 JAIIO. Sep. 2017. Córdoba.
- [18] Documentos de CONFEDI. Competencias en Ingeniería. Disponible en: https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/Cuadernillo-de-Competencias-del-CONFEDI.pdf
- [19] Grzona, M.A. (2010). "La responsabilidad de la universidad para proporcionar estrategias generadoras de espacios inclusivos". Publicación digital de las VI Jornadas Discapacidad y Universidad: Los sujetos, los procesos y los contextos. Universidad Nacional de Cuyo, 2010. Programa de Inclusión de Personas con Discapacidad en la UNCUYO y Comisión. 2010 - ISBN 978-987-575-099-9

Vinculación 3.0: Una Solución Integrada para Disminuir las brechas Educativas Regionales

*Julieta Gatica, Camila Olguín, José Montejano, Mariano Luzza, Mario Berón, Analía Zaldua,
Germán Montejano, Ricardo Tertusio
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Área de Programación y Metodologías de Desarrollo de Software
Correo Electrónico: {mluzza,mberon,gmonte}@unsl.edu.ar
{jag81295,camimt25,jose.p.montejano,anazaldua,ricardodanielt}@gmail.com*

Resumen

La educación es uno de los principales pilares sobre los que se cimienta el crecimiento social. En muchas situaciones los distintos contextos sociales y geográficos limitan a los miembros de una comunidad de recibir una educación de calidad. Es por esto que la elaboración de estrategias que permitan romper barreras de cualquier índole, que dificulten la educación, es una actividad de valor para todo tipo de sociedad.

Una de las formas de paliar los inconvenientes mencionados en el párrafo precedente consiste en el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación para brindar contenidos a distancia. En la actualidad, la Internet y la posibilidad de adquirir aparatos tecnológicos que se conectan a ella permite disminuir abruptamente las barreras existentes entre las sociedades situadas en distintas regiones. Esta peculiaridad es muy importante para diseñar soluciones que propendan a una inclusión educativa de calidad.

Actualmente, las instituciones educativas cuentan con una conexión a Internet aceptable, pero carecen del software necesario para proporcionar aplicaciones que ejecuten en la web que posibiliten la carga por parte de la institución y el correspondiente acceso de los alumnos de contenidos institucionales y educativos que le faciliten llevar adelante los procesos de burocráticos y de enseñanza aprendizaje por parte de los miembros de la comunidad educativa. Esta característica hace que una herramienta tan importante como la Internet y las tecnologías asociadas estén subutilizadas por la falta de diseño de un software que permita la integración de las actividades educativas de las instituciones y la interacción entre ellas.

En este artículo se presenta Vinculación 3.0 un sistema de software que proporciona una solución al problema de conexión existente entre las instituciones educativas. La herramienta posibilita la generación automática de sitios web, compartir materiales educativos y facilita la interacción con otras entidades educativas.

1. Introducción

Hoy en día el uso de las tecnologías de la información en las instituciones educativas es una realidad insoslayable. Muchas campañas gubernamentales están orientadas a proporcionar, a los distintos miembros de la comunidad educativa, computadoras y tablets con el propósito de fomentar el uso de las TICs en educación y de incrementar las posibilidades educativas de la sociedad. Concomitantemente con este esfuerzo, el acceso a la tecnología por parte de los ciudadanos es más factible (en la mayoría de los hogares se puede encontrar al menos una computadora, smartphone, tablet, etc.). Esta característica hace que las estrategias educativas puedan salir del ámbito escolar o institucional y trasladarse a cualquier parte del planeta.

Lo mencionado en el párrafo precedente es una ventaja que los avances tecnológicos proveen. Los mismos, en la mayoría de los casos, no son explotados como se debe. Es común asistir a las instituciones escolares y observar la existencia de computadoras, netbooks, tablets, conexiones a internet, etc. las cuales en el mejor de los casos se utilizan para navegar y buscar información para resolver prácticos de las materias que cursan. Sin lugar a dudas, lo previamente mencionado es una ventaja respecto de épocas pasadas donde tal tipo de actividades eran impensadas. Sin embargo, muchas de las posibilidades que proporcionan las TICs no son utilizadas. A modo de ejemplo, se puede mencionar la poca vinculación que existe entre las escuelas y las instituciones de nivel superior e incluso con aquellas del mismo nivel. Esto se debe a que es necesario construir aplicaciones que posibiliten dicha interacción. Para alcanzar el objetivo antes mencionado, se debe contar con docentes o profesionales capacitados en el desarrollo de software. Si bien las instituciones educativas cuentan con profesionales con ese perfil, los mismos están dedicados a tareas docentes y generalmente no disponen del tiempo y recursos suficientes para poder llevar adelante un proyecto de software que provea una solución al problema de integración educativa.

Es importante mencionar que lo descrito en los párrafos anteriores no es un mero enunciado teórico sino más bien una realidad concreta observada y vivida por los docentes en su quehacer educativo.

Teniendo en cuenta la problemática planteada con anterioridad, en este artículo se describe Vinculación 3.0, una herramienta que tiene como objetivo facilitar la vinculación entre las diferentes instituciones educativas y sus comunidades asociadas. Para tal fin, la aplicación se ejecuta en un servidor con la configuración necesaria para dar respuesta en un tiempo razonable a los requerimientos institucionales, y proporciona diferentes funcionalidades que son muy útiles para las instituciones y sus comunidades educativas, como lo son: asignación de espacio en disco, creación de manera automática de sus sitios web, un repositorio compartido de recursos educativos abiertos, servicios de ayuda en línea, etc.

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se dan a conocer los trabajos relacionados con la temática que se aborda en este artículo. La sección 3 describe las tecnologías seleccionadas para abordar el proyecto. La sección 4 muestra la arquitectura de la herramienta. La sección 5 explica EDUTECH, un componente muy importante de Vinculación 3.0 la cual permite la generación automática de sitios web de instituciones educativa, con sus correspondientes funciones de administración. La sección 5 presenta un ejemplo de aplicación exitoso de Vinculación 3.0. Finalmente, en la sección 6 se exponen las conclusiones del artículo y el trabajo futuro.

2. Trabajos Relacionados

Existen numerosas investigaciones referidas a la vinculación entre instituciones educativas y universidades, o entre universidades y otros sectores sociales además del educativo (sector económico, sector ambiental, sector productivo, industrias, empresas, etc.). La mayoría de estas investigaciones están orientadas a programas que integran talleres, charlas y capacitaciones, como el programa realizado por la Facultad de Ciencias Económicas de la UNICEN [1] cuyo objetivo es realizar un acercamiento entre la Universidad y la comunidad educativa de la Región Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Una investigación realizada por la Universidad Autónoma de Baja California en Méjico [2], orientada a la vinculación entre la universidad y la sociedad (haciendo énfasis en el sector productivo), trata sobre cómo la vinculación puede convertirse en un instrumento eficaz para hacer frente a ciertos retos relacionados a los cambios que surgen en la sociedad continuamente. Teniendo en cuenta esto, mediante un proyecto,

denominado “Proyecto SPRING” [3], realizado por docentes y estudiantes de la Universidad De Las Américas (UDLA), se realizó un sitio web que tiene como objetivo vincular a la comunidad universitaria con el contexto ecuatoriano mediante programas y proyectos que generen impacto y empoderamiento en grupos vulnerables. Este sitio web posee información acerca de los programas y proyectos de vinculación realizados por la universidad, además de pasos y buenas prácticas para hacer un proyecto de vinculación [4]. Estas investigaciones, sin embargo, no tratan temas de cómo hacer uso de las TICs para minimizar la brecha existente entre escuelas y universidades y la sociedad en general.

En la web se pueden encontrar sitios que poseen bibliotecas digitales (como un repositorio institucional) y portales de instituciones (similares a lo que se puede definir como aula extendida). Entre estos, están: i) Sistema de bibliotecas de la UDLA [5], que es una red de bibliotecas, la cual ofrece recursos electrónicos y brinda servicios de información acerca de la biblioteca; ii) Campus Virtual de la Universidad Nacional de Lanús (UNLa) [6], que atiende a las necesidades que surgen de distintos espacios curriculares virtuales: carreras de grado y postgrado, cursos, seminarios y otros; iii) Aulas Virtuales de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL) [7], que posee una gestión de cursos, a través de los cuales los alumnos pueden descargar material y realizar entregas de trabajos etc. A su vez, autores han realizado trabajos de investigación para implementar un sistema de gestión de archivos para administrar el flujo de información de una fundación en medicina [8]. El proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un sistema que integre herramientas tecnológicas de gestión y servicios y entre las que se encuentran un repositorio, un catálogo, un CRM y un portal web institucional de contenidos.

Se puede notar que, al menos hasta el momento de realizado este estudio, no se han podido encontrar trabajos que integren las TICs con el objetivo de lograr una vinculación entre las instituciones educativas y con la sociedad. Además, tampoco fue posible hallar sistemas informáticos que proporcionen soluciones, sin costo, tales como posibilidad de almacenar contenidos en sitios protegidos por instituciones educativas, generar automáticamente sitios web institucionales, facilitar la gestión de actividades que los miembros de la comunidad educativa llevan a cabo a diario como por ejemplo: averiguar flujos de tareas, acceder a trabajos prácticos en línea, compartir información educativa, etc. En este sentido, se puede decir que el proyecto es innovador e intenta minimizar la brecha existente entre escuelas y universidades y la sociedad en general desde distintos puntos de vista.

3. Instituciones Conectadas

Existe, desde hace años, una necesidad por parte de las Universidades de ampliar su espectro de participación con la sociedad, adquiriendo compromisos mayores con ella. Las Universidades buscan vías que le permitan acercarse a las instituciones para alcanzar una modernización en el ámbito de la ciencia y la tecnología, y están enfocadas a solucionar graves problemas sociales, económicos y políticos.

La vinculación e inclusión educativa entre las universidades y las instituciones de nivel terciario y medio y la sociedad es una temática que requiere especial atención. Los desfases entre los distintos niveles educativos mencionados con anterioridad suceden por diferencias en la formación de los alumnos, en la rigurosidad con la que se dictan los conceptos, la carencia de materiales disponibles para facilitar la transición de la institución de origen a la universidad, etc. El presente proyecto brinda una solución al problema descrito previamente a través del desarrollo de una aplicación web llamada Vinculación 3.0, la cual provee funcionalidades que facilitan, como su nombre lo dice, la vinculación e inclusión de los diferentes miembros de la comunidad educativa de las instituciones de nivel secundario y terciario con la universidad.

3.1. Tecnologías Seleccionadas

En esta sección se describen las tecnologías utilizadas en el desarrollo de Vinculación 3.0. Para llevar a cabo dicha tarea se tuvo en cuenta la metodología de desarrollo, las herramientas para llevar a cabo la especificación del sistema y aquellas que son necesarias para implementarlo. Refiriéndose al primer aspecto, es decir, la metodología utilizada para el desarrollo, se puede decir que se analizaron las aproximaciones más utilizadas, aquellas que se basan en métodos formales tales como RAISE [9], Alloy [10], métodos rigurosos tal como el Proceso Unificado [11] y metodologías ágiles [12], entre otras tantas posibilidades. Teniendo en cuenta este análisis se optó por usar el Proceso Unificado. Esto se debe a que el mismo es muy utilizado en el desarrollo de software y los desarrolladores de Vinculación 3.0 tienen una amplia experiencia en la aplicación de dicho proceso.

Teniendo en cuenta que se optó por el Proceso Unificado, para la especificación se seleccionó el lenguaje unificado de modelado UML (por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language). Este lenguaje es usado en la etapa previa a la etapa al desarrollo del sitio para describir la comunicación que tendrán los actores con el mismo y las características del sistema en sí. UML tiene la ventaja de poder ser utilizado para diferentes

tipos de sistemas consolidando muchas de las notaciones y conceptos más usados orientados a objetos.

Tomando como foco de análisis la implementación del sistema se analizaron diferentes alternativas disponibles en la actualidad, con el propósito de seleccionar aquella que facilite el proceso y que no tenga una gran penalidad en la ejecución. También se tuvo presente que el sistema, dado su finalidad, debía ser implementado utilizando tecnologías web, en particular aquellas que brindan una plataforma para crear y gestionar un sitio de forma sencilla.

Para el desarrollo de este proyecto se decidió por la utilización de PHP, Java Script, HTML y CSS para las rutinas auxiliares que se necesiten dado su amplia utilidad para el desarrollo de aplicaciones web.

Es importante destacar que los usuarios principales de Vinculación 3.0 serán docentes y serán ellos quienes administren gran parte del software. Debido a esto, querrán gestionar y actualizar el sistema sin tener que quedar atrapados en los detalles técnicos. Es por esta razón que se evaluó a los CMS (Sistemas de Administración de Contenidos) como herramienta de la implementación de Vinculación 3.0.

Los CMS son herramientas informáticas que permiten la creación, el almacenamiento, la actualización, la recuperación y la visualización de contenidos a distintos niveles de gestión y acceso, sin la necesidad de poseer conocimientos técnicos avanzados. Su adecuada aplicación permite proporcionar un alto grado de personalización de modo tal que, quien lo utilice, considere que el sitio ha sido diseñado expresamente para él. Es un sistema dinámico e integral, que permite manejar de manera independiente el diseño visual, de la gestión del contenido [14]. Estos sistemas facilitan la creación de grandes sitios web y aplicaciones con múltiples páginas [15]. Además, incrementan la productividad dado que al ser herramientas de más alto nivel tienen muchas tareas típicas del desarrollo web implementadas [16]. Esta peculiaridad hace que el programador pueda concentrarse en tareas específicas propias del problema que se pretende resolver.

Es por ello que, en base a las necesidades del proyecto, resulta más conveniente la utilización de un Sistema de Administración de Contenidos (CMS) antes que recurrir al desarrollo web desde cero. Una de las características actuales de este tipo de software es la facilidad de creación de contenidos online. Los gestores de contenido permiten crear contenidos HTML mediante editores wysiwyg, acrónimo de “What You See Is What You Get” (que en inglés significa “lo que ves es lo que obtienes”). Estos editores facilitan la creación de los contenidos de forma visual y son una herramienta muy útil. La mayoría de los usuarios que no saben HTML y no se molestan en aprenderlo. Pero desean ser capaces de utilizar itálica o negrita en sus textos, o implementar

etiquetas para crear secciones dentro de sus páginas. Un editor WYSIWYG hace que eso sea posible para los usuarios que no son muy expertos [17, 18].

El proceso de ingeniería se simplifica cuando las herramientas que se utilizan son las apropiadas, si bien los CMS facilitan el desarrollo de aplicaciones web, la gran diversidad de los mismos, colocan al programador en el desafío de elegir el más apropiado para resolver el problema. La siguiente subsección detalla que es un CMS y analiza diferentes propuestas de CMS.

Por último, en algunos casos en donde se requería de una programación más específica se utilizó tecnología web tradicional. Este es el caso del generador de portales que pretende dar la posibilidad de que las instituciones generen automáticamente sus propios sitios web. Esta tarea es más específica ya que requiere la incorporación de las características propias de cada institución. Debido a esto, se decidió utilizar PHP para desarrollar el contenido del generador. PHP fue seleccionado por que cuenta con una adecuada curva de aprendizaje, es decir, resulta sencillo de aprender para el principiante y, al mismo tiempo, ofrece características avanzadas para el programador profesional. Además, se requirió el uso de un sistema gestor de base de datos, para poder mantener toda la información de los portales, y se decidió utilizar MySQL por sobre otros gestores reconocidos por los desarrolladores tales como Microsoft SQL Server, Oracle, Microsoft Access [19]. Esto se debe a que es considerada la base de datos más usada en los proyectos de desarrollo de software.

3.2. Sistemas de Administración de Contenidos

Un Sistema de Administración de Contenidos (Content Management System, CMS) es una aplicación web que permite gestionar información. Da una solución global en cuanto al proceso de gestión antes mencionado en cualquier entidad, institución u organización. Según Boiko [20], un CMS se compone de varios subsistemas relacionados, los cuales se describen brevemente a continuación:

- **Colección:** se encarga de la creación y/o adquisición de información. Debe dar soporte a los procesos de creación de contenidos, a los flujos de trabajo, a procesos de conversión entre diversos formatos y a la agregación de contenidos de diferentes fuentes.
- **Gestión:** este subsistema es el responsable de la gestión y control de los repositorios de información, de los grupos de usuarios, y de los procesos de soporte para los otros subsistemas. Define y controla los flujos de trabajo que son utilizados por los subsistemas

de colección y publicación, y los parámetros para el funcionamiento del sistema.

- **Publicación:** es el subsistema encargado de la producción final de publicaciones o productos de información digital, de manera automática o semiautomática. Utiliza un modelo basado en plantillas, lo que posibilita la personalización de acuerdo a los usuarios y la producción para diferentes tipos de plataformas y/o clientes.

Así, la dinámica de los productos y aplicaciones desarrollados para la gestión de contenidos, ha hecho posible la aparición de herramientas como los CMS que siguen diferentes enfoques y ofrecen diferentes prestaciones.

Para seleccionar la herramienta de gestión de contenidos debe realizarse un análisis de cuál es el que mejor se adapta a las necesidades de los usuarios, entendiéndose por tal, programadores y personas que utilizan el sistema. Teniendo en cuenta esto, a continuación, se resumen las características esenciales de los CMS más comúnmente utilizados teniendo en cuenta criterios de selección como facilidad de uso, comunidad que lo utiliza, funcionalidad principal, arquitectura, etc.

- **Wordpress:** Este CMS es de libre acceso y es uno de los más utilizados para el manejo de blogs. Utiliza tecnologías PHP y MySQL. Su principal funcionalidad puede ser extendida al integrar temas y agregados contribuidos por su comunidad. Las plantillas son muy flexibles y permiten a los usuarios arreglar los “widgets” sin llegar a modificar código (PHP o HTML). A diferencia de Drupal y Joomla, WordPress permite a los usuarios editar el código PHP o HTML directamente desde el área administrativa para una personalización avanzada. Además, tiene un buen soporte de la comunidad Web. El área de administración es muy amistosa con el usuario, ya es muy fácil encontrar contenidos dentro de la interfaz de la web que el administrador quiera editar.
- **Joomla:** es un CMS de código abierto escrito en lenguaje PHP y utiliza MySQL para su base de datos. Comparado con Drupal y WordPress, Joomla es relativamente nuevo y está ganando popularidad entre distintos usuarios por sus varios aspectos, incluyendo la facilidad de utilización y su extensibilidad. Posee una jerarquía de manejadores de datos, un manejador de temas y un manejador de menús (Modelo-Vista-Controlador, MVC). Tal separación permite que las propiedades y métodos de una sección sean modificadas sin la necesidad de cambiar las otras secciones. Joomla es modular por lo que sus características iniciales pueden

ser extendidas. Además, mantiene contenido en su base de datos para proveer formatos dinámicos. Todo el sistema está hecho de hasta tres tipos de páginas: Secciones, categorías y artículos. El contenido es llamado Artículo en la terminología de Joomla. Secciones y Categorías pueden ser definidas como organización de artículos. Los Artículos son almacenados bajo categorías y distintas secciones pueden tener una o más categorías. Un Artículo solo puede estar debajo de una categoría y una sección. Así que, para lograr mostrar el contenido en distintos sitios web, es necesario la creación de diferentes tipos de artículos de ese contenido en diferentes categorías. Si bien Joomla puede ser más completo que WordPress, también es más difícil de usar, tanto para los administradores del sitio como para los desarrolladores que necesiten adaptar o ampliar sus funcionalidades.

- **Drupal:** Drupal es un CMS escrito en PHP y utiliza MySQL, PostgreSQL o Microsoft SQL para manejar sus bases de datos. La arquitectura de Drupal está diseñada de tal manera que existen tres capas diferentes de trabajo independientes y relacionadas que dan como resultado la presentación de todo el sistema. Estas tres capas son el contenido que forma el sitio, la aplicación del algoritmo que organiza este contenido para su presentación y la capa de representación que es incorporada por el tema de Drupal. La arquitectura de Drupal sigue un

esquema de Presentación-Abstracción-Control (PAC), que provee características en el paquete básico de Drupal conocido como núcleo. Drupal provee una plataforma para crear varios tipos de sitios web como blogs, foros y redes sociales. Las funcionalidades y capacidades básicas de Drupal pueden ser mejoradas a través de la incorporación de módulos que pueden ser instalados en el paquete inicial de Drupal. Para desarrolladores y codificadores, Drupal provee una interfaz de programación y es, por lo tanto, una buena opción si se tiene un alto nivel como desarrolladores y se desea un código de calidad, sin embargo posee una menor comunidad, lo que puede tener consecuencias al enfrentarse a dificultades.

Teniendo en cuenta estas observaciones y analizando diferentes aplicaciones construidas con CMS, se pudo observar que Wordpress es el CMS más conveniente. Esto debido a su sencillez, flexibilidad y comunidad.

4. Arquitectura de la Herramienta

La arquitectura de Vinculación 3.0 se puede observar en la figura 1, y para describirla cabalmente se utiliza un modelo de múltiples vistas concurrentes (modelo 4+1). Esto se debe a que dicho modelo permite separar los requisitos funcionales de los no funcionales y además de abordar los intereses de los distintos interesados: usuarios finales, desarrolladores, líderes del proyecto, etc. El modelo 4+1 [21] está compuesto por cinco vistas

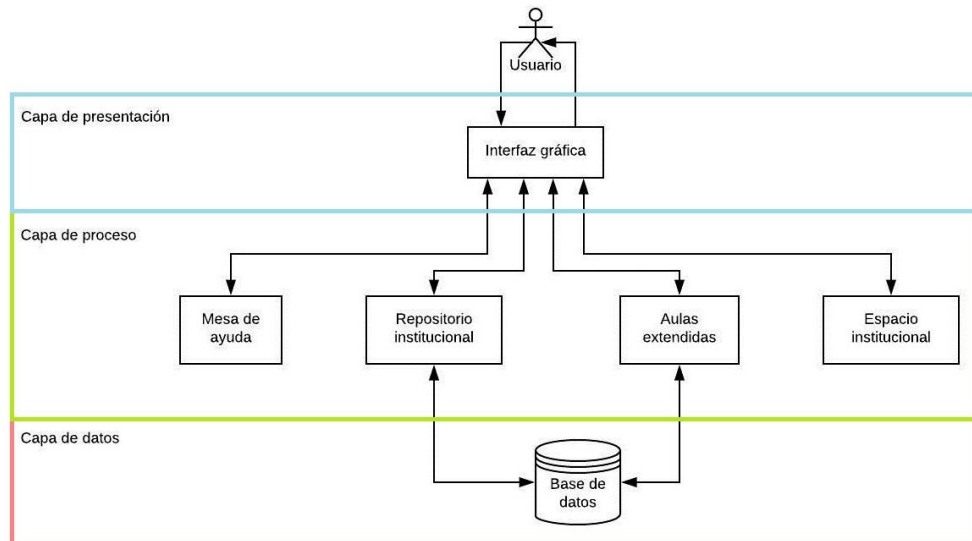


Figura 1 – Arquitectura de Vinculación 3.0

principales las cuales son: i) la *Vista de Escenarios*, se crea a partir de las cuatro vistas que se describen más adelante, y se ilustran mediante casos de uso o escenarios, los cuales describen secuencias de interacciones entre objetos, y entre procesos. Se utilizan para identificar y validar el diseño de arquitectura; ii) la *Vista de Desarrollo*, ilustra el sistema desde la perspectiva del programador y está enfocado en la administración de los artefactos de software; iii) la *Vista de Proceso*, trata los aspectos dinámicos del sistema, explicando los procesos del mismo y cómo se comunican. La vista considera aspectos de concurrencia, distribución, rendimiento, escalabilidad, etc.; iv) la *Vista Física*, que describe la/s asignación/es del software en el hardware y refleja su aspecto distribuido, es decir que describe el sistema desde el punto de vista de un ingeniero de sistemas. Además, se relaciona con la topología de componentes de software en la capa física, y con las conexiones físicas entre ellos; y v) la *Vista Lógica* que se enfoca en describir la estructura y funcionalidad del sistema. En las siguientes subsecciones se describe Vinculación 3.0 Utilizando el modelo antes descrito.

4.1. Vista de Escenarios

La figura 2 muestra los principales casos de uso que forman parte de la arquitectura de dicho sistema, los cuales se encuentran divididos en tres grandes grupos que

se describen en las siguientes subsecciones [22].

4.1.1. Interactuar con el Sistema

Mediante el sitio, los alumnos podrán conocer la oferta educativa proporcionada por la universidad como así también ubicar las distintas dependencias de la universidad relacionadas con la facultad donde cursarán su carrera. A su vez contarán con la posibilidad de conocer la información y los pasos a seguir para la realización de trámites académicos.

Los docentes dispondrán de espacio para almacenar los materiales didácticos de las materias que dictan, así como también sus Recursos Educativos Abiertos (REA). Si bien el vincular las instituciones educativas no es uno de los ejes principales del proyecto (sino vincular las mismas con la universidad), la interacción entre instituciones es posible a través de los ejercicios que brinden a Vinculación 3.0 y, por sobre todo, mediante los REAs disponible en el repositorio del sistema, en el cual todas las instituciones participantes pueden incorporar documentos (REAs) que aborden temáticas que se enseñan en las mismas. Gracias a estas funcionalidades del sistema, las instituciones académicas y sus comunidades educativas estarán más relacionadas entre ellas y con la universidad, comunicando sus necesidades y planificando actividades en conjunto. La universidad se nutrirá de alumnos y diseñará capacitaciones, las cuales estarán disponibles en un repositorio de REAs, orientadas

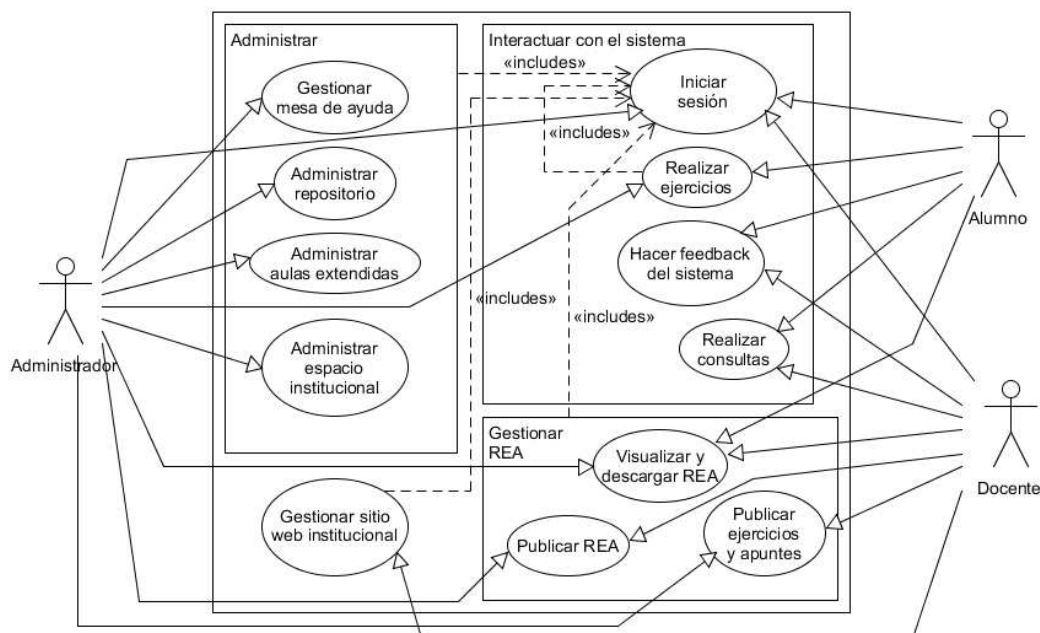


Figura 2 – Vinculación 3.0 – Vista de Escenarios

a elevar la calidad educativa de la institución y, por consiguiente, a facilitar la transición escuela-universidad, ajustando su oferta educativa de acuerdo a los requerimientos de la sociedad.

A este grupo pertenecen los siguientes casos de uso: i) *Iniciar sesión*: permite al usuario poder iniciar sesión con su cuenta; ii) *Realizar ejercicios*: los alumnos registrados en aulas extendidas pueden realizar los ejercicios publicados, enviando las respuestas al docente que los corresponde (quien subió el ejercicio); iii) *Hacer feedback del sistema*: tanto alumnos como docentes pueden responder a encuestas de satisfacción, que son enviadas a los administradores para que realicen mejoras; y iv) *Realizar consultas*: permite a los usuarios del sitio realizar consultas de acuerdo a algún interrogante que posean del sitio.

4.1.2. Gestionar REA

El grupo de gestionar REA tiene los siguientes objetivos: i) permitir a los docentes la incorporación, eliminación y modificación de Recursos Educativos Abiertos (REAs); ii) publicar material en el foro de aulas extendidas, y iii) posibilitar que los alumnos puedan leer el material y realizar los ejercicios disponibles en aulas extendidas.

Como se puede observar en la figura 2, este grupo posee tres casos de uso que se describen sucintamente a continuación: i) *Visualizar y descargar REA*: todos los usuarios del sitio (administradores, docentes y alumnos) podrán visualizar y descargar los documentos disponibles en el repositorio institucional; ii) *Publicar REA*: tanto administradores como docentes pueden publicar documentos de interés en el repositorio institucional; iii) *Publicar ejercicios y apuntes*: los docentes y administradores poseen la funcionalidad de publicar apuntes y ejercicios en el espacio de aulas extendidas para una posterior evaluación de éstos últimos.

4.1.3. Gestionar Sitio Web Institucional

Los docentes son quienes se encargan de gestionar el sitio web institucional que se crea de forma automática mediante una plantilla (creada a partir de interacciones con instituciones educativas, docentes y a través del análisis de diferentes sitios web de instituciones) con la ayuda de EDUTECH, esto es, una vez que se ha registrado en el sitio con la autorización del administrador y ha iniciado sesión, el docente tiene acceso a la parte administrativa del sitio institucional y se encarga de manejar todo aquello referido a la institución a cargo. Si el docente, por algún motivo, desea dar de baja el sitio, debe solicitarla al administrador quien se encarga de realizar dicho procedimiento.

El acceso a EDUTECH está restringido a un único administrador por institución, en este caso el docente

quien se encuentra a cargo de cada institución. Las funciones que éste puede realizar son modificar, agregar o quitar toda la información que se encuentra o encontrará en el sitio. Si bien un hosting tradicional ofrecería mayor flexibilidad al usuario, requeriría que éste tenga conocimientos básicos de administración web y también que genere por su cuenta el sitio. Esto último obligaría además al usuario a tener conocimientos de programación web o pagar por su servicio de desarrollo. Por el contrario, el uso de una plantilla con campos para llenar, permite que el usuario se concentre en el contenido y no en la programación. Además, al generarse todos los portales con la misma plantilla, se asegura un estilo similar entre todos los sitios de las instituciones fomentando la igualdad de oportunidades.

4.1.4. Administrar

Las funciones principales del administrador del sistema son realizar tanto la gestión de los módulos del sistema, como de los diferentes usuarios; organizar eficientemente los requerimientos de servicio de los usuarios, visualizando información de los más solicitados; y habilitar/deshabilitar el acceso de un usuario al repositorio. Los casos de uso que componen esta parte del sistema son: i) *Gestionar mesa de ayuda*: el administrador se encarga de gestionar los flujos de trabajo así también cómo los cuadros de mando, esto es, muestra la información de los requerimientos más solicitados por los usuarios y provee una guía de pasos que los usuarios puedan seguir para realizar tareas comunes y las dependencias de la universidad donde las mismas se llevan a cabo; ii) *Administrar repositorio*: el administrador puede incorporar, eliminar, modificar y buscar REAs en el repositorio institucional, administrando todo el material y asignándoles categorías; iii) *Administrar aulas extendidas*: administrar este módulo hace referencia a gestionar aquellas cuentas de usuario que necesiten un acceso particular a este. Ya sea porque sean docentes de las instituciones o docentes universitarios; iv) *Administrar espacio institucional*: dentro del módulo Espacio Institucional, el administrador deberá aceptar la solicitud del usuario corroborando que la información enviada corresponde a una institución. Una vez aceptada, se le informará a la institución, la cual podrá empezar a gestionar su propio sitio. Cuando el sitio ya se encuentra disponible en la red, este se incorpora a una lista que se visualizará en dicha sección. De esta manera, se vinculan los sitios web tanto de la universidad como de las escuelas, creando un ambiente adecuado para fomentar la relación inter-institucional. Cabe aclarar que no es un hosting tradicional, sino que se utiliza una plantilla para facilitarle la gestión al usuario. Si bien un hosting tradicional ofrecería mayor flexibilidad al usuario, requeriría que éste tenga conocimientos básicos

de administración web y también que genere por su cuenta el sitio. Esto último obligaría además al usuario a tener conocimientos de programación web o pagar por su servicio de desarrollo. Por el contrario, el uso de una plantilla con campos para llenar, permite que el usuario se concentre en el contenido y no en la programación. Además, al generarse todos los portales con la misma plantilla, se asegura un estilo similar entre todos los sitios de las instituciones.

4.2. Vista Lógica

La vista lógica describe el modelo de objetos del diseño y contiene principalmente los requisitos funcionales (lo que el sistema debe brindar en términos de servicios a sus usuarios). En la figura 3 se realizó un modelo de dominio, el cual muestra las clases conceptuales significativas del dominio del problema. Este modelo está centrado en las abstracciones relevantes del proyecto, vocabulario e información del dominio. Los elementos principales a mostrar en el modelo del dominio son: i) Conceptos: elemento lógico o físico que ayuda a comprender el problema. En el diagrama se muestra: Mesa de ayuda, Repositorio Institucional, Aulas Extendidas y Espacio Institucional; ii) Asociaciones: hace referencia a relaciones lógicas o físicas que existen en el mundo real entre dos conceptos. Se define el

nombre de estas asociaciones con el fin de llegar a armar una frase con dos conceptos diferentes. Por ejemplo, se encuentran consultas en donde los alumnos pueden realizar al sitio, consultas a diferentes módulos o mejor dicho a diferentes conceptos. El alumno puede consultar el Repositorio Institucional y/o la información que brinda el concepto de Mesa de Ayuda; iii) Agregación y composición: indican una relación donde uno de los conceptos es el contenedor del otro. Esto es, Mesa de Ayuda está compuesta por Información relevante de la institución y QyA (Preguntas y Respuestas); Repositorio Institucional, contiene una gran gama de artículos y/o tesis que son de interés común al usuario final para las diferentes temáticas que se puede encontrar dentro de la universidad; Aulas Extendidas, está compuesta por apuntes y ejercicios de nivel básico para aquellos alumnos que se encuentren cursando dentro de las instituciones de nivel medio; y, por último, Espacio Institucional está compuesto por EDUTEC. Este modelo el cual se ha utilizado para representar la vista lógica del proyecto refleja una vista general de las posibles clases que tendría al momento de su implementación. Dichas clases son las encargadas posibilitar una acepción al proyecto, esto es, facilitar la lectura de lo que se plantea y las distintas funcionalidades que este posee. Para entender un poco mejor esto, se explican los cuatro conceptos más relevantes en el proyecto: i) *Mesa de*

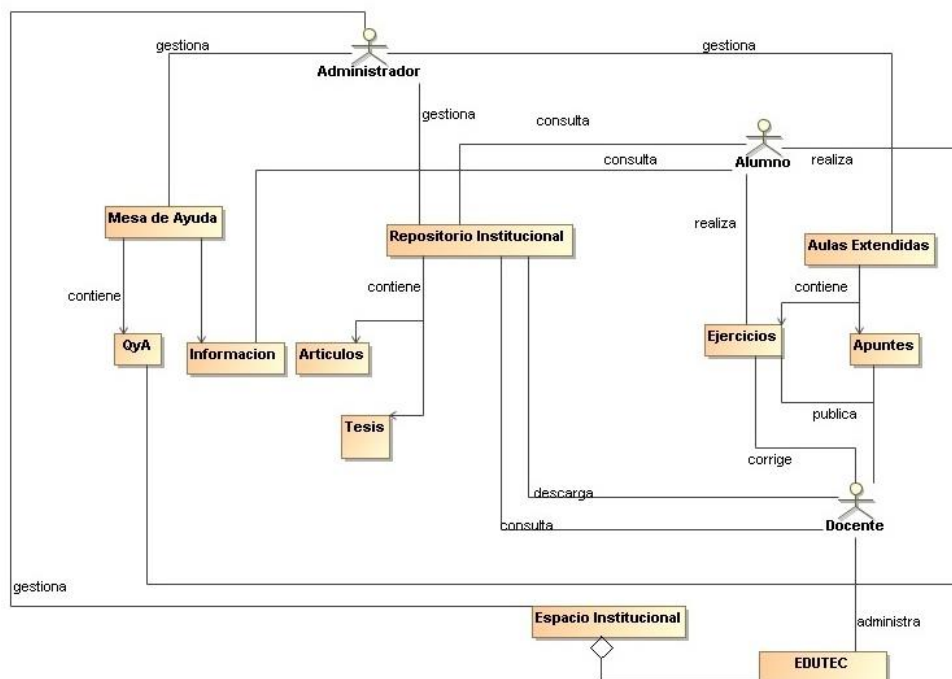


Figura 3 – Vinculación 3.0 – Modelo de Dominio

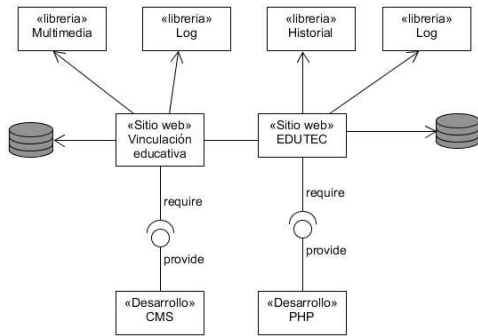


Figura 4 – Vinculación 3.0 – Modelo de Componentes

Ayuda: los usuarios finales (aquellos alumnos que hagan uso de Vinculación 3.0), tendrán disponibilidad de toda la información expuesta en el sitio. Ellos podrán recopilar la información que necesiten o podrán chequear las Preguntas y Respuestas que son realizadas con más frecuencia; ii) *Repositorio Institucional:* permite a los usuarios la búsqueda y recuperación de materiales de producción científica o académica. La definición que se tiene de las bibliotecas tradicionales es ofrecer documentos (libros, revistas, tesis, artículos, etc.) en soportes físicos a través de servicios de préstamos y consultas. Esas políticas limitan de alguna manera con el acceso a los documentos por la falta de ejemplares o la existencia de ejemplares desactualizados [23]. Un Repositorio Institucional es un archivo electrónico de la producción científica de una institución, almacenada en un formato digital [24]; iii) *Aulas Extendidas:* este concepto abarca las ideas y experiencias que se podrán reunir e intercambiar sobre diversos temas relacionados con la educación, tanto secundaria como universitaria. Se encuentran ejercicios, juegos y diferentes formas de hacer más entretenida la vinculación entre las instituciones; iv) *Espacio Institucional:* a través de este elemento, cada institución de nivel medio podrá solicitar un usuario al administrador para poder gestionar un sitio web propio, el cual se encontrará en un listado que se visualizará en la interfaz de este espacio. La administración la realizará un docente a cargo del usuario, por medio de EDUTECC (componente de Vinculación 3.0 explicada en la sección 5 del presente artículo).

4.3. Vista de Desarrollo

Esta vista se enfoca en la organización de los módulos de software y su entorno de desarrollo, empaquetando el software en pequeños componentes y organizándolos en capas jerárquicas, donde cada una de ellas brinda una

interfaz bien definida a sus capas superiores. En la figura 4 se muestra el modelo de componentes del sistema, descrito en UML. Los elementos principales de un diagrama de componente, son: i) Componentes: son una parte física reemplazable de un sistema, que conforma y proporciona la implementación de un conjunto de interfaces. Se utiliza para modelar elementos físicos que pueden hallarse en un nodo, como ejecutables, bibliotecas (DLLs), tablas, archivos, documentos. En el modelo, por ejemplo, se encuentran diversos componentes de librerías, sitios web, bases de datos, y componentes de desarrollo; ii) Elementos de interfaz: estos elementos son formas gráficas de describir las interfaces requeridas y/o provistas de un componente, clase o parte de un modelo de componentes. Así, se puede decir que el componente de Vinculación 3.0 requiere de la interfaz provista por el componente de desarrollo de un CMS; mientras que el componente de EDUTECC requiere la interfaz provista por componente de desarrollo de PHP; iii) Conector de Asociación: Una asociación implica que dos elementos del modelo poseen una relación. En el modelo de componentes, se puede observar que entre Vinculación 3.0 y EDUTECC existe una asociación, ya que estos sitios están conectados de manera que el segundo es una parte del primero; iv) Conector de Delegación: define el ensamble interno de los puertos e interfaces externos de un componente. Al usar este conector, se relacionan los componentes internos del sistema con los componentes del exterior. En el sistema existe una delegación de los sitios web a librerías externas y a bases de datos. A través de este modelo, se muestran los elementos o componentes del diseño de Vinculación 3.0. Además, se pueden visualizar tanto la estructura de alto nivel del sistema, así como el comportamiento de los servicios que los componentes proporcionan y usan a través de las interfaces. Por lo tanto, se puede decir que el modelo transmite una visión de: i) los servicios que el sistema proporciona a través de sus componentes, como los servicios brindados por Vinculación 3.0 y EDUTECC; ii) las interfaces requeridas por los servicios antes mencionados, y las provistas por el CMS utilizado y por PHP; iii) las conexiones de los servicios internos con librerías externas; y iv) las relaciones existentes entre todos los puntos anteriores.

4.4. Vista de Proceso

Por medio de la vista de proceso se describen las actividades del sistema, y se capturan los aspectos de simultaneidad y sincronización del diseño. En la figura 5 se puede observar un modelo de secuencia, el cual está representado por cuatro actores: *Usuario, Interfaz de Usuario, Sistema y Base de Datos*. Un modelo de secuencia expresa los diferentes mensajes, que se intercambian entre los diferentes actores, en una línea de

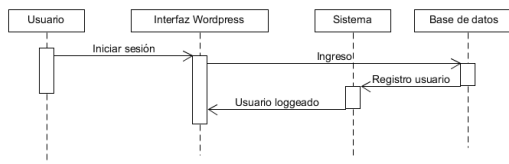


Figura 5 – Vinculación 3.0 – Modelo de Secuencia

tiempo los cuales están ordenados debido a su orden de envío representando el paso del tiempo gráficamente.

Este modelo anuncia cómo los actores van interactuando a través del pasaje de mensajes para un escenario en particular. Si bien existen varios escenarios posibles, se seleccionó uno de los más sencillos para poder plasmar de forma amigable al lector este intercambio de mensajes entre los actores. En el escenario *Iniciar sesión*, el usuario interactúa con una interfaz donde le permite ingresar su nombre de usuario y contraseña (es el sistema quien valida estos datos, autorizando a la interfaz que le muestre su sesión).

4.5. Vista Física

Mediante esta vista se puede describir el mapeo de software en hardware y reflejar su aspecto distribuido. Para mostrar la configuración de los elementos del hardware (nodos) se eligió representarlo en un diagrama de despliegue, el cual modela la arquitectura en tiempo de ejecución del sistema. En este tipo de modelo se pueden encontrar los siguientes elementos: i) *Nodo*: representan, o bien los dispositivos de hardware, o bien algún entorno de ejecución de software; ii) *Instancia de Nodo*: al igual que un nodo, una instancia es un elemento de hardware o de software que, además, es un ente en sí mismo; iii) *Artefacto*: es un producto del proceso de desarrollo de software, que puede incluir los modelos del proceso archivos fuente, ejecutables, documentos de diseño, reportes de prueba, prototipos, manuales de usuario y más; iv) *Asociación*: representa una ruta de comunicación entre los nodos, puede mostrar protocolos de red como estereotipos y multiplicidades en sus extremos.

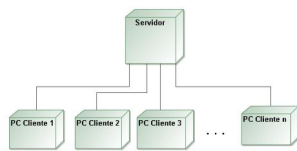


Figura 6 – Vinculación 3.0 – Modelo de Despliegue

En la figura 6 se muestran las relaciones físicas de los distintos nodos que componen el sistema y el reparto de los componentes sobre dichos nodos. Se puede percibir la ejecución de Vinculación 3.0 en el servidor y los distintos equipos y dispositivos que se enlazan al mismo vía web.

5. EDUTEC: Generador de Portales Institucionales

EDUTEC es el componente encargado de generar los sitios web institucionales, ubicado dentro de *Espacio Institucional* de Vinculación 3.0 (Figura 3). Con EDUTEC cada institución educativa cuenta con la posibilidad de generar su propio sitio, en el caso de no poseer uno. Está disponible la utilización de una plantilla con diferentes secciones en las cuales cada institución podrá exponer su información, la cual será almacenada en una base de datos. La necesidad de crear este generador de sitios nace de una falencia virtual que se hace notable en las instituciones de hoy en día. Son muy pocos las instituciones que poseen un sitio web propio que no depende de un gestor externo (fuera Facebook, Instagram, Twitter, etc.). En este contexto se observa la posibilidad de brindarles a todas estas instituciones un sitio web propio para que puedan gestionar desde la propia institución. EDUTEC brinda esta posibilidad con una gran ventaja, que no se precisan tener conocimientos técnicos previos de programación para administrar el sitio web de forma amigable. Además, cuenta con seis módulos o secciones de información para cubrir todos los requisitos básicos de una institución. Para administrar la información que se muestra en el sitio, EDUTEC proporciona un acceso con contraseña para que cada institución pueda gestionar su propia plantilla. El sitio fue pensado para contar con el acceso de un único administrador por cada instancia del mismo (la persona a cargo de la institución) y los privilegios de administrador dan la posibilidad de modificar, agregar o quitar toda la información que se encuentra o encontrará en el sitio. Por otra parte, desde el lado de usuario, se accede a una lista donde se encuentran todas las instancias del sitio, para cada institución adherido, con enlaces a las mismas y una vez dentro de la instancia de una institución en particular solo es posible visualizar la información que se encuentre disponible plasmada en la plantilla. Es también posible dar de baja una plantilla en caso de que la institución ya no necesitase su sitio web. Para solicitar adherirse y crear una instancia del sitio tanto como para darla de baja, la persona a cargo de la institución, debe comunicarse con los administradores del proyecto a través de correo electrónico. A continuación, se detallan los módulos que posee la plantilla y la información que se puede administrar.

5.1. Módulo de Noticias

El módulo de noticias es también la sección principal del sitio, esto quiere decir que, cuando uno ingresa a la plantilla desde un sitio externo, la página con la sección noticias será la primera en visualizarse. En esta, se encuentran disponibles todas las noticias agregadas por el administrador. Cada noticia cuenta con un título, una imagen y un cuerpo en donde se detalla la misma. Desde el lado de administrador, entonces, es posible agregar, modificar o quitar cada una de estas noticias; mientras que desde el lado del usuario solo es posible visualizar estas noticias.

5.2. Módulo de Información Institucional

El módulo de información institucional cuenta con dos partes. En la primera parte es posible colocar descripciones compuestas por título, imagen y cuerpo que describirán la información básica de la institución, sus objetivos, su visión, misión, etc. En la segunda parte, hay una exposición de fichas de las personas que forman parte de la institución, separados jerárquicamente. Todas estas fichas de información son gestionables por el administrador, mientras que los usuarios solo pueden visualizar esta información.

5.3. Módulo de Administración

El módulo de administración cuenta con dos partes; en la primera parte se colocan fichas con los horarios administrativos. Cada ficha de horario cuenta con un espacio para el horario concretamente y otro en el que se detalla a qué sección pertenece este horario. La segunda parte posee un espacio para colocar los horarios de cada curso. En esta parte se coloca el curso y debajo un enlace a un archivo que contiene la planilla de horarios correspondiente a dicho curso. Este archivo se almacena en el espacio físico dedicado para la institución en el componente *Espacio Institucional* de Vinculación 3.0 (Figura 3). Todas las fichas de horario son gestionables por el administrador; mientras que desde el lado del usuario solo es posible ver esta información y acceder a los archivos indicados por los enlaces.

5.4. Módulo de Sectores Académicos

El módulo de sectores académicos cuenta con dos partes; en la primera parte se pueden colocar descripciones sobre cada sector académico (nivel inicial, primario, secundario, orientaciones, etc.), y cada descripción cuenta con un título y un cuerpo en el que se coloca toda la información concerniente al sector académico; en la segunda parte se adjuntan los programas de cada materia de cada año. Cada programa

se adjunta con un título (que describe a que refiere dicho programa) y un enlace a un archivo en donde se encuentra el programa. Nuevamente, este archivo se almacena en el espacio físico dedicado para el establecimiento educativo en el *Espacio Institucional*. Tanto las descripciones de los sectores académicos como los programas es posible modificarlos, quitarlos o agregarlos desde el lado del administrador; mientras que desde el lado del usuario solo es posible ver esta información y acceder a los programas indicados por los enlaces.

5.5. Módulo de Preguntas Frecuentes

El módulo de preguntas frecuentes cuenta con preguntas y respuestas, ubicadas de a pares, donde estas preguntas son los posibles interrogantes más frecuentes que se le ocurrirían a una persona interesada en la institución. Esto le ahorra tiempo al usuario interesado, porque evita tener que contactar a la institución para obtener una respuesta. También sucede lo mismo con la institución ya que no tiene que responder siempre las mismas preguntas, sino que le llegarán preguntas más específicas.

Cada par de pregunta-respuesta es gestionado por el administrador, mientras que el usuario solo puede visualizar esta información.

5.6. Módulo de Contacto

El módulo de contacto es donde se coloca la información necesaria para contactarse con la institución. Cuenta con un lugar para colocar la dirección de la misma, hasta tres números de teléfonos, las principales redes sociales (Facebook, Instagram y Twitter) e incluso un mapa de la ciudad para saber cómo llegar hasta la dirección de la institución. La disposición de esta información es opcional y se puede gestionar con el administrador. En tanto que el usuario solo puede visualizar esta información.



Figura 7: Vinculación 3.0 – Muestra Caso de Estudio

6. Ejemplo de Aplicación

En esta sección se presenta un ejemplo de aplicación del sistema presentado en este artículo de forma tal que se pueda analizar su factibilidad de uso y su utilidad. Con el objeto de que la sección quede auto-contenida y de fácil lectura la misma consta de dos subsecciones. La primera describe brevemente el proceso que debe seguir una institución educativa para ser usuario de Vinculación 3.0 y la segunda explica sintéticamente un caso exitoso de uso de la herramienta el del Colegio N° 13 Profesor Roberto Moyano.

6.1. Breve Descripción del Proceso

Cualquier institución puede solicitar acceso y uso de Vinculación 3.0, para llevar a cabo esta tarea el colegio debe: i) Contactarse con los administradores de Vinculación 3.0, vía e-mail, solicitando participar de Vinculación 3.0. Este correo debe contener como tema uno de los siguientes mensajes: Alta en Vinculación 3.0 para el caso en que se desee utilizar las funcionalidades provistas por el sistema o bien Baja en Vinculación 3.0 para dejar de ser un usuario del sistema; ii) Ante la detección automática del correo entrante, Vinculación 3.0, le avisará al administrador del sistema la petición solicitada por el usuario y al mismo tiempo enviará una notificación al emisor del mensaje de que su solicitud está en proceso de ser atendida; iii) En el caso de que la solicitud sea aceptada el sistema le informará al usuario dicha situación e inmediatamente otorgará a la institución una cantidad preestablecida de espacio de almacenamiento. Este espacio podrá ser administrado por docentes de la institución a los cuales se les otorgará una cuenta en el servidor donde el sistema se está ejecutando; iv) Una vez llevado a cabo las tareas indicadas en el paso previo, los docentes registrados podrán subir y bajar apuntes en la sección de repositorio institucional en donde también dispondrán de espacio físico de almacenamiento; v) Los docentes de las instituciones que están incorporadas al sistema se podrán matricular en el mismo y quedarán habilitados para hacer uso de las aulas extendidas; y vi) Si la institución lo desea puede generar de forma automática su propio sitio web. Para llevar adelante esta tarea, la persona encargada de la institución deberá: a) Contactarse con el administrador del sistema para solicitar una cuenta en el generador de sitios web EDUTECH. En este correo debe detallarse el nombre del colegio, la localidad y el nombre del usuario con el que se ingresará al portal, b) Una vez solicitada la plantilla, se le otorga una contraseña para el usuario solicitado y el administrador del colegio ya podrá ingresar a su portal como administrador; c) Una vez dentro del portal, el administrador ya puede modificar todas las secciones de información que se muestran disponibles. Cabe destacar

que las secciones provistas por EDUTECH fueron incorporadas después del análisis de diferentes realidades escolares de la región; de entrevistas con docentes y personal jerárquico de diferentes instituciones educativas y del análisis de sitios web de instituciones que ya lo poseían.

6.2. Institución Educativa: Colegio N° 13 Profesor Roberto Moyano

El Colegio N° 13 Profesor Roberto Moyano (referenciado de ahora en adelante como Colegio 13) es una institución educativa de nivel secundario que se encuentra ubicada en la ciudad de Juana Koslay, provincia de San Luis, a unos 15 km de la capital de la misma provincia. El Colegio 13 es una institución que colabora constantemente con la Universidad de San Luis en todo lo que se refiere participación en actividades de extensión, competencias educativas, dictado de talleres, entre otras tantas actividades. Esta institución siempre ha mostrado interés por mantener una vinculación estrecha con la Universidad de San Luis, esta actividad se ve un tanto entorpecida por la distancia que separan a dichas instituciones. Si bien existen actividades en conjunto, las mismas podrían potenciarse significativamente si se usan las tecnologías de la información y de la comunicación.

El Colegio 13 fue el primer interesado en usar el sistema y se comunicó con el equipo de trabajo de Vinculación 3.0. Una vez recibido dicho interés, los integrantes del equipo de desarrollo le indicaron los pasos que debe realizar para ser usuario del sistema. En ese momento las autoridades del colegio llevaron a cabo las tareas enviando el correo electrónico (paso i descrito en la sección anterior) con la información necesaria para crear la cuenta en el servidor. Luego la información fue procesada por el sistema y se le informó al colegio que su petición fue aceptada y que se le otorgó espacio para que pueda alojar su documentación. Posteriormente, las autoridades del colegio seleccionaron a un docente para que se registren en el sistema, los cuales llevaron adelante esa tarea (paso v descrito en la sección anterior). En este punto el colegio ya tiene disponible las funciones provistas por el sistema las cuales se pueden visualizar en la *Vista de Escenario* (figura 2). El Colegio 13 no tiene sitio web (solo posee una cuenta en Facebook donde publica sus noticias). Fue deseo y anhelo de las autoridades institucionales, la creación del sitio web institucional. Para llevar a cabo esta tarea, se contactaron con el administrador del Vinculación 3.0 (a través de correo electrónico) para solicitar una cuenta en el generador de sitios web EDUTECH (paso vi.a). Obviamente, la solicitud fue aceptada y se le otorgó acceso a EDUTECH con lo cual la institución estaba en condiciones de generar su propio sitio web. Una vez finalizado este proceso, el docente de la institución que

estaba registrados en el sistema, en este caso el director, pudo acceder a las funcionalidades de EDUTEC y generar el sitio web de la institución, el cual se muestra (por motivos de extensión del artículo solo se muestra una pantalla) en la figura 7. Está demás decir que el producto construido automáticamente por EDUTEC dista mucho de ser una mera presentación de pantallas, gracias a toda la información gestionable que posee, como información sobre el personal, materias con sus programas, fechas de examen, etc. Estas características junto con las proporcionadas por Vinculación 3.0 hacen que esta propuesta sea innovadora y relevante. Esto se debe a que proporciona una solución integral al problema de la relación entre las instituciones educativas y brinda a la igualdad de posibilidades, lo cual es una característica muy importante.

7. Conclusiones y Trabajos Futuros

A partir de lo expuesto en este artículo, se puede concluir que el desfase entre los distintos niveles educativos y la formación sumamente deficitaria que poseen los alumnos en el nivel medio, producto en gran medida por la subutilización de las TIC y de la escasa vinculación interinstitucional, han motivado transformaciones que han impactado en la educación de nivel superior. Ello, aunado a la escasez de recursos financieros de los gobiernos para apoyar a la educación de instituciones secundarias, los cambios tecnológicos y las transformaciones de modelos educativos han obligado a las instituciones universitarias a buscar nuevas estrategias para responder adecuadamente a estos retos.

Vinculación 3.0 ha resultado ser una de estas estrategias, en la medida que permite atender requerimientos de las instituciones secundarias: cooperación, coordinación, consultas, participación social, entre otras cosas. Esta herramienta puede convertirse en un instrumento eficaz de promoción de la universidad, al establecer una interacción de conocimiento mutuo entre el nivel medio y el nivel superior, con el fin de que la percepción de su imagen sea acorde con la realidad vivida por los estudiantes. El desarrollo de Vinculación 3.0 no fue una tarea sencilla. Se necesitó de un arduo proceso de investigación de los procesos utilizados por los estudiantes y por las instituciones para poder capturar la información que es relevante tanto para proveerla en Vinculación 3.0 como para plasmarla en EDUTEC de una forma tal que sea fácil de usar (acceder, agregar, modificar, eliminar). Además, la implementación del sistema y la adquisición de las herramientas para la puesta en funcionamiento fueron tareas difíciles de llevar a cabo dada la escasez de recursos que sufren las instituciones educativas nacionales. No fue fácil adquirir el servidor, los programadores, los medios para el traslado a las

instituciones para llevar adelante las tareas de relevamiento necesarias para la implementación del sistema. Sin embargo, el proyecto se pudo concretar gracias a la colaboración y al esfuerzo mancomunado de las instituciones, el grupo de investigación y miembros de la comunidad educativa.

A la hora de poner en funcionamiento el sistema se realizaron varias pruebas para ir perfeccionando la forma de acceso a la información y el manejo de errores. Este proceso fue lento y costó mucho trabajo, no obstante, fue finalizado con éxito. La experiencia de utilizar Vinculación 3.0 con el Colegio N° 13 fue muy satisfactoria dado que las funcionalidades del sistema y de EDUTEC resultaron cubrir varios requerimientos de las instituciones educativas según la opinión del equipo de conducción de la institución (usuarios reales de Vinculación 3.0). Obviamente queda más camino por recorrer, Vinculación 3.0 puede seguir creciendo a través del perfeccionamiento de las funcionalidades que posee y la incorporación de otras nuevas que irán surgiendo a medida que sea utilizado por más instituciones.

Como trabajo futuro se pretende evolucionar Vinculación 3.0 en los aspectos que se mencionan en los párrafos siguientes.

Una de las ideas principales es incorporar mayor contenido al repositorio, no solamente contar con apuntes escritos o que tengan como autores los mismos docentes de la universidad sino también toda aquella persona que desea aportar algún documento, tesis y/o apunte escrito por el mismo. Esta idea se llevaría a cabo por medio del administrador del sitio quien se encargará de autorizar o no al usuario externo a publicar en el repositorio.

Por otra parte, en el componente de Mesa de Ayuda, se incorporará un chat en tiempo real, para que los usuarios puedan consultar con el administrador cualquier duda que posean.

Por último, se desea que el proyecto tenga buenas críticas por parte de los usuarios finales, es por eso que se consideraría como trabajos futuros todas aquellas recomendaciones importantes y viables que los mismos puedan aportar.

El componente EDUTEC también se puede mejorar con otras funcionalidades que lo hacen más atractivo para la comunidad educativa y para los administradores del sistema. Actualmente, este componente no cuenta con un manejo de sesión lo suficientemente optimizado, por lo tanto, se puede perfeccionar el manejo de sesiones identificando el usuario que ingresa y manteniendo un historial de su actividad en el sitio, de manera que sea posible ofrecer el contenido más apropiado según sus hábitos. Esta mejora puede ser algo simple como, por ejemplo, saber cuándo fue la última vez que el usuario ingresó al sitio o ser más compleja y guardar borradores de fichas de información que el usuario esté llenando y quedan en espera. Otro aspecto que se puede fortalecer es

la seguridad del sitio web, por ejemplo, manteniendo el control de la duración de la sesión del usuario.

Otra característica a mejorar es la amigabilidad y gestión de EDUTECH. El generador de sitios web actualmente no cuenta con opciones de gestión visual de plantilla, es decir, no es posible re-acomodar los lugares de las secciones de cada página ni tampoco así agregar o quitar secciones, sino que solo agregar, modificar o quitar fichas de información dentro de cada sección. Algo mucho más cómodo para el administrador es tener la posibilidad de ubicar las secciones, agregarlas, quitarlas, cambiar el color de la plantilla, cambiar el tipo de letra, el tamaño, etc. sin tener que poseer conocimientos técnicos de programación. Concluyendo, un aspecto para mejorar a futuro es lograr que EDUTECH sea auto-gestionable en todos los aspectos anteriormente mencionados.

8. Referencias

- [1] “Programa de Vinculación Universidad - Escuela Secundaria”. <https://www.econ.unicen.edu.ar/escuelas-secundarias.html> Visto el 07/09/2018.
- [2] Alcántar, V. M. y Arcos, J. L. La vinculación como instrumento de imagen y posicionamiento de las instituciones de educación superior”. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 6 N° 1. México. 2004.
- [3] “Nuevo modelo de vinculación con la comunidad se aplica en la UDLA - Universidad de Las Américas”. <https://www.udla.edu.ec/2016/07/29/nuevo-modelo-de-vinculacion-con-la-comunidad-se-aplica-en-la-udla/> Visto el 07/09/2018.
- [4] “Home - Vinculación”. <http://vinculacion.udla.edu.ec/> Visto el 31/08/2018.
- [5] “Biblioteca UDLA”. http://lasa.ent.sirsiidynix.net/client/es_CL/default/ Visto el 07/09/2018.
- [6] “Campus Virtual - Campus Virtual UNLa”. <http://campus.unla.edu.ar/> Visto el 03/09/2018.
- [7] Aulas Virtuales - FCFMyN. <http://www.evirtual.unsl.edu.ar/moodle/> Visto el 30/08/2018.
- [8] Sáiz Rodrigo, F. J. *Implantación de un sistema de Gestión de Archivo para una fundación en medicina*, Madrid, 2013.
- [9] Nielsen, M., Havelund, K., Wagner, K.R. et al. The “RAISE language, method and tools”, *Formal Aspects of Computing Volume 1, Issue 1*, 1989 pp 85-114.
- [10] Jackson, D. “Alloy: a lightweight object modelling notation”, *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, Volume 11 Issue 2*, 2002, pp 256-290
- [11] Kruchten, P. *The Rational Unified Process: An Introduction, Third Edition*, Addison-Wesley, 2003.
- [12] Stellman, A. y Greene, J. *Learning Agile*, O'Reilly Media, 2014.
- [13] Meiert, J. O. *The Little Book of HTML*, O'Reilly Media, 2015.
- [14] Mehta, N. *Choosing an Open Source CMS*, Packt Publishing, 2009.
- [15] “¿Qué Es Un Sistema De Gestión De Contenidos?” <https://www.pickaweb.es/ayuda/sistema-gestion-contenidos/> Visto el 07/09/2018
- [16] Calvo Vidal, O. *Introducción a los gestores de contenido de software libre*, 2007.
- [17] Mirdha, A., Jain, A. y Shah, K. “Comparative analysis of open source content management systems,” *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*, Coimbatore, 2014, pp. 1-4
- [18] Sehring, H. “Adaptive Content Visualization in Concept-Oriented Content Management Systems,” *2009 Computation World: Future Computing, Service Computation, Cognitive, Adaptive, Content, Patterns*, Athens, 2009, pp. 659-664
- [19] Iruela, J. “Los gestores de bases de datos más usados” *Revista Digital INESEM*, 2016
- [20] Boiko, B. *Content Management Bible*, Wiley, 2001.
- [21] Kruchten, P. “Architectural Blueprints - The “4+1” View Model of Software Architecture”. *IEEE Software* 12, 6, November 1995, pp. 42-50.
- [22] Marcus, A., *Semantic Driven Program Analysis*, Kent State University, Kent, OH, USA, Doctoral Thesis, 2003.
- [23] Texier, J. “Los repositorios institucionales y las bibliotecas digitales: una somera revisión bibliográfica y su relación en la educación superior”, *11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, Cancun (Mexico), pp14-16, 2013
- [24] Sandi Delgado, J. C., Cruz Alvarado, M. A. “Repositorios institucionales digitales: Análisis comparativo entre Sedici (Argentina) y Kérwá (Costa Rica)”, *e-Ciencias de la Información*, [S.l.], 2016, pp 1-32

E-Portfolio: análisis para su aplicación en la cátedra de Ingeniería de Software

Viviana Andrea Santucci, Marcela Andrea Vera, Lucila Romero
GIDIS: Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe, Argentina
e-mail: {santucci.viviana, marcelaandrea.vera, lucila.rb}@gmail.com

Resumen

En el ámbito de la educación superior, las formas de enseñar y aprender se han modificado significativamente a raíz de la incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC). Dentro de este contexto, las TIC demandan un replanteo del proceso de enseñanza, en el que es necesario redefinir esquemas, materiales y herramientas.

Como parte de las herramientas propuestas, los e-portfolios son instrumentos que integran una amplia variedad de materiales digitales para la enseñanza que dejan la traza del recorrido realizado por el alumno mientras construye su propio conocimiento.

En este trabajo se propone un marco conceptual para el uso de e-portfolios para una asignatura de una carrera de grado de Ingeniería en Informática. Este marco conceptual sirve de soporte para el desarrollo de una herramienta de software para gestionar e-portfolios de los que el docente se pueda apropiarse para desarrollar nuevas formas de abordar la complejidad de los procesos de enseñanza y, de esta manera, promover la flexibilidad, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje.

1. Introducción

Es una verdad absolutamente consolidada que -en el ámbito de la educación superior- las formas de interactuar, enseñar y aprender se han modificado significativamente a raíz de la incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación (TIC).

Dentro de este contexto, las TIC plantean inéditos retos a los docentes ya que los incita a replantear su quehacer para crear, modificar o redefinir esquemas, materiales y herramientas para la enseñanza con los que trabajan y evalúan desde hace tiempo.

Consecuentemente, es imprescindible que los docentes empleen modelos educativos que intenten promover la

flexibilidad, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje, a la vez que conducen a que tanto docentes como alumnos adopten nuevos roles que dejen en la obsolescencia a aquellos modelos educativos unidireccionales en el que el docente es quien posee el conocimiento a transmitir y es el alumno quien lo recibe.

En este sentido, los portafolios mediados por tecnología son instrumentos basados en la web y caracterizados por abarcar, además de los objetivos formativos, una amplia variedad de materiales digitales para la enseñanza, registros de los intercambios entre docente y alumno, documentación de las actividades efectuadas y otros recursos que dejan la traza del recorrido realizado por el alumno mientras construye su propio conocimiento.

En lo que respecta al paradigma del aprendizaje personalizado, cabe destacar que diverge, en varios aspectos, del tradicional; dado que incentiva el trabajo autónomo y adaptado del alumno, a la vez que lo impulsa a recorrer distintos caminos de aprendizajes que le impliquen dar cuenta de la aplicación de procesos de elaboración de juicios sobre las tareas realizadas para alcanzar objetivos previamente pautados.

Resulta sencillo deducir, por ende, que es el docente quien debe fijar los objetivos de aprendizaje para los distintos caminos que puede transitar el alumno, definir cómo las tareas seleccionadas contribuyen al logro de dichos objetivos y, en definitiva, evaluar el desempeño del alumno. Si bien estas actividades son propias de la práctica tradicional de cualquier docente, aquí se plantea la posibilidad de que un alumno pueda realizar una trayectoria de aprendizaje diferente a la de otro; es decir, el profesor debe tener previsto qué capacidades activará el alumno y en qué orden para concretar la tarea planteada.

Para concluir, es innegable el desafío que debe afrontar el docente para incorporar a sus prácticas el aprendizaje personalizado. Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos que trajo consigo la Web 2.0, es factible recurrir a los portafolios como herramienta a partir de la

cual no solo construir los andamiajes del aprendizaje personalizado sino también gestionarlo en todos sus aspectos a fin de superar los desafíos que los nuevos escenarios plantean en el triángulo: conocimiento-docente-alumno.

Con este artículo se aspira a plantear un marco conceptual que contribuya a sentar las bases teóricas que sirvan de soporte para el desarrollo e implementación de un portfolio electrónico para una asignatura específica de una carrera de Ingeniería en Informática. Se espera que, con este trabajo, quienes participen del proyecto puedan obtener un panorama amplio sobre la temática tratada.

El trabajo se estructura como se detalla a continuación. En la sección 2 se describe el marco teórico del trabajo. En la sección 3, se presentan los e-portfolios como instrumento de la enseñanza personalizada. Por último, en la sección 4, se exponen las conclusiones.

2. Marco teórico

2.1. TIC y su aplicación en la enseñanza superior

Esta época caracterizada por crisis, cambios permanentes y complejidad encuentra a la humanidad inmersa en un mundo donde las TIC están presentes en casi todos los órdenes de la vida y con una clara propensión a seguir expandiéndose, sin que sepamos aún cuáles serán sus límites. La educación superior no es ajena a este fenómeno y, sin dudas, las formas de interactuar, enseñar y aprender se modifican significativamente a raíz de la incorporación de las TIC.

Las TIC, según las define Meneses Benítez [1] son “un conjunto diverso de recursos y herramientas tecnológicas que se utilizan para comunicarse y para crear, divulgar y gestionar información”. Además, permiten almacenar y transmitir grandes cantidades de información, fomentan la interactividad entre los sujetos que las utilizan, favorecen el trabajo colaborativo y representan la información de diversos modos no lineales ya que se basan en conectividad, multimedia e hipertextualidad.

Todas estas características, pero en particular la hipertextualidad, tienen impacto directo sobre el “principio Pestalozzi” según el cual la secuencia “lógica” de la enseñanza y del proceso de adquisición de los conocimientos va de lo simple a lo complejo, de lo particular a lo general y de lo concreto a lo abstracto. En esta cultura escolástica predominaron las ideas de secuencialidad, homogeneidad, uniformidad y simultaneidad. A todos lo mismo y al mismo tiempo [2]. Como se puede observar, a pesar de que aún -puertas adentro de la universidad- el mencionado principio está vigente, es evidente que no lo estará por mucho tiempo más.

En consecuencia, en el entorno educativo actual, las TIC cumplen un rol destacado y constituyen el núcleo del debate cuando surge la inevitable pregunta: ¿cómo articularlas con las prácticas educativas para beneficiar el aprendizaje?

Para lograr esta articulación, se deben enfocar aquellos aspectos relevantes en la construcción del conocimiento, tales como el pedagógico, el didáctico, el reflexivo y el crítico y que van más allá del manejo técnico de las TIC.

La dimensión pedagógica refiere a todo el quehacer docente relacionado con la capacidad para apoyar el aprendizaje significativo y el desarrollo integral de los alumnos a través de la creación de prácticas, actividades llenas de sentido para los que participan en ellas, el reconocimiento de problemáticas disciplinares o del entorno, la generación de experiencias que promuevan relaciones concretas con las problemáticas identificadas, la promoción de la reflexión y del pensamiento crítico y la evaluación integral del aprendizaje [3]. Por supuesto que, en este aspecto, cumplen un rol esencial tanto la vocación del docente para formar personas como las habilidades que posea para explicar y comunicar con creatividad. Creatividad necesaria, así mismo, para aplicar métodos de enseñanza y evaluación a través de la utilización de TIC.

Es factible distinguir diferentes niveles de apropiación de TIC por parte del docente como apoyo a sus prácticas educativas. Es por ello que, si un sujeto que enseña posee un nivel de apropiación bajo o inicial de estas herramientas las empleará únicamente para transmitir información; es decir, como en cualquier práctica tradicional. En cambio, si el profesor tiene un dominio más avanzado, las utilizará para agilizar la dinámica al interior de las prácticas pedagógicas que es, en definitiva, lo que resulta valioso.

En cuanto a la didáctica, Litwin [4] la concibe como la teoría referida a las prácticas de la enseñanza en los contextos que cobra significación y en relación con los fines que le otorgan sentido. Esta autora identifica tres dimensiones como son la reflexión en la clase, la comunicación didáctica en el proceso reflexivo y la perspectiva moral en la comunicación didáctica que favorece el proceso reflexivo.

Antes de tratar el aspecto reflexivo propiamente dicho, se debe recordar que las prácticas –cotidianamente– exigen al docente trabajar con el azar, con lo imprevisible y con problemas de diversa índole que se presentan en la clase. Es oportuno tener presente que, la clase es una actividad social comunicativa por medio de la cual se establece una relación dialógica entre docente y alumnos con algunas reglas estrictas y otras no tanto; así mismo la clase posee un tejido complejo dado que en ella se entrelazan tareas que activan en los sujetos participantes procesos cognitivos, motores, afectivos y sociales.

En consecuencia, es indispensable que el docente desarrolle y aplique estrategias de enseñanza, emplee la intuición y el sentido común con el propósito de gestionar

los acontecimientos que se presentan en la clase dentro de la cual la inmediatez representa un papel importante. Ahora bien, para que quien enseña pueda aplicar lo que se acaba de explicar, es preciso que—con posterioridad— todo lo sucedido en la clase lo convierta en objeto de reflexión con la intención de generar saberes que le permitan aplicar mejores técnicas didácticas y estrategias metodológicas que contribuyan a perfeccionar las configuraciones didácticas que emplea.

Estas configuraciones didácticas no sólo deben ser perfeccionadas, además demandan ser repensadas más allá del paradigma del aula que se esté aplicando. En cierto modo, esto se debe a que las actuales generaciones plug and play (enchufar y encender) caracterizadas por: aprender por experimentación y participación, controlar su propio aprendizaje y sentirse cómodos ante la incertidumbre de los tiempos de cambios; probablemente exijan que la universidad reemplace la clase en el aula con experiencias de colaboración altamente interactivas [5].

Finalmente, se aborda el aspecto crítico, más específicamente el pensamiento crítico. Para Miranda [6] este tipo de pensamiento se define y caracteriza por ser una destreza de tipo cognitiva que cuestiona, pone en tela de juicio y problematiza cualquier verdad o conocimiento que, sin un juicio crítico previo, contextualizado, pretenda erigirse como único, definitivo y absoluto, que se operacionaliza a través de la exposición de destrezas, en el caso del análisis indagativo y comunicativo, encaminados a la resolución de problemas que, en el caso del profesor, son de carácter pedagógico.

Por ende, si el docente logra desarrollar el pensamiento crítico consigue, por una parte mejorar el ejercicio de su profesión y, por otra, una herramienta imprescindible para afrontar con eficacia los retos que estos tiempos plantean. De este modo, puede adelantarse a potenciales problemas e idear posibles resoluciones a los mismos.

Los beneficios de fomentar el pensamiento crítico alcanzan, del mismo modo, al sujeto cognoscente puesto que si lo desarrolla puede evaluar, contrastar, comparar y juzgar su propia construcción del conocimiento.

2.2. Modelos educativos.

Dada la importancia del impacto de las TIC en educación, es conveniente describir algunos modelos educativos y sus diferencias para enfocarse, por último, en el paradigma del aprendizaje personalizado.

Los modelos educativos unidireccionales responden a “la concepción del alumno –aprendiz o cognoscente– como un individuo receptivo ‘almacenador’ ya sea en la tradicional versión pasiva de la *tabula rasa* o en la contemporánea más activa del software” [7].

Algunos rasgos de esta concepción aún hoy, desafortunadamente, persisten en el contexto educativo

universitario de esta sociedad del conocimiento y la información.

Para visualizar esta afirmación, resulta apropiado que el lector realice un recorrido mental por situaciones vividas en las diferentes instituciones educativas a las que asistió a lo largo de su vida ya sea como docente o como alumno. Producto de esta visualización se le presentarán imágenes que plasman no solo escenarios y escenas heterogéneas a través de distintas épocas de los métodos magistrales y expositivos de transmisión del conocimiento, sino que también muestran las posiciones instituidas de docentes y alumnos. Seguramente, en la mayoría de ellas, el lector identifique un denominador común: la posición del docente al frente y los alumnos hacia el otro lado del aula.

El aula, cabe acotar que, remite tanto a las características físicas o arquitectónicas como a las relaciones de comunicación jerarquizada y ritualizada que, a través de ella, se pueden generar. Por otra parte, refiere a una organización particular del espacio con materiales, equipos y múltiples recursos que van desde los más básicos a los más tecnológicos. Es decir que, hasta la forma en que se ocupa el aula, da cuenta de cuan arraigados están los modelos unidireccionales.

Si bien las causas de esta situación pueden ser diversas, se puede formular la hipótesis de que, tanto los docentes como los alumnos, piensan que el conocimiento está ubicado en la cabeza del profesor y éste lo imparte de manera unidireccional a la clase surcada ésta por dos coordenadas centrales: temporalidad y espacialidad.

Un elemento clave para desalentar este pensamiento es reflexionar sobre lo que sostiene Linaza Iglesias [8] cuando explica que “los alumnos no llegan a nuestras facultades universitarias con la cabeza ‘vacía’ y, los conocimientos que en ellas aprendan tendrán que cimentarse en los que ya tenían por mucho que nos parezcan ingenuos, poco estructurados o populares”.

A pesar de que la aseveración del párrafo precedente es aplicable a cualquier época, por estos días adquiere una dimensión e importancia imposible de imaginar antes de la aparición de Internet y de los medios digitales con conexión ubicua. En efecto, los alumnos gracias a la tecnología ubicua acceden a la información en cualquier momento y lugar potenciando, de esta forma, un tipo de aprendizaje que no está ligado a un espacio-tiempo y que se llama informal o no formal.

Producto de las condiciones dadas, los alumnos se apropian de saberes que no necesariamente emanan de la educación formal y “como profesores, ignorar este proceso de construcción del conocimiento nuevo sobre otro previo (y nunca en el vacío) es el camino más seguro hacia el fracaso” [8].

Para lograr este cambio, es preciso que, tanto el sujeto que enseña como el que aprende, superen ciertos obstáculos que poseen un fuerte componente psicológico

a los que Bachelard [9] califica como “obstáculos epistemológicos” que no hacen más que entorpecer y confundir la forma de concebir –en este caso- un modelo educativo.

A partir de estas afirmaciones y, considerando las características de las TIC, se puede decir que las universidades de este siglo deben ser protagonistas de profundos cambios en la concepción de la educación y poner en práctica metodologías derivadas de “propuestas alternativas que pueden englobarse dentro de la educación progresista, activa o dialógica (Dewey, J. 1933, 1951; Piaget, J. 1968; Vigotski, L. 1931, 1934; Freire, P. 1970; Bruner, J. 1996) desde esta perspectiva, centrada en la construcción del conocimiento, entendido como construcción de significación y sentido, el alumno es reconocido como actor protagonista en la resolución de problemas, y en la reconstrucción de la realidad envuelta y revuelta en una red o malla simbólica que admite lecturas diversas” [7].

Estos autores han adoptado posturas que propician, de una manera u otra, el trabajo autónomo del alumno y le confieren al docente el rol de guía u orientador de ese proceso de construcción del conocimiento. Por lo tanto, el profesor debe evitar, siempre que sea posible, ofrecer la solución a un problema o transmitir directamente un conocimiento, que esto impediría que el estudiante descubriese por sí mismo, además debe contribuir a que el alumno comprenda que no solo puede llegar a conocer a través de otros (maestros, libros), sino también por sí mismo, observando, experimentando [10].

A continuación, dada la incidencia que tiene en el aprendizaje personalizado, se puntualiza la aportación de Vygotsky.

Vygotsky, autor fundamental en la psicología del desarrollo y de la educación, también realiza aportes significativos en el campo de la neuropsicología y de las ciencias sociales. Particularmente aquí interesa destacar un concepto de su teoría que es clave para el aprendizaje y es el de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) que la define como “la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración de otro compañero más capaz” [11]. La utilidad subyacente de esta noción radica en que enlaza el aprendizaje y el desarrollo; a partir de esta unión, el sujeto que enseña puede identificar lo que el alumno ha aprendido y, a partir de esto, delinear cuáles deberían ser los aprendizajes futuros.

Adicionalmente, si se efectúa un examen superficial de los entornos de aprendizajes mediados por tecnologías, el mismo revela que el constructivismo es el enfoque aplicado de manera más evidente. Bangert apoya esta afirmación al sostener que la mayoría de los cursos de hoy

basados en la web están diseñados usando principios constructivistas [12].

Estos principios constructivistas son fundamentales en la nueva concepción de la enseñanza personalizada que cada día, gracias a las TIC y otros factores tales como leyes nuevas, se extiende cada vez más en numerosos países y contextos educativos. Se intenta, en las próximas líneas, elucidar esta declaración.

En primera instancia, no hay que confundir personalización con individualización o atención individual. La personalización, en palabras de Pérez Juste, implica: educar la persona, educarla como persona, educar toda la persona, o sea, todas las notas y dimensiones que la constituyen, que hacen “persona” a la persona y educar cada persona, en su ser peculiar, irrepetible, único: no cabe la misma educación para todos [13].

La educación personalizada no es una concepción pedagógica novedosa y autores de distintas nacionalidades han aportado sus teorías en torno a ella. A continuación, se exponen algunas ideas claves de estas teorías.

En el ámbito educativo español, un referente es García Hoz. Este autor, como se cita en [13], afirma que la educación personalizada es aquella que atiende las dimensiones operativas propias de la persona. Es decir que la plenitud que la educación busca en cada persona tiene una doble exigencia. a) La plenitud según la naturaleza humana, que conduce al desarrollo de las facultades específicas o propias del hombre en cuanto tal. b) la plenitud según el ser personal, que exige un modelo educativo propio de la persona, acorde con sus características. Esto nos lleva, en última instancia, a la vocación de cada uno, a lo que es suyo propio.

Entre las aportaciones argentinas, se destacan las de Vázquez, Nuttin y Daura. Por su parte, Vázquez integra el concepto de alumno como persona y resalta la importancia que tiene el proceso de integración de la personalidad en el sujeto donde lo primero que se requiere es la aceptación íntima de sí mismo, del conjunto de las capacidades propias, así como las carencias y limitaciones; a partir de ello el sujeto puede iniciar un camino de desarrollo normal. Para Nuttin se desarrolla construyendo “la socialización de la personalidad”, en la que el estudiante proyecta sus posibilidades en la sociedad y en la cultura donde se integra. Finalmente, Daura basa su pedagogía en la necesidad de que los docentes universitarios utilicen unas estrategias didácticas personalizadas y que los estudiantes tienen que desarrollar un aprendizaje autorregulado [14].

En síntesis, se considera que, cada vez más se debe apelar a tipos de enseñanzas que permitan al alumno alcanzar su plenitud a través del aprendizaje personalizado.

2.3. Portafolios mediados por tecnología

Los portafolios son ampliamente utilizados en ámbitos diversos y, por lo general, refieren a documentación de trabajos profesionales. Es decir, sirven de presentación a los profesionales para dar cuenta de sus logros valiéndose para esto de recursos varios que sirvan para ejemplificar el trabajo que realizan. Dentro de este contexto, los portafolios pueden ser consultados por potenciales clientes para tomar decisiones con respecto a la contratación de los servicios profesionales que les ofrecen a partir de los mejores resultados plasmados en sus portafolios.

Es evidente, entonces, que los portafolios han sido creados y utilizados fuera del ámbito educativo a partir del imperativo de exhibir, en el mercado laboral, las competencias profesionales de un sujeto determinado. En el ámbito académico, autores como Airasian (2001), Arends (2004) o McKeachi (1999) definen al portafolio como una selección o colección de trabajos académicos que los alumnos realizan en el transcurso de un ciclo o curso escolar (o con base en alguna dimensión temporal determinada) y se ajustan a un proyecto de trabajo dado [15].

Ahora bien, cabe preguntar ¿por qué aplicar esta herramienta en la enseñanza universitaria?

Una posible razón, desde el punto de vista profesional del docente, es que el portafolio puede servirle a éste para dar cuenta de los esfuerzos realizados y sus resultados. Esto requiere, empero, aplicar una mirada amplia con el objetivo de percibirlo no como un simple repositorio de evidencias sino como un instrumento que ofrece la posibilidad de realizar práctica reflexiva para la mejora profesional.

Otro motivo, se halla cuando Edith Litwin [16] rescata la utilidad de los portafolios en la enseñanza al manifestar que “los docentes que trabajan con portafolios ponen especial cuidado en la producción de los estudiantes, entendiendo que los procesos de comprensión seguramente implican diferentes propuestas de elaboración de proyectos, de solución de problemas o de trabajos en relación con temas, ideas o preguntas relevantes”.

En tal caso, si se considera que un portafolio puede estar compuesto de trabajos prácticos, evaluaciones y cualquier otra producción del alumno; de inmediato nos percatamos que, toda esa documentación puede convertirse en una valiosa fuente de información a partir de la cual los docentes pueden analizar lo elaborado por sus alumnos.

Por lo tanto, el docente debe aprender a reconocer indicios o alertas que revelan las producciones de los alumnos dado que, de este modo, consigue diagnósticos permanentes sobre el estado y el valor de sus prácticas y, en caso de que se esté apartando de los objetivos de la

propuesta didáctica de la asignatura, será factible que adopte las medidas adecuadas para revertir la situación lo más pronto posible. En este aspecto, el portafolio se convierte en una herramienta fundamental de autoevaluación docente.

Finalmente, existe una motivación vinculada con la evaluación y es la de emplear el portafolio como técnica de evaluación. Barragán Sánchez [17] plantea que esta manera de utilizar el portafolio permite desarrollar los siguientes objetivos: evaluar tanto el proceso como el producto, motivar al alumnado a reflexionar sobre su propio aprendizaje participando en el proceso de evaluación, desarrollar destrezas colaborativas entre el alumnado, promover la capacidad de resolución de problemas, estructurar tareas de aprendizaje (establecer lo que es obligatorio y lo que es optativo) y proveer a los profesores de información para ajustar los contenidos del curso a las necesidades de los estudiantes.

Ya se ha descrito someramente qué son los portafolios, independientemente de cómo estén implementados, y qué beneficios trae aparejada su utilización en educación. Sin embargo, interesa aquí abordar los portafolios mediados por TIC que reciben el nombre de e-portfolio porque estos “pueden y deben desempeñar un papel importante en los procesos de innovación metodológica, evaluación e investigación educativa” [18].

Desde el punto de vista de Lorenzo, G. y Ittelson [19] un e-portfolio es una colección digital de artefactos que incluye demostraciones, recursos, y logros que representan a un individuo, grupo o institución. Esta colección puede estar compuesta de elementos de texto, gráficos o multimedia archivados en un sitio web o en otros medios electrónicos.

No obstante, se está en condiciones de aseverar que un e-portfolio, en un contexto educativo, es mucho más que una colección de artefactos ya que se pueden emplear como una herramienta para gestionar trabajos y generar discusiones sobre los mismos. Tal y como menciona Barragán Sánchez [17] “... el portafolios se convierte en una metodología de enseñanza y evaluación que hace su aparición como metodología alternativa a aquellas de corte puramente cuantitativo, se trata realmente de un procedimiento de evaluación de trayectorias de aprendizaje que se basa en las ejecuciones y logros obtenidos por los participantes en dichas trayectorias y que además incorpora el valor añadido de su potencial de aprendizaje”.

Conforme al uso, se distinguen –básicamente- tres categorías de e-portfolios: de estudiantes, de enseñanza e institucionales. Estos últimos quedan fuera del alcance de este trabajo porque el interés reside en enfocarse en los que se utilizan como estrategia de formación y desarrollo de los alumnos.

2.4. Escenario de aplicación del e-portfolio.

Dado que uno de los objetivos que se intenta alcanzar con este trabajo es identificar, tanto desde la perspectiva del docente como desde la perspectiva del alumno, la forma de diseñar y utilizar e-portfolios para la enseñanza personalizada de una asignatura basada en Ingeniería del Software que corresponde a una titulación de Ingeniería especializada en Informática o Sistemas de Información que se dicta en una universidad estatal; a continuación, se realiza una acotada descripción de la materia. Por otra parte, esto le brinda al lector una comprensión más acabada del entorno de aplicación de tales e-portfolios.

La asignatura en la que se pretende aplicar el uso de un e-portfolio, pertenece a la categoría formación disciplinar especializada, es de carácter obligatorio, corresponde al Área Troncal de Tecnologías Aplicadas y se dicta, en forma presencial, dentro de los primeros años de la carrera.

El programa analítico está conformado por cuatro unidades a saber: Ingeniería de Requerimientos, Diseño de Software, Validación y Verificación de Software, y Mantenimiento de Software. En síntesis, las unidades están organizadas en forma tal que cada una de ellas se corresponde –en gran parte- con una etapa o fase de lo que se denomina ciclo de vida del software. Si bien este ciclo tiene una fase más que es Desarrollo de Software - comienza una vez concluida la etapa de diseño-, la misma no forma parte de este programa debido a que se imparte en otras asignaturas de la carrera.

Dentro de los materiales para la enseñanza empleados por los docentes de la cátedra como espacio de apoyo a las clases presenciales y que, por tratarse de una TIC, se destaca es una plataforma virtual. Dicha plataforma, está soportada por un software de código abierto, orientado a Internet, con una interfaz gráfica amigable al usuario y, a su vez, sencillo de utilizar denominado Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment o Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular). En otras palabras, es un sitio web que la facultad modela para cada una de las carreras que allí se dictan, con el objetivo de convertirlo en un espacio para la enseñanza, el trabajo compartido, la comunicación y el aprendizaje.

Este entorno reúne las características de un buen material, ya que en palabras de Edith Litwin [20] “un buen material es aquel que puede ser usado para destinatarios diferentes, permite el desarrollo de múltiples propuestas a partir de su exposición y posee una calidad tal que potencia las propuestas de enseñanza”.

De los distintos aspectos que cubre la plataforma virtual, no se incluyen en esta descripción los concernientes a la gestión administrativa. En los párrafos siguientes, se enumeran –únicamente- aquellos subcomponentes más significativos y utilizados en la cátedra relacionados a lo formativo.

Esencialmente, los subcomponentes son Chat, Foros de discusión que, a su vez, se clasifican en Foros Generales y Foros de Aprendizaje, Glosario, Recursos y Tareas.

El Chat es un servicio que habilita el diálogo sincrónico entre docentes y alumnos, de acuerdo con Mansur [21] “esto genera una doble potencia para la enseñanza, ya que simultáneamente se articulan las dimensiones de la oralidad y la escritura”. A pesar de esto, este subcomponente tiene escasa o nula utilización.

De los dos tipos de foros, señalados en líneas previas, los de aprendizaje adquieren un grado de relevancia importante ya que proporcionan al docente un espacio virtual en el que es posible que establezca y coordine –en el rol de moderador– discusiones y diálogos académicos en tiempos asincrónicos que sirvan de apoyo a las clases presenciales. Sin embargo, se observa baja participación de los alumnos puesto que tienden a retraerse y evitan intervenir, diluyéndose así las posibilidades de convertirlos en un espacio de construcción de contenido en forma colaborativa. Por lo tanto, los docentes de la cátedra deben diseñar estrategias, actividades y materiales con el objetivo de intensificar su uso.

La sección Glosario permite al profesor agregar términos fundamentales que el alumno debe dominar para comprender los temas que se desarrollan en la asignatura. Si bien este glosario es confeccionado por los docentes, una buena propuesta es darles a los alumnos la posibilidad de que ellos, a medida que vayan encontrando términos desconocidos y vinculados a la asignatura, definan otro glosario. De este modo, se incentiva a que los alumnos trabajen la capacidad cognitiva para elaborar definiciones. Es muy probable que, al otorgarles la posibilidad de elaborar las definiciones las recuerden con mayor claridad.

Dentro del subcomponente Recursos, el docente puede introducir diversos materiales didácticos como textos (apuntes, artículos periodísticos y de divulgación científica), enlaces a sitios de Internet, archivos multimedia e imágenes, guías de trabajos prácticos para cada unidad de la materia, entre otros, los que están disponibles de forma permanente permitiéndole al alumno acceder a los mismos en el momento que lo considere oportuno y desde cualquier lugar.

Por último, al subcomponente Tareas los docentes lo emplean –básicamente- para gestionar las actividades en torno a un Trabajo Práctico Integrador (TPI) que consiste en una narración escrita de un caso de estudio cuyo contenido es lo más ajustado posible a una situación real.

A partir de ese enunciado, para cada unidad del programa, plantean una actividad práctica que los alumnos deben resolver en grupos y un representante de cada grupo debe subir un archivo con la resolución a la plataforma.

En la fecha pautada para devolución, cada docente accede a esta sección para ingresar la calificación obtenida por el grupo y las observaciones necesarias para que los

alumnos detecten los conceptos que deben profundizar o aquellos que no se comprenden cabalmente.

En función de lo expuesto, resulta sencillo advertir que si bien la plataforma es un buen material que sirve de apoyo en la enseñanza presencial de la asignatura, es ineludible que los docentes incorporen la reflexión en el diseño tanto de los materiales para la enseñanza como de las actividades didácticas propias de la práctica docente y, de este modo, aproximar a los alumnos al aprendizaje crítico y reflexivo.

A pesar de que esto se logre, cabe mencionar que este entorno virtual -al igual que otros tantos-, posee una estructura rígida que no se adapta a modelos que propician otros tipos de aprendizajes focalizados en el alumno. Esto se debe a que dichos entornos, tal como se puede apreciar en la sucinta descripción de la plataforma realizada, no hacen más que responder a un modelo tradicional de enseñanza centrado en el docente dado que éste es quien tiene el control del entorno distribuyendo los contenidos, utilizando estrategias didácticas planificadas y gestionando la comunicación a través de mails, anuncios, chats y foros.

Dado este panorama, no hay dudas de que en la cátedra se debe implementar un paradigma de enseñanza coherente con la filosofía de la web 2.0 con centro en un alumno que es capaz de gestionar y producir conocimiento. Esto requiere por un lado, sujetos cognoscentes motivados y dispuestos a participar y, por el otro, docentes que deben dedicar mayores esfuerzos para implementar otros tipos de herramientas que den soporte a nuevos modelos de enseñanza. Son, estos últimos puntos, donde se reconoce la necesidad de innovar y, es precisamente esa necesidad la que se convierte un desafío más para el equipo docente.

Esa innovación tiene que producirse fundamentalmente en dos direcciones: una es sustituir el modelo de enseñanza empleado hasta el momento por otro que posibilite el aprendizaje personalizado y, la otra, poner en práctica herramientas que soporten el tipo de aprendizaje elegido.

El apartado siguiente, específicamente, refiere a estas dos direcciones.

3. E-portfolio: instrumento de la enseñanza personalizada

3.1. E-portfolio y tipos de enseñanza personalizada

Como se sabe, actualmente son numerosas las universidades que, desde hace tiempo, emplean sistemas/plataformas de aprendizaje virtual (o su acrónimo en inglés VLE) con todas las ventajas que esto trae aparejado; sin embargo, como se ha dicho es el sujeto que enseña quien centraliza toda la información de los

mismos; es decir, se sigue apelando al uso de herramientas que dan soporte a modelos centrados en el docente que impiden implementar abordajes constructivistas.

Frente a esta realidad, un e-portfolio –herramienta que puede configurarse para centrarse en el estudiante- brinda otras posibilidades a partir de las cuales los alumnos pueden dar cuenta, a través de evidencias, de lo que han aprendido. Para que esto suceda, la propuesta de enseñanza tiene que “ofrecer alternativas a la búsqueda autónoma de significados construidos por el sujeto, a la propia estructuración conceptual de los contenidos y al enriquecimiento con la integración de experiencias que devienen de diversos contextos” [22].

Cuando el docente toma la decisión de implementar un modelo de enseñanza personalizado, es recomendable que opte por uno de los tipos propuestos por Lerís y Sein-Echaluce [23] basados en:

- Las credenciales del estudiante (acreditaciones académicas o perfil curricular, pertenencia a un grupo determinado, etc.).
- Qué han aprendido o qué están aprendiendo, para lo cual son claves la evaluación diagnóstica inicial y las evaluaciones formativas intermedias para guiar hacia diferentes actividades según el aprendizaje demostrado en esas evaluaciones.
- Cómo aprenden o cómo prefieren aprender.
- Las características emocionales (actitud hacia el aprendizaje, valoración de la instrucción, experiencias, etc.).

Una vez que se ha elegido el tipo de enseñanza, es el momento de diseñar el e-portfolio que se adapte al mismo. Para este diseño es preciso definir el por qué y para qué del e-portfolio, el formato, los elementos que lo integrarán, la retroalimentación y los métodos de evaluar.

En relación con los métodos de evaluar, es necesario tener presente que “en una situación de aprendizaje en la que el alumno va construyendo su saber, en la que los mecanismos pedagógicos se inclinan a tener en cuenta sus conocimientos previos y sus percepciones diversas de la realidad, es más importante que nunca encontrar mecanismos que puedan evaluar los aprendizajes en concordancia con esta filosofía” [24]. Tomando como base esta aseveración, se puede inferir que los exámenes sean estos escritos u orales, los de tipo tema a desarrollar o de tipo test que tradicionalmente se vienen aplicando ya no constituyen instrumentos adecuados en los modelos que propician otras formas de enseñar y aprender desde una perspectiva socioconstructivista.

3.2. Componentes

Lo que define a un e-portfolio, de acuerdo con Bullock y Hawk [25] son cuatro componentes básicos: objetivos determinados, una audiencia en particular, trabajos realizados y reflexiones.

Por lo general, los dos primeros componentes están presentes en las propuestas que habitualmente elaboran los docentes; sin embargo, dentro de un paradigma de aprendizaje personalizado adquieren otras características que deben ser analizadas.

Los objetivos, sin perder de vista la función formativa del e-portfolio, deben explicitar los resultados que se espera que el alumno logre cuando haya terminado el proceso de aprendizaje y constituyen la base de evaluación del alumno.

Para el componente audiencia que en este caso particular comprende a los alumnos de la asignatura de Ingeniería del Software, el objetivo ideal es conocer y adaptar el aprendizaje a los rasgos de cada individuo, no a las características que se le presuponen como miembro de un grupo [23]. Por ende, es necesario contar con un diagnóstico lo más preciso posible que abarque el campo de las aptitudes, de los conocimientos, de la emotividad y de los intereses de cada alumno, ya que todos y cada uno de los aspectos son factores a tener cuenta en el diseño de un e-portfolio [26].

A fin de poder realizar este diagnóstico inicial, si se opta; por ejemplo, por el tipo de aprendizaje “Qué han aprendido o qué están aprendiendo”, el e-portfolio deberá contar con un cuestionario inicial que, dependiendo del porcentaje de resolución correcta que obtenga el alumno, le ofrezca a éste distintas trayectorias.

Para esto, el docente debe planificar en el e-portfolio actividades concordantes con el programa de la asignatura de manera tal que, a través de las respuestas de cada alumno, le sea viable detectar qué nivel de conocimiento alcanzó el estudiante de los cuatro señalados por Perkins [27] y que son: nivel del contenido, nivel de resolución de problemas, nivel epistémico o el nivel de investigación. Es evidente que, para cada uno de los niveles, es indispensable que el docente diseñe e implemente los materiales y las evaluaciones pertinentes.

Incluso, para los aspectos relativos a estilos de aprendizaje se puede analizar la inclusión de cuestionarios especificados en el modelo de Honey-Munford [28] y prever caminos de aprendizajes para cada uno de los estilos; es decir, para el práctico, el reflexivo, el teórico o el pragmático.

Los trabajos realizados o evidencias documentan las distintas actividades desarrolladas por el estudiante. Las autoras Benito y Cruz [29] proponen un par de componentes vinculados directamente con este elemento: el diario de campo y los comentarios del profesor. El diario de campo posibilita que el estudiante anote reflexiones sobre su propio proceso de aprendizaje, autoevalúe las evidencias y la utilidad del e-portfolio. Los comentarios del profesor comprenden a las instrucciones para desarrollar los trabajos y las observaciones que guían el proceso de aprendizaje del alumno.

Visto que, el diario de campo permite la autoevaluación, resulta sustancial que la misma se ponga “en práctica de manera que el alumno le encuentre un sentido, puede muy bien llevarlo a hacerse preguntas sobre sus ideas, sus actitudes y sus producciones, en una perspectiva metacognitiva, proceso apto para propiciar la evolución de sus aprendizajes” [24].

Ahora bien, como la meta es que el e-portfolio se encuadre dentro de un paradigma de aprendizaje personalizado se debe contemplar la incorporación de un “modelo de usuario” para recoger y estructurar las variables (tradicionalmente denominadas características de usuario) de personalización del aprendizaje y que Kolba las clasifica en tres categorías: datos del usuario, datos de uso y datos del entorno [23].

Los datos del usuario refieren a características de usuario que engloban a intereses del usuario, nivel de conocimiento y estilo de aprendizaje. La finalidad de los datos de uso es recopilar información acerca de la interacción del usuario con el sistema. En tanto que los datos del entorno, incluyen a datos relacionados con las distintas características personales del usuario.

A partir del modelo propuesto por Lerís y Sein-Echaluce [23], en la Figura 1 se presenta un posible esquema de aplicación para la materia en cuestión.

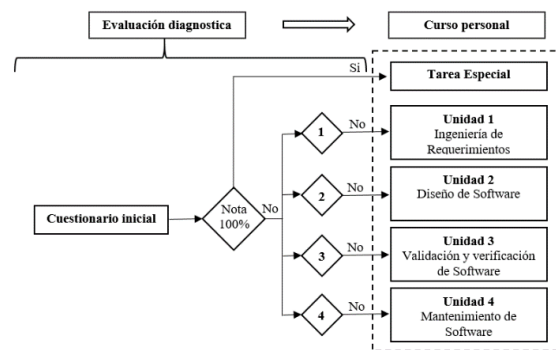


Figura 1. Adaptación del modelo de [23] a la asignatura

Los rombos indican condiciones de adaptación y los números dentro de estos que la aparición de un recurso está supeditado a las respuestas del alumno al cuestionario inicial. En definitiva, cada estudiante tendrá su propio e-portfolio que refleja la trayectoria concretada con sus evidencias.

El cuarto componente son las reflexiones. Por estos días, éstas son herramientas destacadas para el aprendizaje y en un e-portfolio cumplen un rol clave para el uso exitoso del mismo. Entonces ¿qué entendemos por reflexión? Según Moon, citado en Stefany, Mason & Pleger [12], la reflexión es:

“Una forma de procesamiento mental que usamos para cumplir un propósito o para lograr algún resultado anticipado. Se aplica para obtener una mejor comprensión de ideas relativamente complicadas o no estructuradas y se basa principalmente en el reprocesamiento del conocimiento, la comprensión y posiblemente las emociones que ya poseemos”.

En consecuencia, se sugiere que las reflexiones formen parte de un proceso continuo durante todo el periodo de aprendizaje. Para que esto suceda, es esencial que los alumnos comprendan el significado y la importancia de la reflexión en un contexto académico y, el docente en pos de contribuir a ese entendimiento, debe proporcionar ejemplos de escritura reflexiva y desarrollar actividades que les demande a los alumnos analizar qué aprendizaje logran a través del proceso reflexivo. Dentro de esas actividades, entre otras, se pueden incorporar aquellas que permiten relacionar los conocimientos que les aporta un nuevo material con los que ya poseen.

3.3. Evaluación

Como se sabe, los e-portfolios pueden emplearse en las universidades con diferentes propósitos de evaluación y acreditación; sin embargo, para este trabajo resulta pertinente rescatar y tratar la evaluación de los aprendizajes que, según los autores Barrett y Garrett citado en [30], es uno de los principales propósitos de los e-portfolios dado que brindan la posibilidad de evaluar individualmente la forma en que cada estudiante aprende.

A lo que puede agregarse que son “un medio excelente para ayudar a los estudiantes a evaluar su propio nivel de competencia, pidiéndoles que seleccionen la evidencia que mejor demuestra su habilidad, pero también necesitan un asesoramiento considerable si pretenden ser eficientes siendo selectivos, estructurando y demostrando su capacidad” [31].

La evaluación a través de un e-portfolio dentro de un entorno de aprendizaje personalizado debe ser continua, procesual y final. Para concretar estas evaluaciones es preciso determinar, según el tipo y finalidad del e-portfolio las técnicas e instrumentos que se emplearán.

Murillo Sancho sugiere construir una matriz de evaluación que se denomina rúbrica [32]. Las rúbricas son guías de evaluación que establecen niveles progresivos de dominio relativo al desempeño que una persona muestra respecto de un proceso [15]. Si bien son escalas ordinales que se centran en aspectos cualitativos es factible establecer puntuaciones numéricas para evaluar el desempeño.

En el diseño de las rúbricas se debe considerar: a) las evidencias y los productos esperados, esencialmente el e-portfolio como tal y complementariamente los avances que vaya presentando en su construcción; b) los aspectos

a evaluar, en relación con los elementos de las evidencias y los indicadores de logro respecto de cada elemento; y c) el nivel de logro de cada competencia [32].

Una rúbrica viable, a modo de ejemplo, para el TPI de la asignatura puede contener para la unidad “Ingeniería de requerimientos” los siguientes aspectos: 1) Actividad Práctica Historias de Usuarios, 2) Actividad Práctica Casos de Uso y 3) Actividad Práctica Diagramas de Actividad. En concordancia con lo planteado por Murillo Sancho, para cada aspecto se debe establecer una escala para el nivel de desempeño cuyos valores pueden ser: No aceptable (0), Deficiente (1), Suficiente (2), Autónomo (3), Propositivo (4), Creativo/Propositivo (5). En síntesis, se elabora un cuadro de doble entrada en el que para cada aspecto el docente especifica el nivel de desempeño; luego, es viable obtener un puntaje por cada nivel y, ulteriormente, el puntaje total de la matriz.

En este caso se está cuantificando cada nivel de desempeño para producir una calificación; sin embargo, esto no tiene que ser nunca el fin último de este tipo de evaluaciones.

De igual modo, las rúbricas pueden ser utilizadas por los alumnos para autoevaluarse en el momento que lo consideren oportuno. Esta autoevaluación les permitirá responder a interrogantes tales como ¿Cómo estoy aprendiendo? ¿Cómo organizo mi aprendizaje?

Con relación a la obtención de información cuantitativa sobre el progreso del aprendizaje es conveniente definir indicadores cuya finalidad es proponer recomendaciones al docente. En [30] se explican dos potenciales indicadores que son a) *Cursos de acción para un alumno dado* y b) *Diseño de una evaluación del e-portfolio* con las correspondientes reglas lógicas especificadas en las ontologías que definen a cada indicador.

Por otra parte, el ítem b) habilita a que el docente pueda determinar si una evaluación está confeccionada de forma tal que le permita definir niveles superiores de conocimiento [30].

En resumen, estas herramientas proponen alternativas a los métodos tradicionales de evaluar que sirvan tanto al que enseña como al que aprende.

4. Conclusiones

En este artículo se presentó el trabajo de análisis realizado para definir un marco conceptual que involucra a la utilización de e-portfolios para la personalización de la enseñanza en entornos de educación superior.

El desarrollo del marco de trabajo implicó el abordaje de las diferentes perspectivas que se deben considerar para la implementación exitosa de los e-portfolios.

En primer lugar, se realizó un análisis de las TICs en la enseñanza superior, considerando su impacto en el proceso de adquisición y construcción del conocimiento sobre diferentes modelos educativos.

En segundo lugar, se abordó el tema de los portafolios electrónicos como herramientas de soporte para el proceso de aprendizaje. En este sentido, se consideran los e-portfolios como instrumentos que integran una amplia variedad de materiales digitales para la enseñanza que dejan la traza del recorrido realizado por el alumno mientras construye su propio conocimiento.

Finalmente, se analiza el rol de los portafolios en la personalización de la enseñanza, principalmente para colaborar en la evaluación del proceso.

Este marco conceptual sirve de soporte para el desarrollo de una herramienta de software para gestionar e-portfolios de los que el docente se pueda apropiar para desarrollar nuevas formas de abordar la complejidad de los procesos de enseñanza y, de esta manera, promover la flexibilidad, el aprendizaje colaborativo y el autoaprendizaje.

Este marco servirá de base para la identificación de requerimientos y el diseño de un software que permita la gestión de dichos portafolios electrónicos teniendo en cuenta la articulación de los aspectos relevantes en la construcción del conocimiento, tales como el pedagógico, el didáctico, el reflexivo y el crítico y que van más allá del manejo técnico de las TIC.

Se considera que este trabajo, presenta una primera aproximación para la utilización en la materia Ingeniería de Software, de un e-portfolio que de soporte a las trayectorias individuales de cada alumno, y que además, brinde al docente las herramientas para evaluar su proceso de enseñanza respecto a los objetivos propuestos. Generar estos instrumentos, que permitan que el alumno realice un recorrido único, acorde a sus propios procesos implica un repensar de parte del docente de su práctica de enseñanza, permitiendo este protagonismo del alumno.

Por lo expuesto, se propone como futura línea de investigación el estudio de la implementación de un e-portfolio para la cátedra y su posible interoperabilidad con entornos que se encuentran operativos dentro de la facultad y/o con e-portfolios de otras universidades. Lograr la interoperabilidad de los e-portfolios es interesante puesto que, un alumno podría conservar el e-portfolio que ha construido y luego emplearlo para otros propósitos cuando así lo requiera.

5. Referencias

- [1] G. Meneses Benítez, «Universidad: NTIC, Interacción y aprendizaje,» *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, n° 29, pp. 49-58, 2007.
- [2] F. Temporetti, «El modelo Internet. La clase ha muerto, viva la clase,» de *Pedagogía y universidad*. *Currículum, didáctica y evaluación*, Rosario, Homo Sapiens, 2001, pp. 90-108.
- [3] Pontificia Universidad Javeriana, Competencias y estándares TIC desde la dimensión pedagógica: Una perspectiva desde los niveles de apropiación de las TIC en la práctica educativa docente, Cali: Multimedia, 2016.
- [4] E. Litwin, «Prácticas con tecnologías,» *Praxis educativa*, n° 8, pp. 10-17, 2004.
- [5] J. J. Duderstadt, Una universidad para el siglo XXI, vol. 2, Buenos Aires: Universidad de Palermo, 2010.
- [6] C. Miranda, «El pensamiento crítico en docentes de educación general básica en Chile: un estudio de impacto,» *Estudios pedagógicos*, n° 29, pp. 39-54, 2003.
- [7] F. Temporetti, «La lectura y comprensión de textos científicos y académicos. Una problemática crucial en la educación universitaria,» de *VIII Seminario Internacional de Alfabetização. Alfabetização na contemporaneidade*, Rio Grande do Sul, 2012.
- [8] J. L. Linaza Iglesias, «Cambios en la concepción de la educación,» *Anuario de la Facultad de Derecho de la Universidad Autónoma de Madrid*, n° 6, pp. 105-114, 2002.
- [9] G. Bachelard, La formación del espíritu científico, México: Fondo de Cultura Económica, 1973.
- [10] M. E. Barba Téllez, M. Cuenca Díaz y A. R. Gómez, «Piaget y L. S. Vigotsky en el análisis de la relación entre educación y desarrollo,» *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 7, n° 42, pp. 1-11, 2007.
- [11] L. Vygotski, El desarrollo de los procesos psicológicos superiores, Barcelona: Crítica, 1979.
- [12] L. Stefani, R. Mason y C. Pegler, The educational potential of e-portfolios. Supporting personal development and reflective learning, Abingdon: Routledge, 2007.
- [13] J. B. Carrasco, J. J. Javaloyes Soto y J. F. Calderero Hernández, Cómo personalizar la educación. Una solución de futuro, Madrid: Narcea S. A. de Ediciones, 2007.
- [14] J. F. Calderero Hernández, A. M. Aguirre Ocaña, A. Castellanos Sánchez, R. M. Peris Sirvent y P. Perochena González, «Una nueva aproximación al concepto de educación personalizada y su relación con las tic,» *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 15, n° 2, 2014.
- [15] F. Díaz Barriga Arceo, Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida, México: Mc. Graw-Hill/Interamerica Editores, S.A. de C.V., 2006.

- [16] E. Litwin, El oficio de enseñar: condiciones y contextos, Buenos Aires: Paidós, 2008.
- [17] R. Barragán Sánchez, «El Portafolio, metodología de evaluación y aprendizaje de cara al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. Una experiencia práctica en la Universidad de Sevilla,» *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 4, nº 1, pp. 121-140, 2005.
- [18] J. Aguaded, E. López y A. Jaén, «Portafolios electrónicos universitarios para una nueva metodología de enseñanza superior Desarrollo de un material educativo multimedia (MEM),» *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, vol. 10, nº 1, pp. 7-28, 2013.
- [19] G. Lorenzo y J. Ittelson, «An Overview of E-Portfolios,» *Educause Learning Initiative*, pp. 1-28, 2005.
- [20] E. Litwin, «La tecnología educativa en el debate didáctico contemporáneo,» de *Tecnologías educativas en tiempos de Internet*, Buenos Aires, Amorrortu Editores, 2005, pp. 13-34.
- [21] A. Mansur, «Los nuevos entornos comunicacionales y el salón de clases.,» de *Tecnologías educativas en tiempos de Internet*, Buenos Aires, Amorrortu Editores, 2005, pp. 129-154.
- [22] E. Barberà, A. Gewerc Barujel y J. L. Rodríguez Ilera, «Portafolios electrónicos y educación superior en España: Situación y tendencias,» *Red U - Revista de Docencia Universitaria.*, nº Monográfico III, pp. 1-13, 2016.
- [23] D. Lerís y M. L. Sein-Echaluce, «La personalización del aprendizaje: un objetivo del paradigma centrado en el aprendizaje,» *ARBOR Ciencia Pensamiento y Cultura*, vol. 187, nº Extra 3, pp. 123-134, 2011.
- [24] L. M. Bélaïr, La evaluación en la acción. El dossier progresivo de los alumnos, Sevilla: Díada Editora S.R.L, 2000.
- [25] A. A. Bullock y P. P. Hawk, Developing a Teaching Portfolio: A Guide for Preservice an Practicing Teachers, Ohio: Merrill-Prentice-Hall, 2000.
- [26] G. H. Víctor, Educación personalizada, Madrid: Ediciones Rialp S. A., 1988.
- [27] D. Perkins, La escuela inteligente, Barcelona: Gedisa, 2005.
- [28] P. S. Honey y A. Mumford, Using your learning styles, Maidenhead: Peter Honey, 1986.
- [29] Á. Benito y A. Cruz, Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior, Madrid: Narcea, 2005.
- [30] L. Romero , G. Millagros y M. L. Caliusco, «Tecnologías semánticas para la utilización de portfolios como guía de la enseñanza en entornos de educación superior,» de *12a. Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, Lisboa, 2017.
- [31] S. Brown y Á. Glasner, Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques, Madrid: Narcea S. A. de Ediciones, 2003.
- [32] G. Murillo Sancho, «El portafolio como instrumento clave para la evaluación en educación superior,» *Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 12, nº 1, pp. 1-23, 2012.

Evaluación por competencias en Ingeniería. Desarrollando un estudio de caso.

Nadal Jorgelina C.¹, Haudemand Norma Y.², Poco Adriana N.³, Came López Amelia B.⁴

Departamento de Materias Básicas

Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional

Ing. Pereira 676, Concepción del Uruguay, Entre Ríos

*nadalj@frcu.utn.edu.ar / jorgelinanadal@gmail.com¹, haudemandn@frcu.utn.edu.ar²,
pocoa@frcu.utn.edu.ar³, balbinacame@gmail.com⁴*

Resumen

Este artículo presenta los primeros avances en el proceso de investigación de tipo estudio de caso, para el abordaje de la enseñanza y la evaluación por competencias en las especialidades de ingeniería de la Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica Nacional. Donde basados en la evolución del cambio de paradigma educativo se proponen diferentes formas de innovación didáctica, entendiendo que muchas veces el cambio es inminente, pero la realidad evidencia resistencia y falta de formación específica.

1. Introducción.

En este artículo se desarrolla los principales ejes de la investigación que comenzó desde este año 1 de enero de 2018 y hasta el 31 de diciembre de 2019; en línea de evolución con las investigaciones que se realizan en el Grupo GESDC¹ (Grupo de Estudio y Seguimiento del Diseño Curricular). El GESDC, tiene por objetivo aportar conocimientos y herramientas para avanzar sobre el cambio de paradigma educativo, hacia una formación adecuada de los profesionales de la ingeniería que se van a desarrollar en el siglo XXI, considerando que “El desarrollo de la educación a lo largo de la vida supone que se estudien nuevas formas de certificación en las que se tengan en cuenta todas las competencias adquiridas.” [5]

Particularmente se presentan los contenidos del Proyecto homologado UTN con el Código: TEINICU0004733TC denominado: Evaluación por competencias en el marco de escenarios de aprendizaje en la Educación Superior. Análisis de buenas prácticas.

1.1. Contexto de la investigación.

A lo largo del siglo XX, el conocimiento ha variado sustancialmente su naturaleza y su papel en la sociedad, lo que ha comportado la necesidad de modificar nuestra relación con él: hemos pasado de una relación de dominio (propia del siglo XX) a otra de gestión y uso competente de este conocimiento (en el siglo XXI). Este hecho ha provocado un cambio muy profundo en nuestras concepciones sobre formación, instrucción y docencia, y también –y de forma muy especial– en los planteamientos evaluadores de los aprendizajes.

La investigación tiene lugar en Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional, tomando como casos de estudio en diferentes cátedras de las cuales los docentes son parte del equipo del proyecto antes mencionado en la Introducción.

2. Marco teórico.

Se considera esencial desagregar el concepto de enseñanza por competencias, y su proceso de evaluación, describiendo brevemente cuestiones esenciales a considerar en el proceso de enseñanza.

2.1. Entender el concepto de competencias

Desde un punto de vista de la formación profesional, se entiende por competencias al conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y demás informaciones considerados necesarios por el mercado de trabajo, referentes al desempeño de una persona, con determinada especialidad.

Por un lado, entender características de las competencias profesionales (De QUÉ estamos hablando).

¹ <http://www.frcu.utn.edu.ar/gesdc/>

Se toma como base los aportes de Perrenoud [6] y Le Boterf [15] para precisar esta noción:

Competencia es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales.

Como mencionan García, Tobón y López [16] y [17], existen dos clases fundamentales de competencias: «las genéricas, que se refieren a las competencias que son comunes a una rama ocupacional y/o profesional (por ejemplo, salud, ingeniería, educación) a todas las profesiones que engloba esa rama; y las competencias específicas, a diferencia de las competencias genéricas, son propias de cada profesión y le dan identidad a una ocupación».

Por aptitudes se entiende son atributos innatos del individuo, éstas pueden ser desarrolladas en el correr de la vida o de la formación.

Según la EEES, [13] el término competencia es una de las novedades que ha traído consigo el proceso de convergencia y está creando no poca confusión y controversia. La EEES indica que la idea de competencia alude a tres aspectos que resumimos de la siguiente manera:

El nivel de dominio que se posee en relación con algo. Un dominio que implica la capacidad para utilizar el conocimiento que se posee en la realización de actuaciones prácticas. Un dominio que, al menos en el contexto de la formación universitaria, abarca tanto dimensiones vinculadas al perfil de cada titulación como a dimensiones a capacidades genéricas propias de la Educación Superior (sea cual sea la carrera que se haya cursado).

El siglo XXI demanda un profesional con capacidades más holísticas, se les requerirá competencias o habilidades cognitivas que superan la formación meramente técnica. Son “meta-capacidades” que están más allá del aprendizaje de contenidos, de técnicas y de procedimientos [9]. En numerosas fuentes se identifican diversas competencias y aptitudes que merecen ser consideradas y que en su mayor parte están ausentes de los procesos de aprendizaje actuales.

Autores como Howard Gardner, en su reflexión sobre las inteligencias múltiples, considera que las competencias son capacidades que se adquieren, se construyen, a partir de los estímulos del entorno y del compromiso de los individuos con ese entorno. Tener competencia no significa la apropiación de un conocimiento para saber

hacer, sino construir un saber a partir de responsabilizarse por resolver un problema dentro de un contexto. [7]

Los sistemas educativos de los países desarrollados han elaborado una matriz de cualificación, con el fin de compatibilizar internacionalmente formaciones e inserción de trabajadores migrantes en los respectivos mercados de trabajo. Son matrices que indican la complejidad de conocimientos (competencias generales y específicas) y de destrezas cognitivas que se ponen en juego en cada nivel de cualificación. A partir de esta matriz genérica, se pueden clasificar los conocimientos y las exigencias de cada ocupación y debatir en el interior de los sistemas formales y no formales de educación el nivel de conocimiento que le será requerido al estudiante y no necesariamente que haya completado un ciclo de estudios. [14]

La matriz de cualificaciones requiere ser elaborada en conjunto con todos los niveles de la educación formal y los de la educación no formal, teniendo en cuenta los mapas ocupacionales de cada sector y las demandas de cualificación explícitas en ellos. Esto no solo permitirá ordenar las formaciones, sino también establecer las correspondencias entre los sistemas de educación formal y no formal y la construcción de un sistema de formación continua que se articule en forma permanente con las otras instancias formativas.

Si bien en Argentina se ha desarrollado un marco de cualificaciones, todavía no ha sido consensuado institucionalmente con otros actores del sistema.

2.2. Sobre Competencias transversales.

Las empresas por tanto reclaman ingenieros más innovadores, con fuertes competencias transversales (soft skills² y gestión empresarial), con conocimientos relevantes sobre las TIC y con dominio del idioma inglés.

El IIE – Comité de Universidad, Formación y Empresa en el “Informe sobre competencias adicionales requeridas a los ingenieros por las empresas españolas” [2], indica que son 14 competencias que la mayoría de los encuestados han considerado que son muy necesarias o imprescindibles en un orden de importancia:

- 1- Trabajo en equipo.
- 2- Capacidad crítica y de pensar “out of de box”³.
- 3- Innovación y creatividad.
- 4- Conocimientos de aplicaciones ofimáticas estándar, digitalización y redes sociales
- 5- Orientación a los resultados y a la entrega.
- 6- Gestión de proyectos y planificación.

y que pueden aplicarse en cualquier ámbito de nuestra vida en el que nos movamos.

³ El término ‘think outside the box’ es una metáfora utilizada hoy en día que significa pensar de manera diferente, no convencional o desde una nueva perspectiva. Esta expresión se ha vuelto ampliamente utilizada en los ámbitos de negocio,

² Se conoce como soft skills al conjunto de capacidades que permiten que un profesional se relacione mejor en el trabajo, las que van desde gestión de su tiempo de trabajo, hasta el liderazgo y el trabajo en equipo. Son complementarias (¡y no contrarias!) a las habilidades duras (hard skills), que corresponden a la formación más tradicional de los ejecutivos. El gran don de las soft skills es que son imprescindibles para todo el mundo,

- 7- Liderazgo, capacidad de motivación, empatía e inteligencia emocional.
- 8- Nivel C1 o superior de inglés⁴.
- 9- Habilidades comunicativas y asertividad.
- 10- Autonomía y plan de desarrollo personal y profesional.
- 11- Gestión de la calidad, de Procesos, mejora continua y excelencia.
- 12- Capacidad de negociación.
- 13- Emprendimiento.
- 14- Código ético y Responsabilidad Social Corporativa, Cumplimiento de Normas y Procedimientos.

2.3. Desarrollo de Competencias en ingeniería.

Hace más de diez años, el concepto de competencia derivado del documento de Proyecto Tuning en América Latina [8], indicaba: "las competencias representan una combinación dinámica del conocimiento, comprensión, capacidades y habilidades.

Los diseños de los planes de estudio de ingeniería promueven el uso de las competencias como horizonte formativo. Por lo cual, en el 2010, el CONFEDI⁵ analiza y recomienda, sintetizando y consensuando, las competencias necesarias para la formación del ingeniero para el desarrollo sostenible.

Por su parte el informe del proyecto Tuning Europa (2003), más tarde incorporado a Tuning América Latina el cual tiene cuatro grandes líneas: competencias (genéricas y específicas de las áreas temáticas); enfoques de enseñanza, aprendizaje y evaluación; créditos académicos; y calidad de los programas, en su informe final, enuncia como uno de los factores principales de desarrollar competencias en los programas educativos a la necesidad de mejorar la ocupabilidad de los graduados en la nueva sociedad del conocimiento (rápida obsolescencia del conocimiento, necesidad de aprendizaje a lo largo de la vida, etc.).

En el abordaje de las nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje, no sólo se debe lograr que el profesional posea conocimientos específicos de su profesión, sino competencias, habilidades, actitudes y aptitudes que permitan además del rol técnico, ejercer funciones de liderazgo, actuar con espíritu emprendedor y conocer el contexto social territorial, de su país y regional en el cual desarrolla su tarea,

entendiendo que existen restricciones sociales, ambientales, políticas, éticas, culturales, legales y económicas que deben tenerse en cuenta a la hora de ejercer la profesión.

2.4. Sobre la evaluación de Competencias.

¿Cómo se evalúan las competencias definidas en el perfil profesional? ¿Con qué sentido se realiza la evaluación? ¿La evaluación se realiza en función de la selección o del aprendizaje? [6], ¿Cómo se realiza la evaluación de las cualificaciones destinadas al saber hacer y al saber ser? ¿Cómo se compone la calificación final del estudiante, es decir, qué peso tiene la evaluación de las competencias profesionales en el sistema de calificación adoptado?

Perrenoud (2008) [6] afirma que la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes oscila entre dos lógicas: estar al servicio de la selección o al servicio de sus aprendizajes. La idea de que la evaluación puede ayudar al proceso de aprendizaje de los estudiantes no es nueva, e implica pasar de pensarla al servicio de la excelencia a considerarla una instancia formativa, centrada en la regulación de los aprendizajes, es decir, en la formación.

Los profesores, a través de trabajo académico, deben de llegar a acuerdos de cómo identificar si el estudiante logró o no una competencia, así como establecer metodologías de evaluación que les permita identificar el grado de desarrollo, de cada una de las competencias que un estudiante logra adquirir durante su trayectoria curricular en la Institución de Educación Superior. Esto también implica que el estudiante esté consciente que se necesitan dichas competencias en el mercado laboral y sentir la confianza de que lleva la preparación necesaria o de lo contrario, él por su parte tendrá que hacer algo al respecto.

La selección y el uso de herramientas de evaluación está relacionado con la pregunta acerca de qué y cuánta evidencia es suficiente para evaluar aquello que necesita ser evaluado.

Los principios básicos de la evaluación son: validez, confiabilidad, flexibilidad e imparcialidad. Bajo un sistema de evaluación centrado en competencias, los evaluadores hacen juicios acerca de si un individuo satisface un estándar o un grupo de criterios, basándose en la evidencia reunida de una variedad de fuentes. La idea de estándares de competencia es esencialmente un desarrollo de la evaluación referenciada en criterios que surgieron y evolucionaron en Norteamérica, pero con los

los estudiantes pueden desenvolverse de forma independiente y con gran precisión en una amplia variedad de asuntos y en casi cualquier circunstancia, sin ninguna preparación previa...

⁵ CONFEDI Consejo Federal de Decanos de Ingeniería

⁴ El nivel C1 de inglés es el quinto nivel del Marco Común Europeo de Referencia (MCER), que define los distintos niveles de un idioma establecidos por el Consejo de Europa. En lenguaje coloquial, este nivel se puede describir como avanzado o "advanced" que es también la descripción oficial de este nivel y la empleada por EF SET. En este nivel,

añadidos, de una focalización en la evaluación del desempeño y de su aplicación a las particularidades de la formación profesional. [12]

El problema de la evaluación por competencias requiere de un cambio profundo en la estructuración y forma de trabajar a través de todo el sistema educativo, por lo que el desarrollo de competencias en el ámbito educativo demanda reflexión y compromiso por parte del plantel docente, un programa adecuado de capacitación y formación de profesores y un permanente seguimiento curricular. Puesto que el paradigma de la educación por competencias supone la revisión, tanto de estrategias de enseñanza y aprendizaje, como de procedimientos y mecanismos de evaluación. [10][11]

2.5. Estado de la situación actual

El la CRES 2018⁶, entre muchas discusiones de los foros, se dio la de la ASIBEI⁷ propone se tenga en cuenta la recomendación de que en el abordaje de las nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje, no sólo se debe lograr que expresa la necesidad en relación a la formación de ingenieros como un profesional que no sólo posea conocimientos específicos de su profesión, sino competencias, habilidades, actitudes y aptitudes que permitan además del rol técnico, ejercer funciones de liderazgo, actuar con espíritu emprendedor y conocer el contexto social territorial, de su país y regional en el cual desarrolla su tarea, entendiendo que existen restricciones sociales, ambientales, políticas, éticas, culturales, legales y económicas que deben tenerse en cuenta a la hora de ejercer la profesión.[3]

Un estudio realizado por la Federación Argentina de Empresas de Trabajo Temporario (FAETT) indagó respecto a este desfase existente entre la formación del sistema educativo y lo que demanda el mundo laboral. En el estudio, se revela que esta "brecha" se verifica mayormente en las carreras de ingeniería (50%) de los casos, además, se da con más claridad en las personas entre 18 a 25 años. Para Marcela Vespoli, gerente de Selección de Bayton, "hay jóvenes preparados académicamente, pero la demanda del mercado no siempre es coincidente con la formación académica, porque se requieren perfiles con experiencia práctica o con mayor profundidad de conocimientos". En ese sentido añade: "La formación termina siendo teórica si no se la vincula con experiencias vivenciales reales. Este desfase obedece a la falta de posibilidades de práctica laboral".

3. Metodología.

Para el abordaje metodológico se propone la utilización de procedimientos basados en métodos mixtos, tanto cualitativos como cuantitativos y momentos de triangulación. El desarrollo del proyecto se prevé la elaboración teórica del objeto de estudio y trabajo de campo que se desarrolla a nivel local, donde la población en estudio está compuesta por Materias del Tronco Básico Común, tanto como en materias del tipo específicas y complementarias.

Las unidades de análisis serán documentos curriculares y discursos docentes. Algunos de los instrumentos de recolección de información elegidos son entrevistas, talleres y otras instancias participativas de investigación, relevamiento y análisis de la información y que, a su vez cumplan la función de generar espacios de reflexión crítica y aportes al conocimiento y transformación de las problemáticas en estudio.

4. Desarrollo

Con base en lo revisado sobre el Marco teórico y en los diferentes proyectos que se vienen ejecutando en el GESDC, desde donde se vino evolucionando con diferentes propuestas didácticas acorde el objetivo de cada proyecto, siempre en el desarrollo de alguna unidad o conjunto de unidades temáticas que permiten al profesor innovar con cierta confianza, se comenzó a implementar el desarrollo de la enseñanza y la evaluación por competencias, desde la definición de determinadas competencias básicas deseables en el profesional ingeniero del siglo XXI, , descritas brevemente así:

CG1. Capacidad de análisis y síntesis: lectura comprensiva. Subrayado / esquema. Crítica. Resumen.

CG2. Capacidad de organización y planificación: Planificación a largo plazo / Planificación a corto plazo. Gestión de recursos, estimación. Control y monitorización.

CG3.a) Comunicación escrita en la lengua nativa: Riqueza de vocabulario. Empleo de tecnicismos. Estructuración clara y correcta.

CG3.b) Comunicación oral en la lengua nativa: Velocidad. Entonación. Volumen. Pausas. Contacto visual. Vocalización. Postura corporal. Gestos de apoyo, ilustrativos, etc.

CG4. Uso de lengua inglesa: Lectura, escritura y conversación.

CG5. Uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones: Uso de recursos web, Moodle, software de edición (textos, hojas de cálculo, presentaciones, etc.).

⁶ CRES 2018 – Conferencia Regional de Educación Superior.

⁷ ASIBEI. La Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería

CG6. Resolución de problemas: Comprender el problema. Trazar un plan para resolverlo. Poner en práctica el plan. Comprobar los resultados. Técnicas: Ensayo-error, resolver un problema semejante más sencillo. Experimentar. Simplificar. Experimentar y extraer pautas (inducir). Resolver problemas por analogía. Utilizar un método de expresión adecuado mediante esquemas, tablas, modelos, etc.

CG7. Trabajo en equipo: Escucha activa. Empatía. Argumentación. Resolución de conflicto.

CG8. Reconocimiento a la diversidad y la multiculturalidad: Comprensión y aceptación de la diversidad interindividual (sexo, capacidad física o intelectual), lingüística, social y cultural (religión, ideología o etnia) como un componente enriquecedor personal y colectivo para desarrollar la convivencia entre las personas.

CG9. Razonamiento crítico: Reflexionar. Opinar. Argumentar.

CG10. Aprendizaje autónomo, adaptación a nuevas situaciones y motivación por el desarrollo profesional permanente

CG11. Creatividad: Capacidad para dar respuestas variadas y novedosas a una propuesta o problema dado. Realización de asociaciones con sus conocimientos previos, transformando lo conocido, combina conceptos, objetos o fenómenos para crear otros nuevos.

CG12. Liderazgo de equipos

CG13. Iniciativa y capacidad emprendedora

CG14. Motivación por la calidad: Orientación hacia la mejora del propio aprendizaje con el finde afrontar eficazmente problemas y/o dificultades en el ámbito educativo y lograr la formación integral de la persona. Interés por ampliar los contenidos programados.

CG15. Respeto por el medioambiente.

Se utiliza un escenario de aprendizaje que puede tener características de Trabajo integrador, y/o transversal abarcando varias unidades de contenidos, desde el cual los estudiantes deben ir desarrollando las competencias antes mencionadas para cumplir con el mismo, pues es un trabajo grupal, en equipo, con entregables parciales y final.

El trabajo es acompañado de desarrollos teóricos y prácticos utilizando fundamentalmente técnicas y estrategias didácticas enmarcadas en la pedagogía por indagación.

En este esquema el rol del profesor es fundamentalmente de motivador, guía, ayudando a sus estudiantes de forma gradual y asesorándolos en el progreso hacia el cumplimiento del objetivo descrito en el escenario de aprendizaje.

Se trabaja sobre herramientas digitales, multimediales y SW de aplicación necesario acorde a la etapa de desarrollo de la solución. Abordando la comprensión de la temática en cuestión desde bibliografía en español y en inglés, dejando registro de cada instancia.

Se promueven momentos de reflexión y de autoevaluación, de esta manera empoderar a los estudiantes sobre su propio proceso de aprendizaje, que se tome conciencia del camino recorrido, de las situaciones problemáticas o dificultades encontradas de manera general tanto sobre los contenidos específicos como del proceso y de la dinámica de trabajo en equipo/grupo.

5. Conclusiones.

Si bien por el momento no se tienen resultados dado que se atraviesan los primeros meses del proyecto, y acorde lo planificado se está en la fase de revisión bibliográfica y diseño de posibles escenarios para poner en práctica los casos de estudio, si se puede decir que están dadas las condiciones para fomentar desde la investigación tanto la enseñanza como su correspondiente evaluación por competencias, acorde se establece el plan de estudios de ingeniería, en particular, ajustado a las diferentes especialidades que se dictan en la Regional Concepción del Uruguay.

Este primer año se comenzó con una de las cátedras dentro de la cuál se pudo poner en práctica esta investigación para luego tener una base y desarrollar junto a los profesores los distintos escenarios de aprendizaje según las características propias de la materia.

Otra cuestión es que comenzamos por el análisis y aplicación de la práctica de desarrollo de competencias generales y transversales pues de alguna manera quizá sin definición como tal se pueden identificar prontamente y su abordaje pudo ser más natural y espontáneo. Entendiendo que muchas veces cuesta adaptarse a los cambios, aunque éstos sean evidentes y necesarios.

6. Agradecimientos.

Se deja un especial agradecimiento al equipo que participa en el proyecto de investigación de forma desinteresada y abiertos a innovar en sus proyectos de cátedra, aportando valiosa información a los registros de la investigación.

7. Referencias.

- [1] A. Molina A., "La Competencia Profesional en el Ingeniero del Nuevo Milenio," *Revista Facultad de Ingeniería*, vol. 8, no. ISSN: 0717-1072, pp. 65-71, 2000.
- [2] Instituto de la Ingeniería de España, "Informe Sobre Competencias Adicionales Requeridas a los Ingenieros por Empresas Españolas," 20 febrero 2018. [Online]. Available: <https://iies.es/apd-iie>

- encuesta-competencias-ingenieros/. [Accessed 9 septiembre 2018].
- [3] ASIBEI, "Declaración del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI) / Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI).," in *CRES 2018 - Conferencia Regional de Educación Superior*, Cordoba - Argentina, 2018.
- [4] Vaca Uribe Jorge E., Aguilar Martínez Verónica, Gutierrez Reyes Francia M., Cano Ruiz Amanda, Bustamante Santos A. Javier, ¿Qué demonios son las competencias? Aportaciones del constructivismo clásico y contemporáneo, Vols. ISBN: 978-607-502-374-8, Colonia Nuevo Xalapa, Xalapa, Ver., CP. 91097: Universidad Veracruzana. Instituto de investigaciones en Educación, 2015.
- [5] Delors Jackes, La educación encierra un tesoro, Paris: Ediciones UNESCO, 1997.
- [6] Perrenoud Philippe, La evaluación de los alumnos. De la producción de la excelencia a la regulación de los aprendizajes. Entre dos lógicas., Buenos Aires.: Editorial Colihue. Alternativa pedagógica. Didáctica., 2008.
- [7] Gardner Howard, Inteligencias múltiples: La Teoría en la Práctica, Barcelona: PAIDOS IBERICA - ISBN 9788449325946, 2011.
- [8] Tunning América Latina, "Informe Final 2004-2007. Reflexiones y Perspectivas en la Educación Superior en América Latina.," @Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao - España, 2007.
- [9] Catalano Ana, "Tecnología, innovación y competencias ocupacionales en la sociedad del conocimiento," Organización Internacional del Trabajo OIT, Argentina. ISSN: 2310-4619 (impreso) ISSN: 2310-4627 (web), 2018.
- [10] Cano Elena, Buenas prácticas en la evaluación de competencias. Cinco casos en la Educación Superior., Barcelona.: Laertes, 2011.
- [11] Núñez Ana María , Leiton Ruth y Naranjo José Antonio, "Evaluación por competencias en ciencias básicas para ingeniería.," vol. Nro.1, no. S/Reg., pp. <http://www.um.edu.ar/ojs-new/index.php/RECIUM/article/view/65>, 2013.
- [12] Segovia Orozco, Julie Aideé , Salmerón Guzmán, Mirna y Tovar Corona, Blanca, "Importancia de desarrollar competencias profesionales en ingeniería: caso UPIITA," *Ciencia y Tecnología. Instituto Politécnico Nacional, México.*, vol. 13, no. ISSN 1850-0870, pp. 133-142, 2013.
- [13] Zabala Beraza Miguel, "Guía para la planificación didáctica de la docencia universitaria. En el marco del EEES.," *Documento de trabajo. Universidad Santiago de Compostela. España.*, 2005.
- [14] CONFEDI, "Declaración de Valparaíso sobre Competencias Genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano. Competencias Genéricas de egreso del Ingeniero Argentino. Competencias Genéricas para el Ingreso a los Estudios Universitarios en Argentina.," Universidad FASTA, Mar del PLata, 2014.
- [15] Le Boterf Guy, Ingeniería de las competencias, España: Gestión 2000, 2001.
- [16] García, J. A. y Tobón, S., Gestión del currículum por competencias. Una aproximación desde el modelo sistémico complejo., Perú: A.B. Representaciones Generales S.R.L., 2008.
- [17] GARCÍA, J.; TOBÓN, S. y LÓPEZ, N., "Currículo, didáctica y evaluación por competencias," Universidad Metropolitana, Caracas, Venezuela., 2009.

Generación de Preguntas para Exámenes mediante la aplicación de Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo

Pablo Pytel^{1,2}, Cinthia Vegega^{1,2}, Luciano Panizza¹, Pablo Delucchi¹, Martha Orozco-González^{1,2},
Luciano Straccia^{1,2} & María Florencia Pollo-Cattaneo^{1,2}

¹ Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS).
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.

² Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información. Facultad Regional Buenos Aires.
Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

ppytel@gmail.com, cinthiavg@yahoo.com.ar, flo.pollo@gmail.com

Resumen

Preparar un examen no es sencillo, tanto para los estudiantes como para los docentes. En el caso de los docentes, éstos deben tener cuidado al momento de armar las preguntas para que el examen permita diagnosticar el verdadero dominio que los alumnos poseen con respecto a los contenidos de la asignatura. Por otro lado, se debe considerar que cuando se generan muchas preguntas puede resultar extenuante intentar ser creativo para evitar reutilizar siempre las mismas. En este contexto, se propone la aplicación de una tecnología de la Inteligencia Artificial denominada Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo (o Deep Learning) para asistir a los docentes en la generación automática de preguntas del estilo 'verdadero o falso' a partir de ejemplos recolectados de exámenes de una asignatura de grado.

Palabras Claves

Educación y Tecnología. Generación de Preguntas. Aprendizaje Automático. Deep Learning. LSTM RNN.

1. Introducción

Al preguntarle a un estudiante universitario "¿qué opina sobre los exámenes?", muchos optarían por citar el popular epigrama de Oscar Wilde: "en los exámenes los estúpidos preguntan cosas que los sabios no pueden responder" [1]. Esta baja apreciación suele ser producida por exámenes con preguntas mal planteadas. Algunos docentes olvidan al preparar un examen que éste debe buscar evaluar aquellos conceptos y procedimientos adquiridos por los alumnos que permanecen en su estructura del conocimiento de manera organizada [2]. Por lo tanto, como toda prueba (o test) debe ser un instrumento objetivo para medir el rendimiento del aprendizaje de los alumnos durante la cursada [3] sirviendo de complemento a la evaluación continua realizada en el aula [4]. De esta manera, es posible diagnosticar el verdadero dominio que poseen

los alumnos con respecto a los contenidos de la asignatura lo cual cumple varias funciones [5]:

- Proporciona al docente, información para mejorar y orientar las estrategias de enseñanza y la planificación de los cursos.
- Permite al estudiante, apreciar su propio avance e identificar los puntos débiles de su aprendizaje.
- Permite retroalimentar a quienes diseñan los programas y planes de estudio sobre los contenidos de los mismos.

En cambio, un examen mal armado puede generar efectos secundarios que no se deben desatender [5]:

- Por un lado, para los estudiantes, el modo en que se evalúan los contenidos refleja con mucha mayor claridad cuáles son los temas más importantes del curso que lo que verdaderamente está definido en el programa del mismo.
- Por otro lado, una incorrecta evaluación puede generar que los alumnos se frustren, considerando sus errores como fracasos insuperables, lo cual es contrario a los objetivos del proceso de enseñanza.

Por consiguiente, las preguntas de un examen no deben improvisarse ya que de ellas "depende que el alumno active de manera creativa e inédita sus conocimientos para elaborar respuestas productivas" [6]. Todas las preguntas deben permitir a los estudiantes demostrar sus conocimientos o habilidades coherentemente enlazadas, por lo que cada pregunta debe indicar su contexto y el motivo de la misma [2-5]. Además, se debe considerar que cada persona tiene un estilo de aprendizaje propio por lo que el enunciado debe ser suficientemente general y claro para evitar malas interpretaciones y así también acotar la cantidad de respuestas posibles [3; 7].

Asimismo, se debe considerar que cuando se generan muchas preguntas puede resultar extenuante intentar ser creativo para evitar reutilizar siempre las mismas. Pero, gracias al uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), es posible asistir a los docentes en la preparación de los exámenes [3].

De esta manera, se podrían aplicar mecanismos automáticos para la generación de preguntas idóneas y pertinentes al contenido de la asignatura. Sin embargo, la automatización de estas tareas requiere el diseño de sistemas informáticos realmente adaptativos capaces de organizarse de manera autónoma a la multiplicidad de variables que forman parte de un contexto formativo. Por lo tanto, no pueden ser alcanzados a través del uso de sistemas software convencionales, sino que deben aplicarse principios y técnicas de la Inteligencia Artificial [8].

En este contexto, el presente trabajo de investigación busca asistir a los docentes de una asignatura de grado universitaria en la generación de preguntas para los exámenes mediante la aplicación de una tecnología de Inteligencia Artificial. Para ello, primero se describe la relación de este trabajo realizado dentro del contexto de la asignatura (sección 2). Luego, se detalla la tecnología empleada y los datos utilizados para su entrenamiento (sección 3) con el objetivo de generar los resultados correspondientes (sección 4), y su posterior análisis (sección 5). Finalmente, se indican las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 6).

2. Contexto del Trabajo

En el primer nivel de la carrera 'Ingeniería en Sistemas de Información' de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRBA) se encuentra la asignatura 'Sistemas y Organizaciones' [9]. Esta asignatura anual compone el tronco integrador y atraviesa al Plan de Estudios en sus diferentes niveles con el objetivo de formar profesionales de sólida capacidad analítica para la interpretación y resolución de problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de información [10]. Dicha asignatura es de cursado obligatorio para los alumnos que hayan aprobado el curso de ingreso a la carrera (aproximadamente 800 inscriptos), por lo que cualquier tipo de intervención llevada a cabo en sus cursos garantiza un impacto sobre la totalidad de la población ingresante. Una de estas intervenciones tiene que ver con la implementación de un Sistema Inteligente que busca solución a problemas específicos de la asignatura [11], entre los que se destaca el alto nivel de deserción (de aproximadamente un 30%) en el primer año de la cursada [12]. Dado que el 73% de los alumnos se encuentra realizando su primera carrera, luego de haber finalizado el secundario [13], se generan ciertos inconvenientes en el estudio y comprensión de los temas desarrollados en la asignatura. Para complementar lo visto en clase, se provee al alumno de material bibliográfico en forma de artículos, sitios web y libros, tanto de autoría propia de la cátedra como de

otros autores que se encuentran en la biblioteca de la Facultad. Sin embargo, los alumnos no suelen utilizar todo el material disponible para estudiar ya que no saben cómo manejarlo para encontrar las explicaciones que necesitan. Además, según indican los docentes de la cátedra, la gran mayoría todavía no tiene incorporada la costumbre de estudio universitario por lo que consideran que un "repaso" de los temas antes de los exámenes es suficiente para su aprobación. Dicha situación trae aparejado que se llegue a instancias de examen sin tener una clara comprensión de los conceptos teóricos. Por lo tanto, muchos desaprueban el primer examen parcial de la asignatura (que rinden aproximadamente al finalizar el primer cuatrimestre). En algunos casos, ello produce una frustración tal que deriva en la interrupción de la cursada para su retome al año siguiente (generando un retraso significativo en la finalización de la carrera) o, en casos más drásticos, el abandono de la carrera (aumentando así el índice de deserción universitaria).

Esto ha motivado a que la cátedra de la asignatura haya decidido desarrollar un Sistema Inteligente como una herramienta muy útil para asistir al proceso de enseñanza-aprendizaje [11]. Entre sus principales tareas se encuentra la monitorización del aprendizaje y la evaluación continua tanto dentro como fuera del aula. Dentro de dicho sistema se incluye un módulo para generar recomendaciones a los alumnos sobre los temas en cuyo estudio deben profundizar y los medios que deben utilizar para hacerlo. Para ello, se desea que el módulo tenga una interfaz amigable que les permita comunicarse en forma directa con los docentes de forma que puedan recibir respuestas a sus dudas y así poder comprender cada tema a su propio ritmo.

Por lo tanto, se necesita desarrollar un Agente Conversacional o ChatBot [14], es decir, un programa software que interpreta y responde a las declaraciones realizadas por los usuarios en lenguaje natural corriente [15]. Estas herramientas integran técnicas de lingüística computacional para interactuar a través de servicios de mensajes instantáneos, e-mail, o foros, entre otros medios. Gracias a esta tecnología, los docentes podrían cubrir las expectativas de tiempo y nivel de confianza de un elevado número de estudiantes [16]. Sin embargo, el desarrollo de un ChatBot no es sencillo por varios motivos. Por una parte, muchas veces tienen problemas para el manejo del contexto de la frase por lo que no son capaces de seguir el hilo de una conversación por mucho tiempo [17]. Esto se ve agravado por la gran variación lingüística del lenguaje Español [18], un mismo concepto se puede expresar de formas diferentes mediante modificaciones en la expresión. Por ello, una misma oración puede tener intenciones o interpretaciones diferentes según el contexto en el que se enuncia. Por otro lado, para el

desarrollo de un ChatBot aplicado en el ámbito educativo se debe considerar la terminología correspondiente a la asignatura donde se aplica. Además, se deben contemplar las formas de comportamiento para intentar generar los mejores resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje [16]. Por consiguiente, se deben utilizar métodos ad-hoc que permitan guiar el proceso de construcción de un ChatBot teniendo en cuenta las particularidades del ámbito. Para ello, se han estudiado diferentes tecnologías candidatas para su aplicación. De este estudio se ha decidido que la más adecuada es un tipo de Red Neuronal de Aprendizaje Profundo (la cual es indicada y descrita en la sección 3.1 de este trabajo) debido a su capacidad para “aprender” automáticamente los términos de un dominio, y su robustez para poder adaptarse a diferentes formas de expresión manteniendo coherencia en sus respuestas.

No obstante, como el uso de las Redes de Aprendizaje Profundo todavía no está muy explorado en el ámbito educativo [19], se ha decidido llevar a cabo una “prueba de concepto” que se inscribe como el objetivo de este trabajo. Al entrenar la red para generar en forma automática preguntas de la asignatura se buscará evaluar su capacidad para incorporar los conceptos de la asignatura, así como, su nivel de flexibilidad para generar variaciones de oraciones.

De acuerdo a este objetivo, se ha decidido considerar como fuentes de entrenamiento de la red sólo las preguntas del estilo ‘verdadero o falso’ tomadas en los exámenes de la asignatura. Estas son frases que relacionan temas de la asignatura a las cuales los alumnos deben indicar su grado de veracidad (es decir, si son verdaderas o falsas) justificando el motivo de ello (ejemplos de estas frases se incluyen en la sección 3.2 de este trabajo). Los tres principales motivos para la selección de este tipo de pregunta son los siguientes:

- El primer motivo tiene que ver con los temas evaluados. Aunque estas preguntas evalúan especialmente la teoría de la asignatura, algunas también se pueden referir a los temas prácticos [9]. Entonces, las frases incluyen conceptos orientados a las Organizaciones y su vinculación con la Ingeniería en Sistemas de Información, la resolución de problemas mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de la información. También pueden referirse a otros temas como Pensamiento Lineal y Sistémico (PLS), Organigramas, Cursogramas y los Circuitos Administrativos.
- El segundo motivo tiene que ver con la utilidad de las frases generadas por la red. A pesar de que las preguntas son cerradas indicando un hecho (verdadero o no) para que los alumnos analicen, el docente las puede utilizar como base para formular

una pregunta abierta donde se le pida al alumno que explique algún tema del contenido de la asignatura. En otras palabras, los resultados de la red pueden servir para inspirar al docente en el armado de las preguntas.

- Finalmente, el tercer y último motivo es que las frases generadas por la red no deben ser totalmente perfectas. Pueden incluir hechos incorrectos o con cierta ambigüedad sin perder su función. En todo caso, esto solo generará que el alumno tenga que analizar con más cuidado la pregunta para justificar mejor su respuesta.

3. Materiales y Métodos

En esta sección se describe la tecnología empleada para desarrollar la solución propuesta (sección 3.1), y los datos recolectados de la asignatura para su entrenamiento (sección 3.2).

3.1. Tecnología Aplicada

Para llevar a cabo el trabajo propuesto se utiliza una Red Neuronal de Aprendizaje Profundo [20], las cuales son más conocidas como ‘Deep Learning’ por su nombre en inglés. Esta tecnología se puede considerar la evolución de las Redes Neuronales Artificiales o RNA [21; 22] dado que mantiene sus principios básicos pero permite extender su topología para incluir mayor cantidad de neuronas y, de esa forma, poder resolver problemas más complejos, como el procesamiento de imágenes o del lenguaje natural [23]. Al incluir muchas capas de neuronas no lineales permite generar varios niveles de representación [24] donde se genera una jerarquía de características, donde las de mayor nivel de abstracción están definidas a partir de las de menor nivel, lo cual facilita las tareas de preparación de los datos y entrenamiento de la red.

De la gran variedad de modelos existentes para Deep Learning [25; 26], para este trabajo se ha seleccionado un tipo de Red Neuronal Recurrente (‘Recurrent Neural Network’ en inglés) o RNN [27; 28] denominada ‘Long-Short Term Memory’ o LSTM [29; 30]. Una RNN se puede considerar como una RNA con “memoria” dado que la salida de una de sus neuronas se utiliza también como una nueva entrada para realizar el próximo cálculo. Tal como se puede ver en la Figura 1, la arquitectura de este tipo de red incluye una neurona de entrada (N_e) que posee una conexión recursiva consigo misma (en color **violeta**). Si se ‘despliega’ el funcionamiento de esta arquitectura en el tiempo, se obtendría una red como la indicada en Figura 2 donde $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots$ es la secuencia de datos de entrada ingresados a la red que permiten generar la secuencia de resultados $y_1, y_2, y_3, y_4, \dots$. Para determinar cómo generar los resultados correspondientes a la secuencia

de datos, durante su entrenamiento, la red sólo necesita ajustar los valores de los pesos de las conexiones de w_e , w_m y w_s usando una variación del algoritmo Backpropagation que permite manejar datos en el tiempo [31].

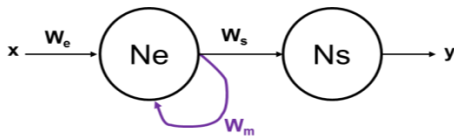


Figura 1: Arquitectura de una red RNN.

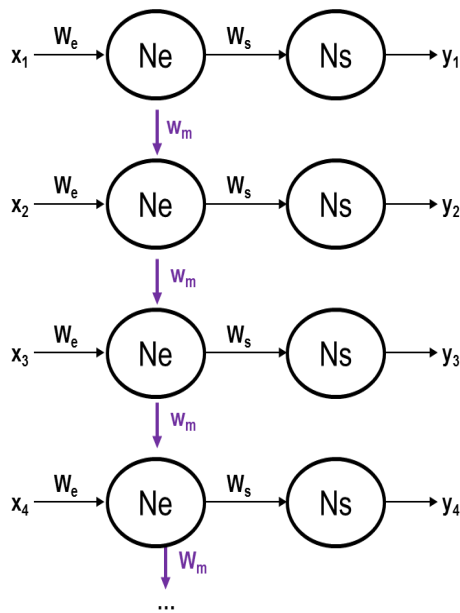


Figura 2: Despliegue de una red RNN.

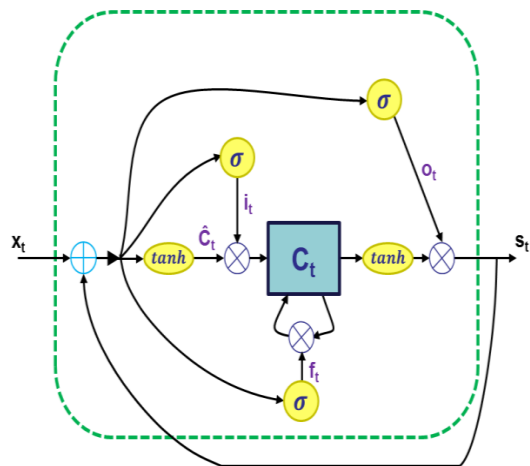
Esto es muy útil para aprender patrones donde la salida correspondiente no depende solamente de la entrada actual sino que también de una o varias anteriores. Tal es el caso de los lenguajes humanos, por lo que se puede usar una RNN para predecir la próxima palabra de una oración basándose en las palabras anteriores escritas [32].

No obstante, las RNN poseen problemas para aprender relaciones a largo plazo (por ejemplo, cuando se desea predecir la salida y_{121} que debería depender del valor de entrada x_3). Para este tipo de situaciones se utiliza la red LSTM, la cual busca emular la capacidad para recordar y olvidar de los seres humanos a partir de una memoria que funciona a corto y a largo plazo. Para ello, contiene una neurona recursiva que representa una “celda de memoria” que le permite decidir qué información se debe mantener y cuál se debe olvidar [33]. Como se puede ver en la Figura 3, una neurona de

este tipo de red tiene un estado (C_t) que cambia en cada procesamiento en base a los nuevos datos (x_t) y los resultados anteriores de la neurona (s_{t-1}), pero previamente afectados por tres puertas (o ‘gates’):

- la *Puerta de Información* (i_t) decide qué información nueva incorporar para realizar el procesamiento;
- la *Puerta de Salida* (o_t) determina cuáles resultados generar teniendo en cuenta la nueva información y el estado anterior de la neurona;
- la *Puerta del Olvido* (f_t) que decide qué información anterior se debe descartar para realizar el nuevo procesamiento.

Como en toda Red Neuronal Artificial, para lograr dicho funcionamiento se utilizan varias fórmulas matemáticas (las cual son indicadas en la parte inferior de la Figura 3). Esto significa que internamente la red debe manejar la información en forma numérica, por lo que todos los datos de entrada suministrados deben ser antes codificados y todas las predicciones generadas deben ser luego decodificadas para facilitar su interpretación. Esto se realiza automáticamente a través de algoritmos especiales que son incluidos con la implementación de la red.



Donde:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot \langle x_t | s_{t-1} \rangle + b_f)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot \langle x_t | s_{t-1} \rangle + b_i)$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot \langle x_t | s_{t-1} \rangle + b_o)$$

$$\hat{C}_t = \tanh(W_C \cdot \langle x_t | s_{t-1} \rangle + b_C)$$

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \hat{C}_t$$

$$s_t = o_t \cdot \tanh(C_t)$$

Figura 3: Celda de Memoria de la red LSTM.

De esta manera, las LSTMs permiten hacer un camino a través del tiempo, tal que la dependencia entre los datos de entrada y los resultados de salida pueden fluir libremente hacia atrás en el tiempo. La red es capaz de aprender por sí sola sin necesitar saber cómo funcionan las reglas del lenguaje, y sin tener que definir manualmente patrones ni frecuencias en los textos.

La implementación de esta red seleccionada para lograr el objetivo de este trabajo de investigación, así como la definición de sus parámetros correspondientes, se indican en la sección 4 de este trabajo junto con los resultados de las pruebas correspondientes.

3.2. Datos de Entrenamiento

Como se ha mencionado anteriormente, para el entrenamiento de la red se han recolectado frases correspondientes a preguntas del estilo ‘verdadero o falso’ de exámenes parciales y finales de la asignatura tomados en los últimos 10 años. Algunos ejemplos de estas frases se incluyen en la Tabla 1.

#	Frase Original
E1	La Organización vista como un sistema abierto, tiene como resultados materias primas, recursos humanos, capital, tecnología e información.
E2	El mantenimiento dentro de la Metodología en Sistemas de Información permite el desarrollo de nuevos productos que reemplazan por completo al Producto Solución.
E3	Los problemas no estructurados son problemas nuevos e inusuales que implican decisiones no programadas, las cuales son ajustadas al problema.
E4	Los Cursogramas son una metodología para graficar movimientos de documentos.
E5	En el Circuito de Compras, para emitir una solicitud de presupuestos se utiliza la información de la Factura y la Orden de Compra.

Tabla 1. Ejemplos de frases para el entrenamiento.

Como se puede observar en la siguiente sección de este trabajo, se han realizado pruebas con diferentes cantidades llegando a una cantidad final de 859 frases. Todas ellas han sido formateadas con el siguiente procedimiento:

- Llevar todo el texto a minúsculas.
- Reemplazar las letras acentuadas por las mismas sin acentuar (por ejemplo, se reemplaza “á” por “a”).
- Eliminar todos los signos de puntuación (“.” y “,”).

En la Tabla 2 se presentan las frases de la Tabla 1 ya formateadas. Como se puede notar se han simplificado las oraciones al reducir la diversidad de caracteres que se deben manejar, lo cual facilita el entrenamiento de la red pero sin perder el significado de la frase.

#	Frase Formateada
E1	la organizacion vista como un sistema abierto tiene como resultados materias primas recursos humanos capital tecnologia e informacion
E2	el mantenimiento dentro de la metodologia en sistemas de informacion permite el desarrollo de nuevos productos que reemplazan por completo al producto solucion
E3	los problemas no estructurados son problemas nuevos e inusuales que implican decisiones no programadas las cuales son ajustadas al problema
E4	los cursogramas son una metodologia para graficar movimientos de documentos.
E5	en el circuito de compras para emitir una solicitud de presupuestos se utiliza la informacion de la factura y la orden de compra

Tabla 2. Ejemplos de frases formateadas.

4. Resultados de las Pruebas

En esta sección se presentan los resultados de las pruebas realizadas para intentar lograr que la red LSTM aprenda a generar frases de preguntas en forma correcta. Primero, se lleva a cabo un estudio comparativo de tres implementaciones de dicha red con el objetivo de seleccionar la más adecuada (sección 4.1), luego se presentan los resultados obtenidos al utilizar diferentes cantidades de frases como datos de entrenamiento (sección 4.2) y, por último, se realizan pruebas modificando los parámetros de entrenamiento indicando los resultados correspondientes (sección 4.3).

4.1. Selección de la Implementación de la Red

Dada la popularidad que han tenido las redes LSTM en los últimos años existen múltiples implementaciones de la misma que se pueden aplicar para lograr el objetivo propuesto. En este trabajo de investigación se consideran dos tipos de implementación [34; 35]:

- *Char-RNN* la cual permite aprender a realizar predicciones carácter a carácter para generar nuevas frases a partir de un texto utilizado como ejemplo. En otras palabras, la red devuelve el mejor carácter (una letra, en este caso) que corresponda a la secuencia de caracteres (letras) generadas anteriormente para obtener frases basadas en el texto de ejemplo.
- *Word-RNN* la cual está basada en el mismo principio pero que aprende a predecir palabra a palabra las frases de un texto. Por lo tanto, antes del entrenamiento, se debe generar una tabla auxiliar para codificar las palabras (o tokens) presentes en el texto, lo cual se realiza con un algoritmo especial incluido en esta implementación.

Como se puede observar en las Tablas 3, 4 y 5, la calidad de las frases generadas no es buena. En ninguno de los casos, se disponen de frases totalmente claras y entendibles. En particular, los peores resultados fueron generados por la implementación Web (Tabla 3):

- en la frase A1 se repiten tres palabras continuamente lo cual no tiene ningún significado;
- en las frases A2, A3 y A4 aparecen muchas palabras mal escritas, las cuales se podrían llegar a interpretar con mucha paciencia pero no es lo que se busca en este trabajo de investigación; y
- la frase A5 tiene una combinación de ambos problemas (palabras mal escritas y repetición).

Por otro lado, los resultados de la implementación de Word-RNN (Tabla 5) no presentan el problema de palabras inválidas, pero las oraciones generadas no tienen sentido gramatical. Se puede afirmar que son una secuencia de palabras sin coherencia por lo que no reflejan ningún tipo de conocimiento, ni en los contenidos de la asignatura ni en el idioma español.

Por último, los resultados de la implementación de Char-RNN para TensorFlow (Tabla 2) son los más prometedores. En este caso, hay algunas palabras mal escritas (por ejemplo, 'bara' en lugar de 'para' como se ve en B1) pero su cantidad es mínima. Además no se presenta el problema de repetición de palabras. Es cierto que las secuencias de palabras no son gramáticamente perfectas, pero al menos se puede comprender cierta idea en la misma (al contrario de lo que sucede con Word-RNN).

Por consiguiente se selecciona la implementación de Char-RNN de TensorFlow para ser utilizada en las pruebas de las siguientes secciones con el objetivo de mejorar sus resultados.

4.2. Evolución de los Datos de Entrenamiento

Una vez seleccionada la implementación de la red a utilizar, se llevan a cabo pruebas con 4 versiones de datos de entrenamiento las cuales incluyen diferentes cantidades de frases recolectadas. El objetivo de esto es determinar cuál es la cantidad óptima a utilizar para lograr el correcto funcionamiento de la red.

En la Tabla 6 se indica, por cada versión de los datos, la cantidad total de frases del estilo 'verdadero o falso', así como, la correspondiente cantidad de caracteres totales (incluyendo los espacios). En dicha tabla se puede notar que la versión 1 (v1) incluye la menor cantidad por contener las frases correspondientes a los exámenes tomados en los últimos dos años, mientras que la última versión (v4) incluye la mayor cantidad por tener todas las frases de los últimos 10 años. En todos los casos, cada frase ha sido incluida una única vez (es decir, sin repeticiones) aunque se haya tomado en más de un examen.

Versión	Cantidad de Frases	Cantidad Total de Caracteres
v1	123	12.822
v2	385	35.776
v3	547	52.424
v4	859	71.595

Tabla 6. Composición de las versiones de los datos de entrenamiento.

A partir del entrenamiento de la red con cada versión de los datos, se han generado las frases correspondientes. En la Tabla 7 se muestran tres ejemplos representativos por la versión v1 y v2 de los datos, y en la Tabla 8 se muestran tres ejemplos generados con la versión v3 y v4 de los datos.

Versión	#	Frase Generada
v1	v1-1	organiza a se un abteminto os as un cortamiza con al delecta de al curcuito de con el cunto es en el circuito de un el circuito de la menejista es prasema el circuto me la arganizacion el un precestracion
	v1-2	ciradma es el ciecio de un el curciita de un preccion de la el cirtuma coma de la empariacto de un la un estoreza intema cormal de la orgasiza con el cuento de una se cibieto as ma entercaza a eta el curcui
	v1-3	la circuito es un estemita la intormaniza inte el cunto de las mesicucion de en el curcuito de la el cortamiza conta de la entresiza to es cienor a una cunto de la prerestera cormalos con cuento de
v2	v2-1	se pueden decisiones prodeccion del problema interno de informacion se produede ser comar compras del problema la toma de sistemas de informacion estrategica dede tesar en compre de control de
	v2-2	cursograma se cuestra el sistemas de informacion de las organigramas se creares el ciecuito de compras: entro de la metodologia de sistemas de informacion estrategica estrategica es un archivo de plasistas
	v2-3	dentro de la metodologia de sistemas de informacion permiten del circuito de compras normales para seleccionar un problema se cuentralis son cuentas sistemas de informacion del circuito de compras

Tabla 7. Frases generadas por la versión v1 y v2 de los datos.

Como era de esperar, en las Tablas 7 y 8 se confirma que a mayor cantidad de datos de entrenamiento, aumenta la calidad de las frases generadas por la red. A medida que se cuenta con más ejemplos, la cantidad

de palabras mal escritas disminuye y sube el grado de inteligibilidad de las oraciones. En este sentido, el mayor salto de mejora se puede advertir entre la versión 2 y 3, para luego mejorar un poco más con la versión 4 de los datos, la cual será empleada en las pruebas de la siguiente sección.

Versión	#	Frase Generada
v3	v3-1	en el circuito de compras sormales se realizan en el circuito de cobranzas y la entrevista en el circuito de compras son los despondinados dentro de la metodologia el sistemas es una comprable
	v3-2	cursoqramas de la organizacion esta exterar a la contabla de la empresas correctronal se enfoca la toma de la organizacion establecen la tiene compra de la control de la organización
	v3-3	un sistema informatico son los diseño de informacion establegar a se problema un problema se propeas no se grafican en el circuito de compras normales el proceso de la archivos bara masorar
v4	v4-1	organizacion de un problema de la teoria de sistemas de informacion es una herramienta que se utiliza en la etapa de decisiones la entrevista es una herramienta que se utiliza en la gerencia de sistemas org
	v4-2	cursoqramas no se pueden graficar una decision utilizamas un rectogrania la de persenamiento es una herramienta que se utiliza en la etapa de deciniones de mantida el trobric o sistemas a coda sistemas
	v4-3	ackoff describe el nivel mantenimiento es una tecnica que se utiliza en la etapa de gerente se puede ser utilizada en la etapa de decisiones de manteja de la decisiones

Tabla 8. Frases generadas por versión v3 y v4 de los datos.

4.3. Ajuste de Parámetros de Entrenamiento

A partir de los resultados de la sección anterior se comprueba que la cantidad de datos de entrenamiento afecta la calidad de los resultados de la red. Entonces, una forma de mejorar las frases generadas por la red es incluir más ejemplos. Sin embargo, dado que no es posible recolectar preguntas de exámenes más viejos debido a que cambian algunos temas evaluados y el estilo de redacción, se debe intentar mejorar la calidad de los resultados modificando los parámetros aplicados durante el entrenamiento.

Para generar los resultados de las Tablas 4, 7 y 8 de las secciones anteriores se han utilizado los parámetros por defecto del script, la cual se denomina Prueba 0 (o P0). Dicha configuración indica que se utiliza una red LSTM con 2 capas de 256 neuronas ocultas (o celdas de memoria). En el entrenamiento de la red se le pide iterar 50 veces por cada frase del conjunto de datos de

entrenamiento (a cada una de estas iteraciones se lo denomina 'epoch' o época) en grupos de 20 frases (tamaño del batch). Además, se considera una tasa de aprendizaje (o 'learning rate') igual a 0,002 y una tasa de abandono (o 'Drop-Out') igual a 0,00. Este último parámetro afecta las conexiones de entrada de la red a cada celda de memoria por generar una exclusión de la activación de la celda y la actualización de los pesos de las conexiones [40]. Esto se realiza en forma pseudo-aleatoria teniendo en cuenta el valor asignado al Drop-Out, si es igual a 0 nunca se excluyen las conexiones de entrada, y con un valor de 1 siempre se excluyen. De esta manera se busca evitar que la RNA se sobre-entrene, es decir, que aprenda demasiado bien los ejemplos de entrenamiento reduciendo su capacidad para generalizar en otros casos.

En la Tabla 9 se presentan las pruebas realizadas al modificar los parámetros de la configuración de la red (Pruebas 1 a 8). Así, en la Prueba 1 (P1) sólo se cambia la cantidad de capas de neuronas por defecto (se agrega una más a la capas de P0), y en P2 además se agregan más celdas de memoria (tiene 3 capas con 700 neuronas ocultas). Al entrenar a la red con la última versión de los datos de entrenamiento (v4) y estos nuevos parámetros se generan las frases de la Tabla 10. Como se puede observar, no hay cambios significativos con respecto a los obtenidos por la configuración por defecto (frases v4-1, v4-2 y v4-3 de la Tabla 8). En todo caso, parecería que las frases de P2 tienen menor sentido gramático y una peor ortografía.

Prueba	Cantidad de Capas de Neuronas	Cantidad de Celdas de Memoria	Tasa de Drop-Out	Cantidad de Épocas
P0	2	256	0,00	50
P1	3			
P2	3	700		
P3	3	256		
P4	3	700	0,30	
P5	3			300
P6	3			1000
P7	3			1500
P8	3	700	0,30	2000

Tabla 9. Configuración de los parámetros para las pruebas realizadas.

Prueba	#	Frase Generada
P1	P1-1	circuito de una tecnica que estrategia es un proceso de informacion de la teoria de la metodologia de sistemas ackoff describe los sistemas
	P1-2	cursograma el relevada es la estructuras controles de la metodologia de sistemas con cliente en un nivel superior a las organizaciones para informal de la metodologia en el circuito de diseño la toma
	P1-3	organizaciones un no subestimar la informal en los privebas las departamentos la teoria de la metodologia de sistemas ackoff describe el control entregaria de mantenimiento es una organizaciones
P2	P2-1	circuito de las comunicacion y su encuentra en la solucion se entrevista es una herramienta el organigrama es una herramienta que se util que se utiliza en la etapa de diseño
	P2-2	cursogramas son una decision utilizamos un triangulo ara graficar una decision utilizamos un hacero de la toma de decisiones es man que se encuentra
	P2-3	organizacion de las sectos de la organizacion de la teoria xo sistemas de informacion de las hablas de la metodologia de sistemas de informacion se encuentra en una seguidades de los private clouds

Tabla 10. Frases generadas en las Pruebas 1 y 2.

Con el intento de revertir esta degradación de la calidad de los resultados se decide probar modificar la taza de Drop-Out para que sea igual a 0,30. Para probar el efecto de este cambio, se vuelven a utilizar las configuraciones de P1 y P2 lo cual se define como las pruebas P3 y P4 de la Tabla 9. Los resultados de estas dos nuevas configuraciones se muestran en las Tablas 11 y 12.

Prueba	#	Frase Generada
P3	P3-1	circuito de la metodologia de sistemas de informacion de organizacion de los sistemas ackoff describe el nivel genetico social de decisiones corporativos se grafenas a consecuencias los niveles mas altos
	P3-2	encuertos no relevados continuaa en la gerencia de reconector una decision utilizamos una herramienta que se utiliza en la etapa de diseño de desarrollo de la metodologia de sistemas
	P3-3	cursogar encuertos no relevados continuaa en la gerencia de reconector una decision utilizamos una herramienta que se utiliza en la etapa de diseño de desarrollo de la metodologia de sistemas

Tabla 11. Frases generadas en la Pruebas 3.

Prueba	#	Frase Generada
P4	P4-1	Circuitos no habientos que se utiliza en la gerencia de informacion es un problema de informacion es una por que se utiliza en la etapa de diseño la siguientes son formas de cajos de las operaciones de mantre
	P4-2	cursogia de sistemas dinamicos son de informacion se pueden decision utilizamos un rombo para graficar una decision utilizamos un rombo para graficar una decision utilizamos un hexagono
	P4-3	la teoria malica el relavamiento de la teoria xl proceso de la ventajas de la teoria de la estructura de la teoria a quien de la organizacion es una herramienta

Tabla 12. Frases generadas en la Prueba 4.

En la Tabla 11 se puede apreciar que las frases de P3 no presentan mejoras con respecto a las de P1 pero, en la Tabla 12, las de P4 se puede se notar una leve mejora con respecto a las pruebas anteriores aun cuando todavía posee varios errores de ortografía y de gramática. Por lo tanto, se resuelve mantener fija la configuración de los parámetros de P4 para generar nuevas pruebas donde solamente se incrementará la cantidad de épocas que se van a emplear en el entrenamiento (es decir, la cantidad de iteraciones que se realizan sobre el conjunto total de frases de entrenamiento). De esta manera, como se muestra también en la Tabla 9, en la prueba P5 se sube la cantidad de épocas de 50 a 300, en P6 a 1000, en P7 a 1500 y en P8 a 2000. El mayor problema de aumentar la cantidad de épocas del entrenamiento es que, en forma proporcional, también aumenta la cantidad de tiempo que lleva dicho proceso. Aproximadamente la ejecución de una época para la versión 4 de los datos demora 15 segundos, por lo que las pruebas P0 a P4 inclusive demoraban un poco menos de 15 minutos cada una. En cambio el entrenamiento de P5 toma 1 hora y cuarto, en P6 sube a 4 horas, P7 emplea un poco más de 6 horas, y en P8 alrededor de 8 horas. Esta situación sería aceptable si la calidad de las frases también creciera en forma proporcional, pero como se ha podido observar en la Tabla 13 esto no sucede. Las frases obtenidas en P8 no resultan mucho mejores que las de P7, ni que estas mejoren con respecto a P6. De hecho, parecería que a partir de esta última prueba la red se ha estabilizado y no logra aprender más.

Por consiguiente, no se considera conveniente continuar invirtiendo mayor tiempo de entrenamiento con nuevas pruebas. Teniendo en cuenta el tiempo del entrenamiento que se debe emplear y la calidad de las frases generadas se considera aceptable la configuración empleada en la prueba P6, cuyos resultados son analizados en la siguiente sección.

Prueba	#	Frase Generada
P5	P5-1	circuitos es la toma de de informacion es una herramienta que se utiliza en la gerencia de recolementos de documentos para con un problema el organigrama es una herramienta que se utiliza en la gerencia
	P5-2	cursograma es un proceso de controles de la metas ada en materia marketing es usualmente utilizada en la gerencia de la teoria de la organizaciones son implementado en sistematico sientra en un lider
	P5-3	organigramas son recisiones principal uentro de la metodologia de sistemas el relevamiento que se utiliza en la gerencia de la metas
P6	P6-1	circuitos de las operaciones y entrevista es una herramienta que se utiliza en la etapa de diseño la teoria de desarrollo de la metodologia de sistemas el diseño
	P6-2	complejo de la organizacion y organizacion administracion de las comunicacion es usualmente utilizada en la gerencia de diseño la asesoria en materia marketing es usualmente utilizada en la gerencia
	P6-3	cursogramas es una herramientas y parten de la metodologia de sistemas ackoff describe el nivel humano al clasificar a los sistemas ackoff describe el nivel humano es una herramienta que se utiliza en la et
P7	P7-1	circuito se debes ser utilizada en la etapa de diseño la toma de decisiones son de la organizacion se utilizan edi la toma de decisiones se llevan los remas de las premas y se estrategia informacion
	P7-2	en el pensador sistemas de informaciones son informacion es el control interno es un problema la entrevista es una herramienta que se utiliza en la etapa de diseño la teoria de desempeño establece
	P7-3	la entrevista es una herramienta que se utiliza en la etapa de mantenima es usualmente utilizada en la etapa de mantenima se puede ser realizan las informacion utilizada en la gerencia de decis
P8	P8-1	circuitos seguidas a conocidos de las compañías para la solucion a un gerente se pueden ser sectores en se entrega de la metodologia de sistemas de informacion de las organizacion la tabajas son los sistemas
	P8-2	cursogramas es que establece en en el control interno o produccion de la metodologia de sistemas el receptor de la metodologia de sistemas
	P8-3	organizado de los que la estructura informal es un problema informal es una herramientas para que los sistemas de informacion de las private clouds son ne solucion que se utiliza en la etapa de diseño

Tabla 13. Frases generadas en las Pruebas 5, 6, 7 y 8.

5. Discusión de los Resultados de las Pruebas

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas de la sección anterior, se ha determinado que la implementación más adecuada para la generación de preguntas del estilo ‘verdadero o falso’ es una Red Neuronal LSTM con 3 capas de 700 celdas de memoria aplicando el algoritmo Char-RNN para TensorFlow [37] con una tasa de Drop-Out de 0,30 y con 1000 épocas de entrenamiento.

Con esta configuración, y utilizando como base las preguntas recolectadas en exámenes de los últimos 10 años (versión 4 de los datos), se han logrado obtener las frases P6-1, P6-2 y P6-3 de la Tabla 13. Pero estas frases no son las ideales. Teniendo en cuenta las mejoras significativas que se han obtenido en la sección 4.2 al incorporar más preguntas de ejemplo, parecería que el problema en la calidad de las frases generadas no se debe tanto a la implementación de la red ni su configuración, sino a la cantidad de datos disponibles. En consecuencia, se debería aplicar por lo menos el doble (o el triple) de ejemplos para conseguir los resultados que se buscaban originalmente.

De todas maneras, aunque las frases obtenidas no son perfectas, se pueden considerar como un buen punto de partida para asistir a los docentes. Para ilustrar esto, en la Tabla 14 se demuestra como las frases de P6 pueden ser reformateadas ajustando manualmente su redacción y ortografía. Así, se obtienen frases que se podrían utilizar sin inconvenientes como preguntas de ‘verdadero o falso’ en un examen. Nótese que mientras para la frase P6-1 se ha debido desechar algunas palabras para generar la pregunta, en el caso de P6-2 y P6-3, el contenido de cada frase ha permitido generar dos preguntas distintas lo cual es muy útil.

#	Frase reformateada como pregunta V/F
P6-1	La Entrevista es una herramienta que se utiliza en la etapa de diseño dentro de la Metodología de Sistemas.
P6-2	Dentro de una Organización, la Administración de las Comunicaciones es usualmente utilizada por la Gerencia.
	La asesoria en materia Marketing es usualmente utilizada por la Gerencia.
P6-3	Los Cursogramas son herramientas aplicadas dentro de la Metodología de Sistemas.
	Ackoff describe el nivel humano al clasificar a los Sistemas.

Tabla 14. Ejemplos de frases de P6 reformateadas como preguntas del estilo ‘verdadero o falso’.

De la misma manera, en la Tabla 15 se muestra cómo se pueden parafrasear las mismas frases para generar preguntas abiertas que los alumnos deben contestar. Aquí también se presenta una relación 1 a muchos, dado que el contenido de las frases P6-1 y P6-2 se puede emplear como base para dos preguntas abiertas cada una, mientras que con la P6-3 se han podido obtener tres.

#	Frase parafraseada como pregunta abierta
P6-1	¿Qué son las Entrevistas?
	¿Qué herramientas son utilizadas en la etapa de diseño dentro de la Metodología de Sistemas?
P6-2	¿Quién se ocupa de administrar las Comunicaciones dentro de una Organización?
	¿Quién utiliza la asesoría en materia de Marketing”?
P6-3	¿Qué son los Cursogramas?
	¿Cómo describe Ackoff a los Sistemas?
	¿Qué considera Ackoff al describir a los Sistemas?

Tabla 15. Ejemplos de frases de P6 parafraseadas como preguntas abiertas.

6. Conclusiones

En este trabajo de investigación se ha estudiado la aplicación de una Red Neuronal de Deep Learning en la generación automática de preguntas a partir de ejemplos recolectados de exámenes de una asignatura de grado. Aunque los resultados obtenidos no han sido los ideales, el trabajo realizado nos ha permitido profundizar en las dificultades del entrenamiento de una red LSTM. Además, los resultados pueden ser utilizados con cierto trabajo manual por parte de los docentes como se ha demostrado en la sección anterior. Por lo tanto, esta “prueba de concepto” se puede considerar exitosa y un buen punto de partida para poder alcanzar el objetivo planteado.

Como futura línea se seguirá trabajando para intentar mejorar las frases generadas. De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, toda mejora en la calidad de las preguntas generadas depende especialmente de la cantidad de ejemplos suministrados a la red. Pero, como no es factible conseguir una cantidad mayor de preguntas, se ha decidido comenzar a preparar textos provenientes de apuntes, libros y otros materiales digitalizados disponibles en la cátedra para complementar el aprendizaje de la RNA. Lo cual es bueno porque nos permite acercarnos más a la meta final de conseguir un ChatBot capaz de poder manejar el contenido del temario de la asignatura.

Financiamiento

El trabajo de investigación presentado en este paper se desarrolla dentro de una Tesis de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información y ha sido financiado parcialmente por el proyecto UTI3799TC de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires.

Referencias

- [1]. Posteguillo, S. (2012). *La noche en que Frankenstein leyó el Quijote*. Editorial Planeta. ISBN: 978-84-08-02596-2.
- [2]. Backhoff Escudero, E., Larrazolo Reyna, N., & Tirado Segura, F. (2013). *Desarrollo y validación de un Generador Automático de Reactivos de respuesta construida para elaborar exámenes computarizados de ingreso a la educación superior*. Revista Tercera Conferencia sobre el Abandono en la Educación Superior (III CLABES), Universidad de México. <http://www.revistas.utp.ac.pa/index.php/clabes/article/view/979> Disponible online en Julio 2018.
- [3]. Cathcart Portuondo, E. M., Bello, J., Pérez, R., Baglán, J. F., Cathcart Roca, F., & Fernández Rodríguez, R. (2006). *Sistema generador de exámenes de Medicina (GEXMEDI)*. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 5(2). <http://www.redalyc.org/html/1804/180419783008/> Disponible online en Julio 2018.
- [4]. Shepard, L. (2006). *La evaluación en el aula*. Educational Measurement, 623-646.
- [5]. Chamizo, J. A., & Hernández, G. (2000). *Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico personalizado*. Educación Química, 11(1), 182-187.
- [6]. Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A., & Pujol, R. M. (2004). *La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras*. Revista Investigación en la Escuela, (53), 71-81.
- [7]. Díaz-Mosquera, E. (2012) *Estilos de aprendizaje*. Revista EíDOS 5, Julio-Diciembre 2012, 5-11. ISSN: 1390-499X. <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i5.88> Disponible online en Julio 2018.
- [8]. Benítez, N. G., Cabrera, Y. F., & Ramos, J. F. C. (2014). *La integración de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones al control de indicadores de promoción en cohortes estudiantiles de la Educación Superior Cubana*. Revista Referencia Pedagógica, 2(1), 30-57.
- [9]. UTN-FRBA (2008). *Programa analítico de la cátedra ‘Sistemas y Organizaciones’ - Plan 2008*. <https://tinyurl.com/y7xx33y5> Disponible online en Julio 2018.
- [10]. UTN (2008). *Diseño curricular de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información - Plan 2008*. Ordenanza UTN-1150. <https://tinyurl.com/yb22zm2q> Disponible online en Julio 2018.
- [11]. Pollo-Cattaneo, Ma. F., Pytel, P., Vegega, C., Ramón, H., Deroche, A., Straccia, L., Bernal Tomadoni, L. & Acosta, M. (2016). *Implementación de Sistemas Inteligentes para la Asistencia a Alumnos y Docentes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información*. Proceedings XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la

- Computación (WICC 2016). Workshop de Innovación en Sistemas de Software - Artículo ID 8238. ISBN 978-950-698-377-2.
- [12]. elComercioOnline.com.ar (2017, Mayo 11). *La UTN advirtió sobre el bajo nivel de los ingresantes de las escuelas públicas a sus carreras de grado*. Sección de Información General. <https://goo.gl/AM27cv> Disponible online en Julio 2018.
- [13]. Acosta, M., Straccia, L., Bernal, L., Vegega, C., Pytel, P. & Pollo-Cattaneo, Ma. F. (2015). *Avances en el Análisis del Seguimiento de Perfiles de Alumnos y de sus Percepciones sobre la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información mediante Explotación de Información*. Memorias de 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CONAIISI 2015). Workshop de Educación en Ingeniería - Artículo ID 49-587. ISBN 978-987-1896-47-9.
- [14]. Franceschin, T. (2016). *Los ChatBots: Una Tecnología que puede revolucionar el Sistema Educativo*. Publicado en Edu4.me. <https://tinyurl.com/yay8mq3d> Disponible en Julio 2018.
- [15]. Cobos, J., Fernández, J. & Martín, F. (2013). *Integración de ChatBot Como Habilidad de un Robot Social con Gestor de Diálogos*. Tesis de Maestría Robótica y Automatización, Universidad Carlos III de Madrid.
- [16]. Esparza, G. S., Barrera Silva, G. y Torres Maza, M. C. (2016). *Resultados del Análisis del procesamiento de lenguaje natural en la generación de agentes inteligentes conversacionales*. Revista Avanzada Científica, 19(1).
- [17]. Rodríguez, J., Merlino, H., & Fernández, E. (2014). *Comportamiento Adaptable de ChatBots Dependiente del Contexto*. Tesis de grado en Ingeniería en Informática, Universidad de Buenos Aires.
- [18]. Ferro, J. V. (2006). *Aplicaciones del Procesamiento de Lenguaje Natural en la Recuperación de Información en Español*. Procesamiento del lenguaje natural, 36, pp. 57–58.
- [19]. Isidro Estradas, C. (2017). *Propuesta de un método basado en Deep Learning para Learning Analytics en MOOCs*. Tesis de Máster Universitario en Investigación en Innovación en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/681085> Disponible online en Julio 2018.
- [20]. Schmidhuber, J. (2015). *Deep learning in neural networks: An overview*. Neural networks, 61, 85-117.
- [21]. Wang, S. C. (2003). *Artificial Neural Network*. In Interdisciplinary Computing in Java Programming (pp. 81-100). Springer US.
- [22]. Wang, L. & Fu, K. (2009). *Artificial Neural Networks*. Wiley Encyclopedia of Computer Science and Engineering. 181–188.
- [23]. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning (Vol. 1)*. Cambridge: MIT press.
- [24]. Bengio, Y., Courville, A., & Vincent, P. (2013). *Representation learning: A review and new perspectives*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 35(8), 1798-1828.
- [25]. Bengio, Y. (2009). *Learning deep architectures for AI*. Foundations and trends in Machine Learning, 2(1), 1-127.
- [26]. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). *Deep learning*. nature, 521(7553), 436.
- [27]. Elman, J. L. (1990). *Finding structure in time*. Cognitive science, 14(2), 179-211.
- [28]. Karpathy, A., Johnson, J., & Fei-Fei, L. (2015). *Visualizing and understanding recurrent networks*. arXiv preprint arXiv:1506.02078.
- [29]. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). *Long short-term memory*. Neural computation, 9(8), 1735-1780.
- [30]. Sundermeyer, M., Schlüter, R., & Ney, H. (2012). *LSTM neural networks for language modeling*. In Thirteenth annual conference of the international speech communication association.
- [31]. Werbos, P. J. (1990). *Backpropagation through time: what it does and how to do it*. Proceedings of the IEEE, 78(10), 1550-1560.
- [32]. Graves, A., Mohamed, A. R., & Hinton, G. (2013). *Speech recognition with deep recurrent neural networks*. In Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2013 IEEE international conference on (pp. 6645-6649).
- [33]. Sak, H., Senior, A., & Beaufays, F. (2014). *Long short-term memory based recurrent neural network architectures for large vocabulary speech recognition*. arXiv preprint arXiv:1402.1128. <https://arxiv.org/abs/1402.1128> Disponible online en Julio 2018.
- [34]. Karpathy, A. (2015). *The Unreasonable Effectiveness of Recurrent Neural Networks* <http://karpathy.github.io/2015/05/21/rnn-effectiveness/> Disponible online en Julio 2018.
- [35]. Bojanowski, P., Joulin, A., & Mikolov, T. (2015). *Alternative structures for character-level RNNs*. arXiv preprint arXiv:1511.06303.
- [36]. Karpathy, A. (2016). *Deep Recurrent Nets character generation demo*. Universidad de Stanford <https://cs.stanford.edu/people/karpathy/recurrentjs/> Disponible online en Julio 2018.
- [37]. GitHub (2016). *TensorFlow Char-RNN source code*. <https://github.com/crazydonkey200/tensorflow-char-rnn> Disponible online en Julio 2018.
- [38]. Google (2016). *TensorFlow web site*. <https://www.tensorflow.org/> Disponible online en Julio 2018.
- [39]. GitHub (2016). *Word Recurrent Neural Networks in Python for TensorFlow*. <https://github.com/hunkim/word-rnn-tensorflow> Disponible online en Julio 2018.
- [40]. Brownlee, J. (2017). *How to Use Dropout with LSTM Networks for Time Series Forecasting*. Machine Learning Mastery. <https://machinelearningmastery.com/use-dropout-lstm-networks-time-series-forecasting/> Disponible online en Julio 2018.

Una herramienta educativa y lúdica para motivar y propiciar el desarrollo de las competencias en los estudiantes universitarios

Sofía Pérez
FI - CRUC IUA
Universidad de la Defensa Nacional
Av. Fuerza Aérea, 6500
sperez@iua.edu.ar

Natalia Mira
FI - CRUC IUA
Universidad de la Defensa Nacional
Av. Fuerza Aérea, 6500
nmira@iua.edu.ar

María Alejandra Boggio
FI - CRUC IUA
Universidad de la Defensa Nacional
Av. Fuerza Aérea, 6500
maboggio@iua.edu.ar

Alicia Salamon
FCEfyN
Universidad Nacional de Córdoba
Av. Fuerza Aérea, 6500
as.salamon@gmail.com

Resumen

En este trabajo se diseñó una propuesta didáctica en la cual se utiliza la herramienta educativa y lúdica para motivar y propiciar la lectura previa a la clase del material bibliográfico y el desarrollo de las competencias cognitivas y actitudinales, aquellas necesarias de un profesional. Esta actividad es también una retroalimentación para la docente en la cual se pueden identificar los conceptos que aún no han quedado claros. Se tomó como referencia a la unidad didáctica de punteros de la asignatura de Informática II en el primer año de la carrera de Ingeniería en Informática.

1. Introducción

Actualmente, en nuestras aulas encontramos que la mayoría de los jóvenes estudiantes corresponden a la Generación Z, “nativos digitales”, término acuñado por Marc Prensky [1].

Los “nativos digitales” se caracterizan por tener una habilidad innata del lenguaje y del entorno digital; siendo que las herramientas tecnológicas ocupan un lugar prioritario en sus vidas, ya que a través de ellas transcurren sus actividades cotidianas como relacionarse, estudiar, comprar, informarse, divertirse, entre otras.

De modo que la clase tradicional ya no es tan atractiva e interesante para los alumnos, en donde el docente es la fuente de todo conocimiento y el estudiante sólo toma un papel pasivo en la clase [2].

Por lo que en este trabajo se desarrolla una propuesta didáctica para promover la motivación e interés en las clases presenciales, teniendo en cuenta también propiciar

el desarrollo de algunas competencias [3] necesarias para el desempeño profesional futuro. En este caso se han tomado las siguientes:

- Leer comprensivamente, analizar e interpretar las consignas y material bibliográfico obligatorio de la asignatura [4].
- Argumentar, justificar, adoptar una postura.
- Producir y comunicar correctamente empleando el vocabulario específico de la disciplina.
- Trabajar colaborativamente en equipo.

En estos contextos se elabora una actividad práctica que promueva la motivación e interés en la propuesta académica, es decir que se busca que el estudiante tenga una participación activa, que adquiera confianza en sí mismo por sus logros alcanzados y también su reconocimiento. Además se busca propiciar la lectura previa y el estudio autónomo del contenido teórico. Para luego continuar con aplicaciones prácticas del tema, en situaciones posibles y reales que puedan presentarse en la vida profesional del ingeniero, de esta manera se construyen andamiajes que optimicen el proceso de enseñanza y aprendizaje [5].

Se tomará como referencia a la unidad didáctica de punteros de la asignatura de Informática II en el primer año de la carrera de Ingeniería en Informática.

2. Marco teórico

2.1. Caracterización de los “Nativos digitales”

El acelerado desarrollo y uso de las nuevas tecnologías, especialmente las tecnologías de

información y comunicación (TIC) han tenido un gran impacto en la sociedad actual, ya que han creado y desarrollado nuevos patrones de comportamiento en las personas en cuanto a la búsqueda y divulgación de la información. Esto ha sido posible ya que la misma se encuentra digitalizada y disponible en línea en todo momento, de esta manera Internet se ha transformado en la principal fuente de consulta para las personas, especialmente las nuevas generaciones, conocidas también como nativos digitales.

Los nativos digitales son aquellos que han nacido y crecido en la primera década del siglo XXI, en la cual se caracterizan en absorben rápidamente la información multimedia de imágenes y videos, igual o mejor que si fuera texto; consumen datos simultáneamente de múltiples fuentes; esperan respuestas instantáneas; permanecen comunicados permanentemente y crean también sus propios contenidos [6].

Estos hábitos de estudio y aprendizaje de estas generaciones obligan a repensar en profundidad las prácticas docentes.

Siendo que una de las características de los nativos digitales es el consumo de información multimedia antes que la textual.

Por lo que se puede resumir algunas características en los jóvenes estudiantes universitarios:

- Atracción por las nuevas tecnologías
- Impacientes y versátiles
- Emprendedores
- Innovadores
- Comprometidos
- Colaboración natural
- Aprendizaje en red

2.2. Hahoot: una herramienta educativa

Partiendo de la premisa del interés de los jóvenes por el uso constante de las nuevas tecnologías, como su celular, se propone el uso de la plataforma Hahoot como actividad de retroalimentación de las lecturas del material y análisis de las imágenes dadas, con el fin de retomar los contenidos previos.

Esta herramienta permite crear un juego de preguntas y respuestas para ser llevadas a cabo en la clase, de manera dinámica, lúdica, simple de usar y gratuita.

Kahoot permite tener acceso a distintos “paquetes” de preguntas con temáticas diferentes adaptadas a diferentes niveles educativos y edades.

La plataforma está formada por dos páginas web: getKahoot!, utilizada por los docentes y Kahoot.it que es la que los estudiantes emplean para entrar en cada juego. Asimismo la plataforma también está disponible con una app para el celular.

En primera instancia el docente diseña el cuestionario, en este caso no hay un límite en cuanto a la cantidad de

preguntas, pero dependerá de lo extenso que pueda ser el contenido a tratar. Sin embargo, se recomienda entre diez y veinte preguntas, ya que son las suficientes para que el juego no sea tan corto o demasiado largo. Para que la actividad sea aún más atractiva, se pueden agregar recursos multimedia como imágenes o videos como parte de la pregunta.

Otra opción que tiene el profesor, en vez de diseñar el cuestionario, es seleccionar un cuestionario ya diseñado por otro colega, ya que la plataforma tiene la opción de compartir.

Una vez diseñado o seleccionado el cuestionario, el docente define si el juego será individual o grupal, permitiendo que cada estudiante se pueda autoevaluar individualmente o fortalecer el trabajo colaborativo en equipo a la hora de interpretar la consigna, seleccionar y argumentar la respuesta correcta.

Para comenzar la actividad, el docente envía un código “PIN” a sus estudiantes o a los grupos de estudiantes que vayan a participar. Una vez comenzado el juego, los alumnos recibirán puntos por contestar rápido y correctamente. Cuando se terminan todas las preguntas, se visualiza un listado con los mejores puntajes.

Además, la herramienta posibilita descargar los resultados y estadísticas en formato de planilla de cálculo, pudiendo tener de esta manera un seguimiento de los procesos de aprendizaje de los estudiantes [7].

3. Fundamentación

En este trabajo se diseña una propuesta didáctica teniendo en cuenta los objetivos de la asignatura de Informática II, principalmente aquellos objetivos referidos al tema de punteros en C/C++:

- Comprender la utilización de punteros.
- Resolver problemas utilizando las estructuras del lenguaje C/C++.

Con esta actividad, se busca propiciar el desarrollo de algunas competencias [3] necesarias para el desempeño profesional futuro, en este caso se promueven desarrollar habilidades como:

- La argumentación en la toma de decisiones utilizando el juicio crítico en función de los conocimientos adquiridos en la asignatura y otras anteriores.
- La adquisición de vocabulario específico de la disciplina para producir y comunicar correctamente.
- El trabajo en grupo a partir de metas comunes.

Para lograr un aprendizaje significativo de los contenidos con un buen manejo del lenguaje específico se conformarán equipos de dos integrantes para jugar en la trivía de preguntas. Cada grupo deberá leer y comprender

la pregunta a responder, evaluar cada una de las opciones, seleccionar una de ellas y justificar su respuesta ante el compañero de grupo. Lo que implica que al ser un equipo deberán intercambiar, negociar y compartir por medio de la palabra, el conocimiento previo y el adquirido para realizar la tarea propuesta por la docente [5].

El hecho de negociar entre sí incita a los estudiantes a indagar acerca de su comprensión sobre la temática a trabajar, de este modo salen del status quo, comunicándose sin miedo a equivocarse [8].

Asimismo, la formación de grupos de trabajos permite llevar adelante el aprendizaje colaborativo brindando a los estudiantes el desarrollo de habilidades cognitivas y actitudinales. En las primeras se destacan la observación, análisis, razonamiento, pensamiento crítico y reflexivo, mientras que las segundas el optimismo, proactividad, resiliencia, responsabilidad personal y grupal, diálogo, debate, etcétera [9].

Al término de cada pregunta, cada grupo realizaba su puesta en común, es decir, explicaba por qué habían seleccionado esa respuesta y la docente asentía o explicaba la consigna y su respuesta.

Por lo que la interacción no sólo se da entre pares sino también con la docente que será el «andamio» para la construcción de nuevos conocimientos y/o reafirmación de los existentes [5].

Del mismo modo, De Corte (1990) ha demostrado que no sólo hace falta la interacción entre pares y docentes para llegar a la «zona de desarrollo próximo» sino que, también, se puede lograr a través de la computadora [10]. Dadas las características de nuestros jóvenes estudiantes, esta propuesta intenta por sobre todo profundizar en la comprensión de los conocimientos adquiridos, la argumentación, el debate y el trabajo en equipo, favorecer la reproducción de las formas de interacción social, desarrollar habilidades y capacidades necesarias para integrar y permanecer en la sociedad [8].

Por otro lado, es importante destacar que la trivía de preguntas posee un enfoque lúdico-recreativo donde los alumnos se sienten cómodos, relajados, contentos mientras aprenden y aplican nuevos contenidos, relacionan con otros y desarrollan habilidades sociales, intelectuales [9]

3.1. Diseño de la actividad lúdica

El cuestionario se diseñó con la herramienta educativa Hahoot, en donde diez preguntas son de contenido conceptual, cinco de carácter de aplicación práctica del teórico, sumando en total quince preguntas.

A continuación se detallan las consignas y sus respectivas respuestas correctas:

1. Complete la frase: “Un puntero contiene...”.
Respuesta correcta: una dirección de memoria.
2. ¿Cómo se declara un puntero?
Respuesta correcta: tipo *nombre;
3. Complete la frase: “Un puntero se inicializa con...”
Respuesta correcta: Todas son correctas. (cero, null, una dirección de memoria)
4. ¿Qué se obtiene con el operador &?
Respuesta correcta: La dirección de memoria de su operando.
5. Complete la frase: “En una función, los punteros se pasan por...”
Respuesta correcta: Por referencia.
6. En una función, ¿Es necesario devolver el puntero que se le pasó por parámetro?
Respuesta correcta: No
7. ¿Cómo se escriben los parámetros en el prototipado de la función?
Respuesta correcta: 1 y 2 son correctas. (int *) y (int *numero)
8. En una función, ¿Cuándo se pasa por parámetro un arreglo, ¿por qué no se usa &?
Respuesta correcta: El nombre del arreglo es la ubicación inicial de la memoria.
9. ¿Para qué sirve el operador unario sizeof?
Respuesta correcta: Determina el tamaño de un arreglo en bytes
10. ¿Cuál/es son operaciones aritméticas válidas con punteros?
Respuesta correcta: Todas las anteriores. (++) / (--) incrementar / decrementar, (+ ó +=) / (- ó -=) sumar/restar un entero a un apuntador y Restar un apuntador de otro apuntador del mismo tipo.
11. `bPtr = b;` ¿Cuál es el equivalente?
Respuesta correcta: `bPtr = &b[0];`
12. `b[3];` ¿Cuál es el equivalente?
Respuesta correcta: `* (bPtr +3)`
13. ¿Cuál es el resultado del programa?
1. `#include <iostream>`
2. `using namespace std;`
3. `int main()`

```
4. { int a=4, *p=0;
5. p=a;
6. cout<<"El valor de *p es "<<*p<<endl;
7. return 0;
8. }
```

Respuesta correcta: No compila.

14. ¿Qué imprime la sentencia 6

```
cout<<*p<<endl;?
1.#include<iostream>
2.using namespace std;
3.int main()
4. { char *p="Esta es una cadena.";
5. cout<<p<<endl;
6. cout<<*p<<endl;
7. cout<<&p<<endl;
8. return 0;
9. }
```

Respuesta correcta: E

15. ¿Cuál es la salida del programa?

```
1. #include<iostream>
2. using namespace std;
3. int main()
4. { int a=4, b=2, *p=0;
5. p=&a;
6. a=b;
7. cout<<"El valor es "<<*p<<endl;
8. return 0;
9. }
```

Respuesta correcta: El valor es 2.

En la figura 1 se visualiza la pantalla del cuestionario con todas las preguntas y en la figura 2 se muestra la pantalla de edición de una pregunta 15 en Hahoot.



Figura 1. Pantalla del cuestionario en Hahoot

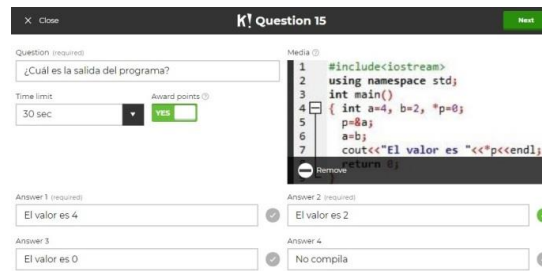


Figura 2. Pantalla de edición de una pregunta 15 en Hahoot

En la configuración de las mismas, se ha dispuesto treinta segundos, para favorecer el diálogo entre los miembros del equipo.

Esta actividad se plantea con dos propósitos fundamentales: para la docente es una actividad de retroalimentación en la cual puede identificar los conceptos no claros, y para el estudiante no solo pone en práctica sus habilidades cognitivas y actitudinales sino también que es un ejercicio de autoevaluación, es por ello que también se confeccionó una rúbrica para los alumnos, con el fin de facilitar la tarea (Tabla 1).

Tabla 1. Rúbrica de autoevaluación para cada grupo

	Pocas veces	A veces	Casi Siempre	Siempre
El grupo participó activamente de la clase.				
Ambos miembros participaron activamente dentro del grupo.				
Analizaron e interpretaron correctamente las preguntas.				
Debatieron cada una de las opciones que se presentaban en las preguntas.				
Ambos integrantes justificaron correctamente su decisión de respuesta.				
Tanto en los debates como en la justificación de las respuestas ambos emplearon el vocabulario específico de la disciplina.				

4. Resultados

Los estudiantes se mostraron muy entusiasmados y predispuestos mientras se les relataba cómo se iba a desarrollar la actividad planificada por la docente, de hecho todos los alumnos participaron de manera voluntaria, y al terminar la experiencia solicitaban otro cuestionario de preguntas, por lo que hubo un alto nivel de satisfacción por parte de los estudiantes.

Un aspecto a valorar de la estrategia de enseñanza propuesta fue el armado de grupos, en donde se observó la dinámica del diálogo entre los miembros del equipo. En las cuales se percibían algunos grupos que los conocimientos estaban más sólidos ya que la respuesta era unánime y rápida, mientras que otros grupos demoraron un poco más en llegar a una conclusión o simplemente la decisión recaía en uno de los integrantes cuando ya se terminaba el tiempo. Durante el desarrollo de esta dinámica, quedaron también al descubierto las personalidades y habilidades comunicativas de los estudiantes, como por ejemplo aquellos alumnos que son más extrovertidos o tímidos a la hora de expresar sus conocimientos u opiniones.

Igualmente, se les pidió a los estudiantes que respondieron un cuestionario de autoevaluación de cómo habían experimentado la actividad, de modo que pudieran tomar conciencia de sus aciertos y dificultades. En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos de la autoevaluación. (Figura 3)

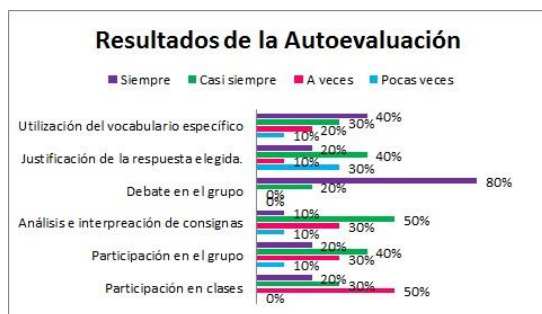


Figura 3: Resultados de la Autoevaluación

En la figura 3 se observa que las competencias con mayores dificultades fue la “argumentación de las respuestas seleccionadas”, esto se evidenció al término de cada pregunta, cuando el juego se pausaba con un gráfico de barras que muestra la cantidad de grupos han elegido cada una de las opciones, y en ese momento la docente les pedía que argumenten sus respuestas. Se pudo observar que en algunos estudiantes se les dificulta la justificación ya que aún no han llegado a una comprensión del tema, por otro lado, otros estudiantes lograban argumentar pero no utilizaban el vocabulario

específico de la disciplina, por lo que podía ser incompleta o ambigua su explicación.

En cuanto a la segunda competencia con mayor dificultad fue la “participación del grupo en la clase”, en la cual hay una mayor exposición frente a sus compañeros y a la docente, esto se reflejó cuando en sus exposiciones fueron con voz tímida y entrecortada.

Por otro lado, los estudiantes detectaron fácilmente cuáles fueron los temas que aún necesitaban revisarlos nuevamente, y esto gracias a que la plataforma Hahoot incluye una pausa tras cada pregunta.

En la tabla 2 se muestra a continuación uno de los cuadros de resumen de resultados que brinda la aplicación, cabe aclarar que se ha reducido el nivel de detalle de los datos a mostrar y se ha traducido al español las etiquetas.

En la tabla se puede observar que los primeros cuatro grupos tenían mucho más sólidos los conocimientos tanto a nivel teórico y práctico, dicho de otro modo demostraron que habían leído el capítulo de punteros del material bibliográfico obligatorio de la asignatura [4] y habían practicado ejercicios ya sean propuestos por el material de lectura y/o de la guía propuesta por la docente.

Mientras que los otros seis grupos, los errores más comunes fueron en preguntas prácticas que en las teóricas. Algunos temas que más se evidenció la dificultad fueron el manejo de arreglos con punteros y el manejo de cadenas con punteros, estos temas estaban presentes en preguntas como la 8, 9, 11, 12 y 14.

Tabla 2. Resultados de las preguntas (P) de cada grupo.

Punteros C/C++		Resumen de Resultados														
Nº	Grupo	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
1	3	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
2	4	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
3	1	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
4	2	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
5	5	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
6	7	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
7	8	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
8	9	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
9	6	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
10	10	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde

En cuanto al diseño de la propuesta se destaca que la actividad fue coherente con los objetivos planteados en un comienzo, las consignas fueron claras para los estudiantes a la hora de jugar, los tiempos asignados a la actividad fueron adecuados, en un espacio de media hora.

5. Conclusión

En el presente trabajo se diseñó una propuesta didáctica con la plataforma educativa - lúdica Hahoot, con el propósito de motivar y proporcionar a los

estudiantes en un papel más activo y dinámico dentro de la clase.

Los alumnos desde el inicio hasta el final de la experiencia se mostraron motivados e interesados, logrando una atención plena a lo que estaba sucediendo en el aula, tal es así que desean tener otro juego de preguntas.

Esta aceptación satisfactoria de la actividad, nos alienta a repensar nuestras prácticas docentes y seguir diseñando otras propuestas didácticas lúdicas, que permitan favorecer la lectura y el estudio autónomo de los contenidos antes de la clase. Los mismos estudiantes expresaron que iban a leer para el próximo juego.

Cabe destacar que los momentos más beneficiosos de la actividad tanto para los estudiantes y el docente, es cuando se pausa el juego con el gráfico de barras que muestra la cantidad de grupos han elegido cada una de las opciones. En ese instante, la docente cuestiona a los estudiantes el porqué de su respuesta, poniendo en evidencia las competencias cognitivas y actitudinales de los alumnos. Finalmente la docente explica por qué la respuesta correcta es la que es, y no las otras. De esta manera se lograron repasar distintos conceptos de forma dinámica, manteniendo la atención de los estudiantes.

Se puede concluir que la herramienta Kahoot tiene un alto potencial para motivar y propiciar la lectura y el estudio de los conceptos, como también poner en práctica las habilidades sociales y comunicativas.

6. Referencias

- [1] M. Prensky, «Digital natives, digital immigrants.,» *On the Horizon*, vol. 9, n° 5, pp. 1-6., 2001.
- [2] G. Cerro Gómez, «Aprender jugando, resolviendo: diseñando experiencias positivas de aprendizaje,» de *XII Jornadas Internacionales de Innovación Universitaria*, Villaviciosa de Odón, España, 2015.
- [3] M. Guilar, «Las ideas de Bruner: "de la revolución cognitiva" a la "revolución cultural".,» *EDUCARE*, vol. 4, pp. 235-241, 2009.
- [4] P. Deitel y H. Deitel, *C++ Cómo programar*, 9 ed., México: Pearson, 2014.
- [5] S. Tobón, «Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica,» *ECOE*, 2004.
- [6] F. García, J. Portillo, J. Romo y M. Benito, «Nativos digitales y modelos de aprendizaje,» de *IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables*, Bilbao, 2007.
- [7] «kahoot,» [En línea]. Available: <https://kahoot.com/what-is-kahoot/>. [Último acceso: 05 08 2018].
- [8] C. Mota de Cabrera y J. Villalobos, «El aspecto socio-cultural del pensamiento y del lenguaje: visión Vygotskyana.,» *Educere*, vol. 11, n° 38, pp. 411-418, 2007.
- [9] V. Alvarez Borrego, V. Herrejón Otero, M. Morelos Flores y M. Rubio González, «Trabajo por proyectos: aprendizaje con sentido.,» *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)*, vol. 52, n° 5, 2010.
- [10] E. De Corte, «Aprender en la escuela con las nuevas tecnologías de la Información: Perspectivas desde la psicología del aprendizaje y de la Instrucción.,» *Comunicación, Lenguaje y Educación*, vol. 6, pp. 93-113, 1990.

Uso de tecnologías semánticas en e-Portfolios en contextos universitarios: un análisis del estado del arte

Camila Saucedo¹, Mariel Ale², Milagros Gutiérrez³ y Lucila Romero⁴

¹⁻⁴GIDIS, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral

²⁻³CIDISI, Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional

{¹camisau, ⁴lucila.rb}@gmail.com, {²male, ³mmgutier}@frsf.utn.edu.ar

Resumen

El e-learning ha tenido un crecimiento exponencial en las últimas décadas, ampliando los límites de tiempo y espacio del aula. Dentro de este contexto el uso de portfolio comenzó a tener un protagonismo importante dado que el mismo permite organizar el trabajo tanto para estudiantes como para docentes, permitiendo el aprendizaje continuo y la posibilidad de personalizar el mismo. En este trabajo se presenta un análisis de la bibliografía sobre la utilización de las tecnologías semánticas en e-portfolios en contextos universitarios como base para planificar actividades a futuro de acuerdo a las tendencias que se pueden observar.

prácticas pedagógicas, teniendo en cuenta que la educación mediada por TICs (e-learning) demanda cada vez más entornos flexibles, personalizados, orientados al alumno y con capacidad de ajustarse a ambientes heterogéneos y dinámicos.

En este contexto, la evaluación cumple un rol fundamental. Las investigaciones han comprobado que la forma de evaluar afecta a la calidad de los aprendizajes, que los participantes aprenden según cómo son evaluados y que los procedimientos de evaluación son más determinantes del aprendizaje que los objetivos del currículo y los métodos de enseñanza [12]. Así pues, se hacen imprescindibles estrategias y herramientas que mejoren los procesos de conceptualización, diseño, planificación y ejecución de las actividades evaluativas, poniendo el foco en el alumno como persona activa consciente de su progreso identificando qué aspectos domina y cuáles tiene que mejorar [2] y utilizándolas no sólo para su calificación sino también para mejorar la calidad del curso en futuros dictados [20].

Como parte de las tecnologías disponibles para llevar a cabo este proceso tan importante se encuentran los portfolios electrónicos (*e-portfolios*). El e-portfolio es una herramienta con una larga trayectoria, que ha sido ampliamente utilizada en centros educativos, empresas y administraciones [2]. De forma genérica se lo puede definir como “una colección digitalizada de artefactos, incluyendo demostraciones, recursos y logros que representan a un individuo, grupo, comunidad, organización o institución” [18]. Cuando su propósito principal implica evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje se lo denomi-

1. Introducción

Año tras año las tecnologías avanzan rápidamente dando lugar a nuevas y mejoradas herramientas digitales que están presentes en cualquier contexto de la vida cotidiana de las personas. Esto ha tenido un gran impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación del ámbito educativo. Se ha pasado de las clases magistrales a las clases colaborativas, de las aulas presenciales a las aulas total o parcialmente virtuales y del proceso de evaluación llevado a cabo al finalizar las actividades, a un proceso continuo y sistemático del que participan alumnos y profesores [11]. Estos constantes cambios en el plano tecnológico y educativo deben ir acompañados de una innovación en los métodos y

na e-portfolio para la evaluación (*e-portfolio assessment*) [6].

En este artículo se presenta el trabajo de recopilación y análisis bibliográfico realizado para determinar el avance existente en cuanto a la utilización de tecnologías semánticas aplicadas en e-portfolios en contextos de educación superior.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se presenta la metodología utilizada para la revisión y análisis bibliográfico. La sección 3 describe el uso de e-portfolios en la enseñanza. La sección 4 incluye las limitaciones en cuanto al uso de las tecnologías tradicionales de la Web 2.0 y las razones para que las tecnologías semánticas emerjan. En la sección 5 se detallan y analizan los avances en cuanto a la utilización de las tecnologías semánticas en e-portfolios. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Metodología de revisión bibliográfica

La búsqueda sistemática de bibliografía en el marco de una investigación y con el objetivo de establecer el estado del arte en un cierto tema es un proceso del cual depende la calidad del trabajo, de modo que se hace necesario llevarlo a cabo de manera ordenada y eficiente. En este trabajo se utiliza la metodología propuesta por Medina-López y colab. en [19], dado que es muy utilizada en el campo de la Ingeniería de Software. La misma se divide en cinco fases o etapas: (1) identificación del campo de estudio y del período a analizar, (2) selección de las fuentes de información, (3) realización de la búsqueda (qué, dónde y cómo), (4) gestión y depuración de los resultados de la búsqueda y (5) análisis de los resultados. La Figura 1 muestra los pasos a seguir en la metodología.

2.1. Identificación del campo de estudio y período a analizar

La primera fase consiste en determinar cuál es el campo de estudio a analizar, lo cual en etapas futuras definirá la búsqueda y se traducirá en palabras clave. En el caso de este trabajo, se realiza un análisis de la bibliografía sobre la utilización de las tecnologías semánticas en la gestión de e-portfolios

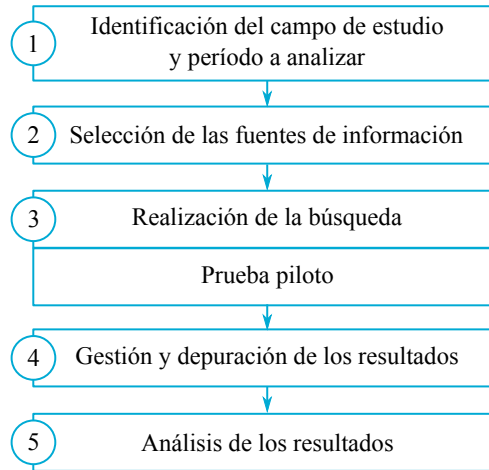


Figura 1: Metodología de búsqueda bibliográfica

en contextos universitarios, considerando materiales desarrollados en el período 2010-2018 de manera de tomar en consideración tecnología innovadora.

2.2. Selección de las fuentes de información

En la segunda fase se determina de qué fuentes se extraerá la información dependiendo de la naturaleza y los objetivos de la investigación. Como en este caso se pretende establecer el estado del arte de una temática, eso conlleva a observar las distintas líneas de investigación y desarrollos que se han planteado o se están llevando a cabo en el área. Es por eso que se optó por consultar revistas y artículos de conferencias y congresos, de fuentes a las cuales tienen acceso las universidades públicas de Argentina:

- IEEEExplore Digital Library ¹
- Science Direct ²
- Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina ³
- Sistema Nacional de Repositorios Digitales del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

¹ <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

² <https://www.sciencedirect.com/>

³ <http://www.biblioteca.mincyt.gob.ar/>

Productiva de Argentina ⁴

- ACM Digital Library ⁵
- Scholar Google ⁶

2.3. Realización de la búsqueda

En la fase tres se determinan los criterios de búsqueda a emplear, los cuales se traducen desde la primera fase en palabras clave y filtros. Claramente, dado el campo de estudio a analizar se consideran palabras clave como *e-portfolio*, *e-learning*, *higher education*, *semantic technologies* o *semantic web*. Además, dado que muchos investigadores hacen uso de las ontologías en sus trabajos sin hacer referencia específicamente a la Web Semántica, debido a que dichas herramientas se utilizan en otros campos como la Inteligencia Artificial, se ha considerado también como palabra clave *ontology*. Junto a las palabras clave, también se aplican los filtros correspondientes al período de tiempo y los tipos de fuente considerados.

Además, aquí se establece si la búsqueda será manual o automática, y dónde se realizará la misma (URL de revistas, bases de datos, etc.), probando y modificando los criterios y filtros aplicados de acuerdo a la exactitud de los resultados obtenidos.

Se ha optado por una búsqueda híbrida, manual y automática, en los motores de búsqueda de las páginas que se han escogido como fuentes. Después de refinar los criterios y los filtros aplicados, en la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos. Primero aparece el nombre de la fuente y luego, tres columnas indican de izquierda a derecha: tipo de búsqueda realizada, palabras clave o sentencias lógicas utilizadas en la búsqueda y finalmente, la cantidad de elementos hallados.

La búsqueda automática, dependiendo de la fuente, pudo haber sido realizada mediante el ingreso de palabras clave separadas por comas o mediante palabras clave dentro de sentencias lógicas. Por ejemplo, para el primer caso de búsqueda en la fuente IEEE Xplore Digital Library⁷ se construyó la sentencia lógica:

((("Author Keywords": semantic* OR "Author Keywords": ontolog*) AND "Author Keywords":

⁴<http://repositorios.mincyt.gob.ar/>

⁵<https://dl.acm.org/>

⁶<https://scholar.google.com.ar/>

⁷<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

portfolio) AND *learning)

La misma indica que dentro de las palabras clave del autor del trabajo deben estar la palabra "semantic*" o bien "ontolog*" (o ambas) y, también dentro de este conjunto, debe estar la palabra "*portfolio*". Además, dentro de los metadatos, que incluyen resumen, términos indexados y citas bibliográficas, debe hallarse "*learning*". En este caso, la sentencia arrojó 5 resultados.

Tabla 1: Resultados de búsqueda bibliográfica

IEEE Xplore		
Búsqueda automática	((("Author Keywords": semantic* OR "Author Keywords": ontolog*) AND "Author Keywords": *portfolio*) AND *learning)	5
ScienceDirect		
Búsqueda automática	portfolio, learning, semantic technologies, ontology	1
Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología		
Búsqueda automática	e-portfolio AND *learning AND semantic web	4
Sistema Nacional de Repositorios Digitales		
Búsqueda automática	e-portfolio AND tecnologías semánticas e-portfolio AND Web semántica	0
ACM		
Búsqueda automática	keywords.author.keyword: (+*portfolio semantic* ontolog*) AND (*learning)	4
Scholar Google		
Búsqueda manual	Referencias bibliográficas y autores	1

En otras fuentes consultadas, la búsqueda no se realiza por campos, de modo que automáticamente las palabras clave pueden hallarse en cualquiera de los metadatos que tenga el trabajo. En todos los casos, los asteriscos que preceden o suceden a las palabras son comodines que pueden traducirse en espacios o letras adicionales, por ejemplo, de "ontolog*" puede derivarse "ontología", "ontologías", "ontology", "ontologies", "ontological", etc.

La búsqueda manual se corresponde con la búsqueda de trabajos posteriores a los encontrados, teniendo en cuenta su temática y sus autores.

2.4. Gestión y depuración de los resultados

La cuarta fase consiste en la gestión y depuración de los resultados. Para ello se elabora un registro, en este caso en una hoja de cálculo, cuyos campos corresponden a la información de los documentos obtenidos (Título, Autores, Fecha, Fuente, Características, Resumen, etc.) y a una etiqueta que clasifica al material como *seleccionado* (el trabajo es de interés), *falso positivo* (el trabajo no es de interés), *falso negativo* (se ha tenido que buscar manualmente porque la búsqueda automática no lo arroja) o *dudoso* (se debe realizar un análisis más detenido).

A medida que se realizan las búsquedas, se van completando los campos y se va realizando el filtrado con la lectura de títulos, palabras clave, resúmenes o contenido total de los documentos, considerando como criterio de inclusión si el trabajo hace referencia o desarrolla el uso de tecnologías semánticas en e-portfolios para la educación superior, estableciendo luego su etiqueta. Esto resulta en una planilla ordenada en la cual pueden visualizarse correctamente los resultados, ayudando a mejorar las estrategias de búsqueda y a llevar a cabo correctamente la etapa siguiente. La Tabla 2 muestra los resultados de la búsqueda realizada en la Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina⁸, con sólo algunas columnas de la ficha completa y su etiqueta resultante.

2.5. Análisis de los resultados

Por último, la quinta fase consiste en analizar con detenimiento los trabajos seleccionados y falsos negativos, con el objetivo de extraer la información necesaria en relación al uso de tecnologías semánticas en los e-portfolios.

En la sección 5 se presenta el análisis realizado sobre los resultados obtenidos luego de aplicar el método presentado. Previo a ello y a continuación se presenta el uso de los e-portfolios en la educación y cómo se desarrolla la evolución hacia la Web

⁸<http://www.biblioteca.mincyt.gob.ar/>

Semántica.

3. El uso de e-portfolios en la enseñanza

El e-portfolio como herramienta didáctica en la educación puede verse como una colección de evidencias/muestras que tiene que recoger y aportar el estudiante durante un período de tiempo y de acuerdo a ciertos objetivos [2]. Estas evidencias constituyen objetos de aprendizaje de diversa índole y formato, que se encuentran en concordancia con las actividades de aprendizaje definidas por el docente, según su metodología de enseñanza y las competencias que se pretende que el alumno adquiera.

El empleo del portfolio permite al docente conocer mejor las características individuales de cada alumno y atender a los distintos ritmos de aprendizaje que pueden coexistir en su grupo [28]. Esto hace que la metodología de enseñanza adoptada a la hora de definir el contenido y las actividades dentro del e-portfolio sea dinámica y sufra ajustes a lo largo del tiempo.

Orientando la utilización de esta herramienta hacia la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje se pueden incluir en ella distintos elementos de evaluación que permitan medir el aprendizaje del alumno en los diferentes niveles, incluyendo pruebas objetivas, ensayos, mapas conceptuales, entre otras [29]. Además, se pueden admitir distintos tipos de evaluaciones relacionadas con el momento en el cual se realizarán: diagnósticas, formativas o sumativas [11], o bien relacionadas con el agente que llevará a cabo la actividad: auto-evaluaciones, hetero-evaluaciones y evaluaciones entre pares [6]. El profesor es quien decide qué métodos adoptar para servir a las necesidades pedagógicas [6]: ¿Qué se evaluará? ¿Qué recursos se utilizarán? ¿Cómo se realizará la retroalimentación? El e-portfolio deberá estar preparado para soportar distintos tipos de artefactos y metodologías de evaluación, para apoyar la generación y gestión de contenido válido y confiable desde una perspectiva pedagógica [23] y para adaptarse a distintos entornos de aprendizaje.

Así, queda en evidencia la diversidad y flexibilidad que porta esta herramienta y por ende, su

Tabla 2: Resultados de búsqueda bibliográfica para una fuente
Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología - MinCyT Argentina
e-portfolio AND *learning AND semantic web

Nombre del material	Autores	Año de publicación	Etiqueta
Ontology-based e-Portfolio modeling for supporting lifelong competency assessment and development	Kalthoum Rezgui Hédia Mhiri Khaled Ghédira	2017	SELECCIONADO
Organizational schemata of e-portfolios for fostering higher-order thinking	Shouhong Wang Hai Wang	2012	SELECCIONADO
When cloud computing meets with Semantic Web: A new design for e-portfolio systems in the social media era	(Paul Kim Chen Kee Ng Gloria Lim)	2010	DUDOSO
An Ontology to Model e-portfolio and Social Relationship in Web 2.0 Informal Learning Environments	Davide Taibi Manuel Gentile Giovanni Fulantelli Mario Allegra	2010	SELECCIONADO

personalización en pos de los usuarios. Según las características descritas, se necesitan tecnologías para su implementación que sepan manejar estas cualidades y resolver los problemas que surjan de ellas, como lo es la interoperabilidad entre los distintos desarrollos o entre los distintos entornos a los cuales se integrará.

4. Hacia la web semántica

La mayoría de las herramientas que soportaron los cambios en la educación mediada por TICs han tenido su auge en el contexto de la Web 2.0, una web colaborativa que se ha caracterizado por la conexión e interacción entre sus usuarios. La Web 2.0 proporciona una interfaz amigable para el usuario, facilita la creación y modificación de contenido de forma colaborativa, establece redes sociales de personas con intereses en común y apoya la inteligencia colectiva [21]. La misma puede verse como una gran red de recursos o páginas web conectados mediante enlaces: los usuarios pueden navegar de un documento hacia otros a través de los marcadores (URIs -Universal Resource Identifiers- como los URLs) que se encuentran en ellos.

La mayor parte del contenido disponible en la Web 2.0 está diseñado para que los humanos lo

lean, no para que las máquinas lo manipulen de manera significativa. Un software puede procesar una página web teniendo en cuenta dónde hay un encabezado de acuerdo a su formato, o dónde hay un enlace a otra página, pero en general no tiene una manera confiable de procesar su semántica [5]. La falta de semántica en los datos trae consigo problemas de interoperabilidad entre usuarios y agentes de software. Una aplicación puede desarrollarse en diferentes ámbitos o plataformas con la misma finalidad, pero si la comunidad de usuarios no establece un vocabulario consensuado sobre el dominio de interés aparecerán problemas en el uso de la herramienta o en la comunicación entre ellos. Lo mismo sucede con los agentes inteligentes: necesitan compartir la misma conceptualización sobre un dominio para poder comunicarse, intercambiar información o resolver problemas de manera conjunta. Por otra parte, también debe haber un acuerdo entre el usuario y el software, sólo así se podrán mejorar los servicios en pos de lo que las personas desean.

Ya en el año 2001 Tim Berners-Lee anticipaba la era Web que estamos transitando actualmente, conocida como la Web Semántica, una extensión de la Web 2.0 en la cual la información tiene un significado bien definido, permitiendo que compu-

tadoras y personas trabajen en cooperación [5]. El objetivo ahora es dotar de inteligencia a los datos para un procesamiento más eficiente y orientar la evolución de las herramientas hacia este principio para solventar los problemas planteados en la Web 2.0 y ofrecer mejores servicios a los usuarios.

Dentro del marco de esta nueva generación web existen diferentes tecnologías, entre ellas, los metadatos explícitos, las ontologías, la lógica y los agentes inteligentes [1]. Las mismas proveen estándares y modelos que son útiles para la creación de una red de datos, con representaciones unificadas que pueden modelar información de diferentes fuentes de manera apropiada [34]. Cada una de ellas puede encontrarse en un punto distinto de la línea semántica planteada en [35], dependiendo de cómo abordan la semántica de los datos y mediante qué lenguajes: implícita o explícitamente, informal o formalmente, con orientación hacia las máquinas o hacia los humanos. Cuanto más explícito, formal y orientado al procesamiento mediante máquinas sea el modelo, mejores características pueden lograrse en los sistemas en los cuales se implementa.

Dentro de las herramientas semánticas disponibles, las ontologías se han estado utilizando ampliamente en distintos campos: Ingeniería del Conocimiento, Inteligencia Artificial y Ciencia Computacional, en aplicaciones relacionadas a la gestión de conocimiento, procesamiento natural del lenguaje, e-commerce, recuperación de información, diseño e integración de bases de datos, bio-informática, educación [14]. En [33], Studer y colegas proveen una detallada explicación que deja a la vista las características planteadas en el párrafo anterior en cuanto al establecimiento de la semántica de los datos:

“Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. Conceptualización se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo producto de haber identificado los conceptos más relevantes del mismo. Explícita significa que el tipo de conceptos utilizados y las restricciones en su uso están explícitamente definidos. Formal se refiere al hecho de que la ontología debe ser comprendida por las máquinas. Compartida refleja la noción de que una ontología captura conocimiento consensuado, aceptado por un grupo de personas”.

Además, existen distintos tipos de ontologías que modelan el problema de manera más o menos pro-

funda. Por un lado, las ontologías *lightweight* comprenden conceptos, taxonomías de conceptos, relaciones entre conceptos y propiedades que describen esos conceptos; por el otro, las ontologías *heavyweight* añaden a las primeras axiomas y restricciones que permiten una mayor formalidad [16].

En el campo educativo, las plataformas de e-learning son las que más han sabido aprovechar las herramientas semánticas para valerse de sus ventajas e introducir mejoras con respecto a sus características provenientes de la Web 2.0. Muchos desarrollos e investigaciones muestran evidencias de ello: en [13] se utiliza el reconocimiento de conceptos y sus relaciones para mostrar información adicional recuperada de la web en recursos que el docente pone a disposición del alumno en la plataforma; en [15] se utilizan ontologías creadas por estudiantes y profesores, y múltiples agentes inteligentes que realizan comparaciones y recomendaciones para la evaluación personalizada de los alumnos; en [25] se crea una ontología con conceptos del e-learning y de los servicios web para utilizarla luego en un sistema que permite crear una plataforma e-learning localizando y utilizando/reutilizando funcionalidades disponibles en la web; en [24] se desarrolla una aplicación que permite al usuario consultar información disponible en cursos virtuales en Entornos de Aprendizaje Virtual (VLEs) mediante el uso de una ontología que describe este campo; en [32] se modela un Sistema de Respuesta a Preguntas (QAS) para un entorno e-learning que ayuda a los estudiantes a encontrar las mejores respuestas a sus preguntas y a los tutores, a responderlas, utilizando una ontología para analizarlas de acuerdo a su tipo o dominio; en [4] se utilizan ontologías para personalizar la retroalimentación o feedback en las evaluaciones en entornos de e-learning y en [14], en entornos de m-learning (mobile learning: e-learning en dispositivos móviles).

No ocurre lo mismo en el caso de los e-portfolios. Muchos de los que hasta hoy en día se utilizan están basados en herramientas de software o plataformas y páginas web que no hacen uso de tecnologías semánticas, y eso puede verse en algunos trabajos recientes de investigación en el área: en [9] se implementa un e-portfolio en la plataforma Mahara adaptado al modelo Lesson Study para facilitar el trabajo colaborativo de los estudiantes de Ciencias de la Educación en sus prácticas pre-profesionales; en [37] se estudian las experiencias de estudiantes

de pregrado en un programa de investigación de verano en el desarrollo de e-portfolios mediante páginas web libres como Wix y WordPress; en [7] se buscó profundizar el aprendizaje y la motivación en un curso introductorio de psicología educativa para maestros utilizando ePortfolios implementados en la plataforma web Digication; en [8] se estudia el uso del e-portfolio implementado en la School of Nursing de Otago Polytechnic en el programa de bachiller de enfermería mediante la plataforma Pathbrite. Además, si bien existen especificaciones como IMS ePortfolio o JISC Leap2A que pueden utilizarse para el desarrollo de nuevos sistemas de e-portfolios, las mismas están basadas en el lenguaje XML, en el cual la semántica de los elementos que lo componen es comprensible para los humanos, pero no para las máquinas [27].

Las aplicaciones de e-learning que han utilizado las herramientas semánticas comparten características favorecedoras: la mejora del contenido, el aumento de la calidad en la búsqueda de información, la personalización de la evaluación y la retroalimentación centradas en el alumno o la resolución de los problemas de interoperabilidad. Es tiempo de migrar el desarrollo de los e-portfolios hacia la era web actual para sacar el mayor provecho posible a la utilización de sus tecnologías como soporte en la educación.

5. Avances en el uso de las tecnologías semánticas aplicadas a la gestión de portfolios para la enseñanza

Siguiendo la metodología de búsqueda bibliográfica planteada en la sección 2, de los 14 trabajos hallados, 10 han resultado de interés en el sentido que se refieren al uso de tecnologías semánticas en e-portfolios para la enseñanza. Como resultado del análisis de cada uno de ellos se han extraído características importantes que se detallan en la Tabla 3. Esta tabla tiene en principio algunos datos del trabajo como nombre, año de publicación y cuál es su propuesta. A continuación, cada columna se corresponde con características a destacar del desarrollo: “¿Qué herramientas semánticas utiliza?” de-

ja a la vista no sólo las tecnologías utilizadas sino también el grado de formalidad que tienen las mismas; “¿Qué lenguajes semánticos utiliza?” permite en principio conocer si en el trabajo se implementó o no la herramienta semántica y también el grado de formalidad de esa implementación; “¿Hace uso de estándares o herramientas ya implementadas?” deja a la vista si los investigadores consideran algún enfoque particular para la interoperabilidad o si utilizan/reutilizan desarrollos conocidos para complementar sus enfoques; “¿Se ha implementado el e-portfolio?” indica si se ha desarrollado y puesto en funcionamiento un e-portfolio enriquecido con la herramienta semántica propuesta; y finalmente, “¿Qué características del e-portfolio se busca mejorar?” describe las bondades del uso de tecnologías semánticas en los e-portfolios que ponen de manifiesto los autores del trabajo.

Del análisis se han logrado extraer propiedades comunes a los distintos trabajos que se mejoran al utilizar tecnologías semánticas en el desarrollo de e-portfolios y que son las deseadas para reflejar en futuras implementaciones:

- Personalización y adaptación del e-portfolio de acuerdo a las características y al desempeño del estudiante a quien pertenece.
- Resolución de problemas de interoperabilidad al definir un vocabulario común que describa la herramienta.
- Inclusión de información de ayuda y apoyo para los docentes a la hora de evaluar a cada uno de sus estudiantes o visualizar el desempeño global del curso.
- Organización de los artefactos que componen el e-portfolio, de acuerdo al estudiante y al docente.
- Visualización con mayor facilidad de las relaciones que existen entre las distintas partes del e-portfolio: temas, materiales de estudio, evaluaciones, trabajos, etc.
- Comunicación, evaluación y retroalimentación entre pares o entre profesores y alumnos.
- Soporte y ayuda para los distintos modelos pedagógicos que puedan ser considerados en la herramienta.

Si bien pueden lograrse mejoras considerables con la adaptación de la herramienta a la Web Semánti-

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

ca, es evidente la escasa cantidad de autores que se han dedicado a explorar este campo y desarrollar modelos o enfoques que soporten esta nueva perspectiva; y más escasa aún, es la cantidad de sistemas de e-portfolios que se han desarrollado con estas tecnologías. Como puede observarse en el campo de la Tabla 3 “¿Se ha implementado el e-portfolio?”, sólo un trabajo ha desarrollado el e-portfolio con el modelo planteado y ha experimentado con el mismo en cursos universitarios.

Todos estos datos pueden ser muy útiles para la comunidad educativa, de investigadores y desarrolladores, en pos de comenzar a trabajar para lograr un mayor número de implementaciones de e-portfolios con estas características y aprovechar las bondades de las herramientas semánticas para dar soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación en contextos educativos universitarios.

Tabla 3: Análisis del material bibliográfico seleccionado

	Nombre	Año	¿Qué herramientas semánticas utiliza?	¿Qué se propone?	¿Qué lenguajes semánticos utiliza?	¿Hace uso de estándares o herramientas ya implementadas?	¿Se ha implementado el e-portfolio?	¿Qué características de se busca mejorar?
1	An Ontology to Model e-portfolio and Social Relationship in Web 2.0 Informal Learning Environments [34]	2010	Ontologías	Enfoque semántico que integra la ontología FOAF con una ontología de e-portfolio basada en el estándar IMS Learning Portfolio.	OWL RDFS	Ontología FOAF Estándar IMS Learning Portfolio	No	- Contemplar el aprendizaje en contextos sociales. - Agrupar estos objetivos e intereses con nuevos amigos a los que se de acuerdo a sus competencias del e-portfolio.
2	When cloud computing meets with Semantic Web: A new design for e-portfolio systems in the social media era [17]	2010	Metadatos, Tripletas RDF	Enfoque de diseño de un e-portfolio basado en el sistema de índice de datos PrPI (Private-Public) que utiliza cloud-computing y almacena los datos con una arquitectura semántica.	RDF	No	No	- Integrar en el e-portfolio distribuidos en diferentes ubicaciones de la Web 2.0 (automática, evitando su uso en cada plataforma problemas de escalabilidad, adoptabilidad e interoperabilidad. - Mejorar la calidad de los datos.
3	Enhancing portfolio assessment: An application of fuzzy ontologies [10]	2011	Ontologías difusas (Fuzzy ontologies)	Marco de trabajo basado en ontologías difusas que representan los e-portfolio de los alumnos y el contenido provisto por el profesor. Estas se crean automáticamente y luego se comparan para generar un reporte y complementar la evaluación mediante e-portfolio.	-	No	No	- Complementar la evaluación mediante e-portfolio con la generación automática de reportes a los profesores.

Tabla 3: Análisis del material bibliográfico seleccionado

	Nombre	Año	¿Qué herramientas semánticas utiliza?	¿Qué se propone?	¿Qué lenguajes semánticos utiliza?	¿Hace uso de estándares o herramientas ya implementadas?	¿Se ha implementado el e-portfolio?	¿Qué características de se busca mejorar?
4	Organizational schemata of e-portfolios for fostering higher-order thinking [36]	2012	Ontologías	Enfoque ontológico integrado a un sistema de e-portfolio que se utiliza para organizar los recursos en el mismo de acuerdo a la perspectiva del estudiante, docente y administrador.	-	No	No	- Mejorar la organización de artefactos almacenados en el e-portfolio (tanto los cargados por los profesores, como por los estudiantes). - Permitir el feedback. - Permitir la gestión de las relaciones e interacciones de aprendizaje y de actividades desarrolladas.
5	ePortfolio System Design Based on Ontological Model of Self-Regulated Learning [22]	2014	Ontologías	Modelo de ontología y sistema de e-Portfolio desarrollado como aplicación Web.	OWL	No	Sí	- Fomentar el desarrollo de competencias de aprendizaje regulado. - Mejorar la gestión de la evaluación de cursos y el desempeño, la visualización de los cursos y la búsqueda de recursos.
6	Portfolio assessment to evaluate outcomes of learning in the e-learning environment [29]	2016	Ontologías, Reglas lógicas	Modelo de ontología para un e-portfolio como parte de una red de ontologías que modelan el dominio de los cursos, las evaluaciones, los recursos y los agentes; y definición de reglas que establecen restricciones y contemplan aspectos pedagógicos.	-	No	No	- Personalización en el aprendizaje del alumno. - Dar soporte a las evaluaciones realizadas en el e-portfolio teniendo en cuenta aspectos pedagógicos.

Tabla 3: Análisis del material bibliográfico seleccionado

	Nombre	Año	¿Qué herramientas semánticas utiliza?	¿Qué se propone?	¿Qué lenguajes semánticos utiliza?	¿Hace uso de estándares o herramientas ya implementadas?	¿Se ha implementado el e-portfolio?	¿Qué características de se busca mejorar?
7	Semantic technologies for using portfolios as a guide for learning in higher education environments [30]	2017	Ontologías, Reglas lógicas	Modelo extendido de la ontología propuesta en [6] para agregar niveles de asimilación y reglas en relación a ello.	-	No	No	- Personalizar de la experiencia de los alumnos mediante la asimilación. - Realizaciones individuales en índices.
8	Ontology-based e-Portfolio modeling for supporting lifelong competency assessment and development [26]	2017	Ontologías	Enfoque basado en ontología para modelar un ePortfolio utilizando los estándares IMS ePortfolio y JISC Leap2A.	RDF	Especificación IMS ePortfolio Especificación JISC Leap2A	No	- Fomentar enfoque de aprendizaje y evaluaciones a lo largo de la vida del estudiante. - Promover el uso de vocabulario común. - Promover el uso de artefactos de e-portfolio. - Promover la interoperabilidad de las evidencias. - Promover las competencias entre diferentes instituciones.
9	Conceptual modeling of learning paths based on portfolios: Strategies for selecting educational resources [31]	2018	Ontologías, Reglas lógicas	Modelo conceptual de ontología para modelar los caminos de aprendizajes, que se integra a la red de ontologías a partir de [7], relacionando este dominio con los e-portfolios para personalizar su organización.	-	No	No	- Personalizar la organización de los materiales disponibles en los portafolios de acuerdo a los niveles de asimilación que el alumno y a distintos itinerarios de aprendizaje. - Lograr un aprendizaje más profundo a lo largo del tiempo de enseñanza de los contenidos.
10	Towards a common and semantic representation of e-portfolios [27]	2018	Ontologías, Reglas lógicas	Ontología desarrollada para representar los e-portfolios, definida en base a estándares y especificaciones de e-portfolio.	OWL	Especificación IMS ePortfolio y JISC Leap2A Est. DublinCore Ontología FOAF Ontología SKOSCore	No	- Proveer una representación común de los artefactos de e-portfolio. - Facilitar la interoperabilidad e intercambio de evidencias. - Promover las competencias entre diferentes instituciones educativas y plataformas.

6. Conclusiones y trabajos futuros

Los e-portfolios son herramientas flexibles que pueden implementarse en diferentes plataformas, en diferentes contextos y que permiten diferentes enfoques o teorías de enseñanza y aprendizaje. No es posible, ni quizás deseable, que se produzca un proceso de estandarización de las soluciones tecnológicas ni de las prácticas educativas [3], ante todo porque las tecnologías cambian día a día y quienes las utilizan se adaptan a ella. Dadas entonces las condiciones necesarias de personalización e interoperabilidad, el e-portfolio es un buen candidato a ser desarrollado con herramientas de la Web Semántica.

En este trabajo se presenta el estado del arte del uso de tecnologías semánticas en e-portfolios en contextos universitarios. De los resultados se extrae la necesidad de trabajar aún más en esta temática dada la escasa cantidad de referencias encontradas, tanto de modelos como de implementaciones. Como trabajo a futuro y para sacar el máximo provecho a los beneficios que pueden aportar las herramientas de la Web 3.0 a la educación, se propone el diseño e implementación de una herramienta de software que facilite la gestión semiautomática de portfolios para la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje. La misma estará basada en el modelo conceptual presentado en [8] que consiste en una red de ontologías en donde se representan los diferentes dominios que colaboran para la correcta gestión de los e-portfolios. Este modelo es apropiado dado que incluye dentro de la definición de la red, reglas pedagógicas necesarias para guiar al docente y al alumno en el proceso de aprendizaje.

7. Agradecimientos

Este trabajo es parte de proyectos de investigación de UUNN: UNL y UTN, quienes financian los proyectos de investigación CAI+D 50220150100017LI y PID 25/O4110.

Referencias

- [1] Antoniou, G. y Van Harmelen, F., *A Semantic Web Primer*, MIT press, 2nd ed, 2004.
- [2] Barberà, E., Bautista, G., Espasa, A. y Guasch, T., "Portfolio electrónico: desarrollo de competencias profesionales en la red", *RUSC Universities and Knowledge Society Journal*, 3, 2, 2006, pp. 55-66.
- [3] Barberà, E., Gewerc-Barujel, A. y Rodríguez-Illera, J. L., "Portafolios electrónicos y educación superior en España: Situación y tendencias", *RED Revista de Educación a Distancia*, 50, oct 2016, art. 7.
- [4] Belcadhi, L. C., "Personalized feedback for self assessment in lifelong learning environments based on semantic web", *Computers in Human Behavior*, 55, A, 2016, pp. 562-570.
- [5] Berners-Lee, T., Hendler, J. y Lassila, O., "The Semantic Web", *Scientific American*, 284, 5, 2001, pp. 34-43.
- [6] Chang, C. C., Tseng, K. H. y Lou, S. J., "A comparative analysis of the consistency and difference among teacher-assessment, student self-assessment and peer-assessment in a Web-based portfolio assessment environment for high school students", *Computers & Education*, 58, 1, 2012, pp. 303-320.
- [7] Chittum, J. R., "The Theory-to-Practice ePortfolio: An Assignment to Facilitate Motivation and Higher Order Thinking", *International Journal of ePortfolio*, 8, 1 2018, pp. 27-42.
- [8] Collins, E., y O'Brien, R., "Highly Structured ePortfolio Platform for Bachelor of Nursing Students: Lessons Learned in Implementation", *International Journal of ePortfolio*, 8, 1, 2018, pp. 43-55.
- [9] Encalada, J., Santiesteban, K., Portela, Y., Cruz, S. y Arboleda, M., "The Development of e-Portfolio for Lesson Study", en *2017 International Conference on Information Systems and Computer Science (INCISCOS)*, Quito, Ecuador, 23-25 Nov 2017, pp. 274-278.
- [10] Ferreira-Satler, M., Vidal-Castro, C., Romero, F. P., Olivas, J. A. y Braga, J. L., "Enhancing portfolio assessment: An application of fuzzy ontologies", en *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, Cordoba, Espaa, 22-24 Nov 2011, pp. 990-995.

- [11] García-Carreño, I., “E-portafolio y B-portafolio: propuesta de evaluación innovadora para la educación virtual”, en *II Congreso Internacional TIC e Educação (ticEDUCA2012)*, Lisboa, Portugal, 2012.
- [12] García-Carreño, I., “Hacia una evaluación integral con e-portafolio por evidencia y bPortafolio”, *Relada*, 6, 2, 2012, pp. 274-281.
- [13] García-González, H., Gayo, J. E. L. y Paule-Ruiz, M., “Enhancing e-Learning Content by Using Semantic Web Technologies”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10, 4, Oct-Dec 2017, pp. 544-550.
- [14] Ghribi, R. y Belcadhi, L. C., “Towards feedback personalization in mobile assessment based on semantic web”, en *5th International Conference on Information & Communication Technology and Accessibility (ICTA)*, Marrakech, 21-23 Dec 2015, pp. 1-6.
- [15] Gladun, A., Rogushina, J., García-Sánchez, F., Martínez-Béjar, R., Fernández-Breis, J. T., “An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments”, *Expert Systems with Applications*, 36, 2, 1, 2009, pp. 1922-1931.
- [16] Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M. y Corcho, O., *Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-Commerce and the Semantic Web*, Springer, 2004.
- [17] Kim, P., Ng, C. K., y Lim, G., “When cloud computing meets with Semantic Web: A new design for e-portfolio systems in the social media era”, *British Journal Of Educational Technology*, 41, 6, 2010, pp. 1018-1028.
- [18] Lorenzo, G. e Ittelson, J., “An overview of E-Portfolios”, *EDUCASE Learning Initiative*, 1, Jul 2005, pp. 1-27.
- [19] Medina-López, C., Marín-García, J. A., Alfalla-Luque, R., “Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía”, *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 1, 2, Nov 2010, pp. 13-30.
- [20] Mödritscher, F., Spiel, S. y Garcia-Barrios, V.M., “Assessment in E-Learning Environments: A Comparison of three Methods”, en *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, Orlando, Florida, USA, Mar 19 2006, pp. 108-113.
- [21] Murugesan, S., “Understanding Web 2.0”, *IT Professional Magazine*, 9, 4, Jul-Aug 2007, pp. 34-41.
- [22] Nguyen, L. T. y Ikeda, M., “ePortfolio System Design Based on Ontological Model of Self-Regulated Learning”, en *2014 IIAI 3rd International Conference on Advanced Applied Informatics*, Kitakyushu, Japan, 2014, pp. 301-306.
- [23] Olfos, R. y Zulantay, H., “Reliability and Validity of Authentic Assessment in a Web Based Course”, *Journal of Educational Technology & Society*, 10, 4, 2007, pp. 156173.
- [24] Pástor, D., Arcos-Medina, G., Oñate, A., Loaliza, M., y Torres, J., “Semantic Query System for Moodle Virtual Courses Based on an Ontology”, en *2018 International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, Ambato, Ecuador, 4-6 Apr 2018, pp. 52-58.
- [25] Rabahallah, K., Azouaou, F. y Laskri, M. T., “Ontology-Based Approach for Semantic Description and the Discovery of e-Learning Web Services”, en *2016 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems (INCoS)*, Ostrawva, 2016, pp. 117-124.
- [26] Rezgui, K., Mhiri, H. y Ghédira, K., “Ontology-based e-Portfolio modeling for supporting lifelong competency assessment and development”, *Procedia Computer Science*, 112, 2017, pp. 397-406.
- [27] Rezgui, K., Mhiri, H. y Ghédira, K., “Towards a common and semantic representation of e-portfolios”, *Data Technologies and Applications*, 2018.
- [28] Rico-Martín, A. M., “El portafolios en las prácticas de enseñanza del Grado en maestro en Educación Primaria”, *REIFOP Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 13, 3, 2010, pp. 37-45.

- [29] Romero, L., Gutierrez, M. y Calusco, M. L., “Portfolio assessment to evaluate outcomes of learning in the e-learning environment”, en *11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Gran Canaria, Islas Canarias, España, Jun 15-18 2016, pp. 1-7.
- [30] Romero, L., Gutierrez, M. y Calusco, M. L., “Semantic technologies for using portfolios as a guide for learning in higher education environments”, en *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Lisbon, Portugal, 21-24 Jun 2017, pp. 1-7.
- [31] Romero, L., Gutierrez, M. y Calusco, M. L., “Conceptual modeling of learning paths based on portfolios: Strategies for selecting educational resources”, en *13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Cáceres, España, 13-16 Jun 2018, pp. 1-6.
- [32] Samadi, A., Hanaa, E. F., Qbadou, M., Youssifi, M. y Akef, F., “A syntactic and semantic multi-agent based question answering system for collaborative e-learning”, en *4th International Conference on Optimization and Applications (ICOA)*, Mohammedia, Morocco, 26-27 Apr 2018, pp. 1-4.
- [33] Studer, R., Benjamins, V.R. y Fensel, D., “Knowledge Engineering: Principles and Methods”, *IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering*, 25, 1, 1998, pp. 161197.
- [34] Taibi, D., Gentile, M., Fulantelli, G. y Allegra M., “An Ontology to Model e-portfolio and Social Relationship in Web 2.0 Informal Learning Environments”, *International Journal of Computers Communications & Control*, 5, 4, 2010, pp. 578-585.
- [35] Uschold, M., “Where Are the Semantics in the Semantic Web?”, *AI Magazine*, 24, 3, 2003, pp. 25-36.
- [36] Wang, S. y Wang, H., “Organizational Schemata of E-Portfolios for Fostering Higher-Order Thinking”, *Information Systems Frontiers*, 14, 2, Apr 2012, pp. 395-407.
- [37] Weber, K. y Myrick, K., “Reflecting on Reflecting: Summer Undergraduate Research Students’ Experiences in Developing Electronic Portfolios, a Meta-High Impact Practice”, *International Journal*, 8, 1, 2018, pp. 13-25.

Propuesta de acciones para la implementación del modelo Aprendizaje Centrado en el Estudiante en la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán

Fernando Araujo⁽¹⁾ – Rosana Hadad Salomón⁽²⁾ - Cristina Rojas⁽³⁾
Ingeniería en Sistemas de Información

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán
Tucumán, 4000*

⁽¹⁾araujorf@gmail.com, ⁽²⁾rosanahadad@gmail.com, ⁽³⁾cristinarojas3@gmail.com

Abstract

Las características del modelo ACE, analizados en relación con la educación en ingeniería, lo han posicionado de manera relevante en los últimos años.

En el contexto actual, el aprendizaje es permanente, y la formación del profesional debe incluir, como condición necesaria, “aprender a aprender”, a toda hora y lugar y de manera continua.

La aplicación de este modelo, implica focalizar la atención en lo que el estudiante hace para aprender, con la guía de un docente quien, desde su conocimiento y experticia, diseña estrategias y acciones necesarias para que el estudiante construya el conocimiento. El rol del docente es decisivo ya que debe generar las actividades que permitan que los estudiantes aprendan y conseguir las evidencias para asegurar que lo logre.

Esta propuesta se fundamenta en el supuesto de que el trabajo con los docentes es fundamental para la adopción de metodologías y técnicas no conservadoras tanto para el desarrollo de contenidos como para la evaluación de los mismos.

El trabajo se centrará en la reflexión sobre el rol del docente en los contextos actuales.

1. Introducción

La inmersión en el uso de tecnologías en los estudiantes demanda la implementación de nuevos enfoques sobre los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Los componentes de dichos procesos son estudiantes, docentes y contenidos, según los esquemas tradicionales que se ponen en evidencia en las carreras de ingeniería que se dictan en la Facultad Regional Tucumán de la Universidad Tecnológica Nacional. La organización de la Unidad Académica responde a la normativa de la U.T.N., las actividades se agrupan en departamentos de enseñanza (Sistemas de Información, Eléctrica, Electrónica, Civil, Mecánica y Ciencias Básicas),

alrededor de 400 docentes para dar atención a aproximadamente 3000 estudiantes. Cada departamento de enseñanza está dirigido por un Consejo Departamental integrado por docentes, estudiantes y graduados, y un director de carrera. En los primeros niveles de las carreras se dictan clases para grupos numerosos (entre 60 y 100 estudiantes) en aulas con asientos individuales, móviles, con proyector, pizarras de vidrio y conexión de internet.

El cambio en el contorno en el que se desarrollan las actividades académicas, entre ellos, los estudiantes, que muestran una dinámica de acceso al conocimiento propia de los nativos digitales, y la inminencia de la implementación de nuevos estándares para la acreditación de las carreras de ingeniería, impulsan fuertemente el uso de tecnologías, de técnicas y de nuevos abordajes para el desarrollo de contenidos.

En la UTN-FRT se encuentra un gran porcentaje (alrededor del 80%) de docentes que no tienen a la docencia como actividad principal. Se destaca este dato para entender que, en general, el desarrollo de contenidos responde a los modelos tradicionales de enseñanza, en los que el docente se concibe a sí mismo como un transmisor de conocimientos, con instancias de evaluación concebidas como verificación formal de aprendizaje.

La resignificación de roles en los procesos de enseñanza y de aprendizaje requieren de espacios de reflexión para cada uno de los protagonistas, y así posibilitar la implementación del Modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE).

La normativa vigente en la U.T.N. facilita la implementación de los cambios requeridos.

Estatuto Universitario (2011): explicita la misión de la U.T.N.

ARTÍCULO 2º.- Es MISIÓN de la Universidad Tecnológica Nacional: crear, preservar y transmitir los productos de los campos científico, tecnológico y cultural para la formación plena del hombre como sujeto destinatario de esa cultura y de la técnica, extendiendo su accionar a la comunidad para contribuir a su desarrollo y transformación.

Y también los objetivos a lograr para posibilitar la misión: académicos, regionales y locales, nacionales e internacionales, científico tecnológicos, sociales, humanísticos y culturales.

Reglamento de Estudios (2016) establece la evaluación continua, entre otras cuestiones.

Diseños Curriculares de las carreras de U.T.N. responden a lineamientos generales que definen niveles y áreas para el agrupamiento de asignaturas. Además, se identifica un tronco integrador, formado por una materia integradora de cada nivel, con funciones de articulación horizontal y vertical. En las ordenanzas de cada diseño curricular se encuentran perfil de egreso, incumbencias, metodología de enseñanza, plan de estudios, régimen de correlatividades

El marco reglamentario y la organización de las carreras facilita la realización de acciones de capacitación para lograr abordajes diferentes en el desarrollo de los contenidos. La Unidad Académica debe aportar continuidad, en una programación anual de encuentros docentes, organizados por carreras, por niveles, por áreas, por tipo de materia, según sea el objetivo del encuentro.

Esta propuesta se fundamenta en el supuesto de que el trabajo con los docentes es fundamental para la adopción de metodologías y técnicas no conservadoras tanto para el desarrollo de contenidos como para la evaluación de los mismos.

El trabajo se centrará en la reflexión sobre el rol del docente en los contextos actuales.

2. Marco Teórico

¿Qué es enseñanza?

La enseñanza se define como una es una actividad práctica social institucionalizada, alineada con metas definidas socialmente, organizada en niveles y modalidades, con funciones, formas de gobierno y de control, con la participación de personas responsables del planeamiento, gestión, funcionamiento y evaluación del sistema (Balsabe y Cols). Se trata de la articulación de ámbitos de decisión política, niveles de definición técnica y contextos de enseñanza.

Enseñar implica participar en el proceso de formación de otras personas, mediada por una intención pedagógica que incluye motivación, voluntad y el proyecto del otro.

El acto de enseñar también se define como la mediación entre los estudiantes y los conocimientos específicos, con el docente como facilitador del acceso al conocimiento, sistemáticamente, para impulsar en el estudiante procesos de aprendizaje y construcción de significados.

Cada docente desarrolla los contenidos, conocimientos, creencias y teoría personales, a partir de sus propias percepciones. Por lo tanto, la enseñanza se traduce en actividades referidas a ámbitos diversos, en

momentos y escenarios diferentes. También es pensar, valorar, anticipar, construir representaciones, relatarlas y comunicar a otro las propias intenciones, las valoraciones y decisiones. El acto de enseñar está compuesto por la fase preactiva (programación de la actividad), la fase interactiva (desarrollo de las acciones previstas con los estudiantes) y la fase postactiva (análisis y evaluación de las fases anteriores)– (Jackson, 1975).

Es fundamental entender que la enseñanza es una acción que atraviesa los contextos:

- Social: genera demandas educativas, en el marco de las definiciones y finalidades educativas establecidas por autoridades político-educativas;
- Institucional: espacio de interpretación, adaptación y realización de la propuesta curricular;
- Aula: espacio de decisión y actuación del docente, de interacción con grupos de alumnos.

¿Qué es Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE)?

El modelo ACE tiene sus antecedentes en Hayward (1905) y Dewey (1956), y anteriormente Rogers, Piaget y Vygotsky, quienes aportaban a la noción de centrar las acciones de los procesos de enseñar y de aprender en el estudiante.

El Greenwood Dictionary of Education define el modelo Aprendizaje Centrado en el Estudiante como sigue:

“La Instrucción Centrada en el Estudiante [ICE] es un enfoque instruccional en el que los estudiantes influyen en el contenido, las actividades, los materiales y el ritmo de aprendizaje. Este modelo de aprendizaje coloca al estudiante (alumno) en el centro del proceso de aprendizaje. El instructor brinda a los estudiantes la oportunidad de aprender de forma independiente y unos de otros y los capacita en las habilidades que necesitan para hacerlo de manera efectiva. El enfoque ICE incluye técnicas como la sustitución de lecciones expositivas por experiencias de aprendizaje activo, la asignación de problemas abiertos y problemas que requieren pensamiento crítico o creativo que no se pueden resolver siguiendo ejemplos de texto, involucrando a los estudiantes en simulaciones y juegos de roles, y utilizando el aprendizaje auto guiado y/o cooperativo (basado en el equipo). La ICE correctamente implementada puede generar una mayor motivación para aprender, una mayor retención de conocimientos, una comprensión más profunda y actitudes más positivas hacia la materia que se enseña.”

Mientras que el Proyecto T4SCL (Time for a New Paradigm in Education: Student-Centred Learning), define ACE mediante un listado de principios:

1. ACE requiere un proceso de reflexión continuo

2. ACE no tiene una única solución para todos los casos
3. Los estudiantes tienen diferentes estilos de aprendizaje
4. Los estudiantes tienen diferentes necesidades e intereses
5. La posibilidad de elección es central para un aprendizaje efectivo en el ACE [4]
6. Los estudiantes tienen diferentes experiencias y conocimientos previos
7. Los estudiantes deben tener control sobre su aprendizaje
8. ACE es acerca de “habilitar” en lugar de “contar”
9. El aprendizaje necesita de la colaboración entre los estudiantes y los docentes

Las características de este modelo ACE, analizados en relación con la educación en ingeniería, lo han posicionado de manera relevante en los últimos años.

En el contexto actual, el aprendizaje es permanente, y la formación del profesional debe incluir, como condición necesaria, “aprender a aprender”, a toda hora y lugar y de manera continua.

La aplicación de este modelo, implica focalizar la atención en lo que el estudiante hace para aprender, con la guía de un docente quien, desde su conocimiento y experticia, diseña estrategias y acciones necesarias para que el estudiante construya el conocimiento. El rol del docente es decisivo ya que debe generar las actividades que permitan que los estudiantes aprendan y conseguir las evidencias para asegurar que lo logre [1].

ACE se caracteriza por proponer un aprendizaje más activo que pasivo, por poner énfasis en el aprendizaje profundo y la comprensión, por un incremento en la responsabilidad del estudiante, por mayor autonomía del estudiante, por la interdependencia y el respeto entre el profesor y el estudiante, y un abordaje reflexivo al proceso de enseñanza y aprendizaje tanto del profesor como del estudiante [1].

Algunos de los instrumentos más apropiados para el desarrollo de contenidos son P-D-C (Pensar – Dialogar – Compartir), debates, aprendizaje entre pares, aprendizaje invertido, entre otros.

Para las instancias de evaluación, un verdadero cambio de paradigma para el modelo conservador, algunos dispositivos son Proyectos, experiencias prácticas y trabajos en grupo, Portfolio, Presentaciones, Informes [2]. Los dispositivos enunciados permiten ponderar la construcción de conocimientos, además de las habilidades, actitudes y valores apropiadas por los estudiantes.

3. Actividades desarrolladas y Resultados Obtenidos

ACTIVIDAD 1	TALLER APRENDIZAJE CENTRADO EN EL ESTUDIANTE, Reflexiones sobre el rol del docente en el modelo de Competencias
Fecha	24/7/2018
Horario	18.00 a 20.30
Participantes	Directores de Departamentos de Enseñanza, Directores de Área y de cátedra, Docentes de materias electivas
Facilitadores	Ing. Fernando Araujo, Ing. Rosana Hadad, Ing. Cristina Rojas

Activ.	Título	Descripción	Duración
1	Modelos de enseñanza y de aprendizaje	Trabajo en grupos heterogéneos	15 min
		Plenario exposición de la producción grupo	15 min
2	Diferencias entre enseñar y aprender	Definición de espacios del docente y del estudiante – Trabajo grupal	10 min
		Plenario exposición de la producción grupo	20 min
3	Responsabilidad del docente universitario	Role playing	20 min
		Observaciones individuales	10 min
4	Relaciones entre normativa vigente, diseños curriculares y Libro Rojo CONFEDI	Análisis de documentación – trabajo grupal por carrera	30 min

El taller de Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE) se ha diseñado entendiendo que es el modelo más apropiado para lograr la plena implementación del Reglamento de Estudios de la U.T.N., que establece la evaluación continua, y en vistas de la acreditación de competencias. Para conseguirlo, se ha considerado que el elemento fundamental para el cambio de las actividades áulicas es el docente.

Se ha diseñado actividades que propusieron la experimentación de actividades áulicas conservadoras en contraste con otras innovadoras, usando dinámicas grupales con el uso de recursos gráficos, roll playing, entre otros. La propuesta incluyó la vivencia de técnicas que posteriormente pueden ser implementadas en el aula. Para la **actividad 2.1** se presentaron imágenes que caricaturizan modelos conservadores de enseñar y de aprender, a partir de los cuales los grupos de docentes

realizaron interpretaciones. En este momento del encuentro se pusieron de manifiesto los propios conceptos, y fue posible inducir a la verbalización de la necesidad de darle protagonismo al estudiante en el proceso de construcción del conocimiento.

Los resultados obtenidos se pueden sintetizar en que los grupos de trabajo lograron diferenciar los modelos de enseñanza conservadores de A.C.E., detallando los factores favorables y las dificultades que se visualizan en el proceso de implementación del nuevo modelo en cada carrera. Se registraron algunas opiniones sobre las dificultades que se presentarían en la práctica áulica, simultáneamente con las de quienes creen que se trata de una alternativa ventajosa en el proceso de formación de profesionales, en su contexto social, productivo y cultural.

Para la **actividad 2.2** se usaron frases disparadoras de autores tales como Paulo Freire, en una dinámica de reflexiones consensuadas grupalmente sobre las diferencias y sobre el intercambio de roles de docentes y de estudiantes en los procesos de enseñar y de aprender, en el contexto de la implementación de A.C.E. en cada una de las cátedras presentes.

Se ha logrado que los docentes conciban la actividad en el aula como un proceso de formación bidireccional, en el que todos los participantes incrementan sus competencias. Se ha reflexionado sobre las competencias del docente, como un desarrollo en permanente construcción.

La **actividad 2.3** se ha desarrollado con la técnica de Role Play, con la participación de un representante por grupo, único conocedor de la consigna para representar a un docente, y el resto del grupo personificando a los estudiantes. Después de cada representación, se enunciaron las características de cada rol, para reflexionar sobre las ventajas, desventajas y mejoras sobre cada uno de los escenarios considerados. Además, se destacó la responsabilidad y la importancia del ejemplo de docente en el espacio áulico. Es importante destacar que se ha logrado identificar las diferencias en la práctica, en cuanto a las técnicas y estrategias para el desarrollo de contenidos y el relevamiento de evidencias, en el contexto de cada cátedra y nivel, alineado con el perfil del profesional de cada carrera.

Para la **actividad 2.4** se usó una presentación en la que se mostraron los contenidos de la normativa vigente (Ley de educación Superior, Estatuto U.T.N., Diseños Curriculares de cada carrera, Libro Rojo de CONFEDI) con el propósito de entender la consistencia presente en la misma, además de visualizar la trazabilidad hasta la actividad en el aula. Cada grupo dispuso de las secciones consideradas en formato impreso, y los documentos completos en formato digital con anticipación.

Cada grupo logró elaborar un breve documento en el que identificó el aporte de un espacio curricular a las

competencias definidas por el Libro Rojo de CONFEDI. Este material será ingreso para talleres programados para el resto del período lectivo 2018.

Cabe destacar que estas actividades serán replicadas para otros grupos de docentes, con el objetivo de lograr que el 70 % de los docentes participen activamente innovando en sus espacios curriculares.

ACTIVIDAD 2	Formación de ingenieros en el siglo XXI – Aseguramiento del perfil de egreso
Fecha	26 y 27/7/2018
Horario	9.00 a 18.00
Participantes	Directores y docentes de Departamentos de Enseñanza
Facilitador	Ing. Daniel Morano
Objetivos	Identificación de las competencias para cubrir las actividades reservadas para cada carrera. Trazabilidad competencias y parámetros de la intensidad en la formación práctica. Trazabilidad competencias y espacios curriculares.
Resultados esperados	Documentos de trazabilidad competencias – intensidad en la formación práctica -espacios curriculares por carrera

Las tareas incluidas en la Actividad 3 consistió en el análisis de documentación (Libro Rojo CONFEDI, Proyecto Tuning, Competencias Genéricas y Competencias Específicas de cada carrera) aplicada a cada una de las cátedras participantes, asociando a la intensidad en la formación práctica establecida como modelo actual de acreditación de carreras.

Cada cátedra elaboró un documento preliminar con la trazabilidad de las competencias genéricas y específicas en el desarrollo de los contenidos curriculares y su correspondiente evaluación. Los participantes han expresado diversas dificultades en el relevamiento de evidencias asociadas a las competencias genéricas, y se expusieron ejemplos de implementación.

4. Dificultades encontradas

Las dificultades encontradas pueden agruparse en:

Escasa adhesión de los docentes: se propone mitigar esta situación focalizando las acciones en los docentes jóvenes de cada carrera.

- Baja asistencia de docentes a los encuentros de capacitación: se propone repetir los encuentros en diferentes días y horarios.
- Bajos niveles de conocimiento sobre alternativas en dispositivos de evaluación: se realizarán talleres de técnicas de evaluación alternativas.

- Bajos niveles de conocimiento sobre técnicas alternativas para las actividades áulicas: se realizarán talleres de técnicas alternativas para las actividades áulicas.

5. Propuestas de acción a desarrollar en los próximos meses

Se propone la realización de encuentros para la última semana de cada mes, organizados de la siguiente manera:

- Septiembre 2018: catálogo de instrumentos y técnicas para enseñar y para evaluar. Sugerencia: usar metáfora del desarrollo de software dirigido por test y otras para cada especialidad. Actividad inicial: reflexión sobre qué es enseñar y qué es evaluar.
- Octubre 2018: diseño del proceso desde la evaluación diagnóstica, articulación de herramientas e instrumentos. Destacar procesos de articulación como soporte de los procesos.
- Noviembre 2018: taller integral de modelos de competencias. Dimensiones de las competencias, considerando modelo CONFEDI y otros. Relaciones entre competencias específicas y titulaciones. Trazabilidad de contenidos a competencias.
- Diciembre 2018: taller de redacción de planificaciones 2019.

6. Reflexiones finales

Las acciones programadas para la implementación de modelos actuales de enseñanza y de aprendizaje requiere de una decisión fuerte y sostenida de la institución, que permita la continuidad y la intensificación de los resultados necesarios e imprescindibles para afrontar la acreditación de las carreras de ingeniería dictadas en la unidad académica, según los nuevos estándares.

El posicionamiento de modelos que incorporen los factores sociales, culturales y humanísticos en los procesos de formación de los graduados debe ser prioritario, en el marco de la responsabilidad social universitaria que proclama el Estatuto de la U.T.N.

Además de lo anteriormente enunciado, y con más peso, se identifica la convicción de que ACE es el modelo que favorece la construcción de competencias en los estudiantes que se forman en carreras de ingeniería. Por lo que se espera las planificaciones para el período lectivo 2019 muestren cambios en las metodologías de enseñanza y de evaluación [3].

7. Bibliografía

[1] Aprendizaje Centrado en el Estudiante Un enfoque imprescindible para la Educación en Ingeniería.

U.Cukierman, FR Buenos Aires – Universidad Tecnológica Nacional - Argentina

[2] Aprendizaje en ingeniería basado en proyectos, algunos casos. M.Steiner, C.Ramírez, J.Hernández, J.Plazas, Universidad de los Andes, Colombia

[3] Avances en el modelo operativo para el diseño de asignaturas orientadas a la formación por competencias en ingeniería. V.Kowalski, I.Erck; H.Enríquez, Universidad Nacional de Misiones

[4] Effective Teaching in Higher Education. G.Brown, M. Atkins

EL T-LEARNING Y LAS APLICACIONES VERDES

Adriana Xiomara Reyes Gamboa
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
axreyes@elpoli.edu.co

Jovani Jiménez Builes
Universidad Nacional de Colombia
jjimen1@unal.edu.co

Dario Enrique Soto Duran
Tecnológico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
axreyes@elpoli.edu.co

Wilfer Arley Salazar Giraldo
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
wilfer_salazar24111@elpoli.edu.co

Resumen

Las aplicaciones verdes están orientadas o tienen como función enseñar, capacitar y concientizar a las personas sobre el manejo que se debe dar a los recursos naturales, así mismo también se habla de aplicaciones verdes a las que son desarrolladas siguiendo buenas prácticas que ayuden a reducir el consumo deliberado de energía y el consumo deliberado de materias primas, el T-learning es definido como la utilización de la tecnología interactiva a través de la televisión, para la enseñanza y aprendizaje de un tema específico, este artículo busca integrar estos dos conceptos y presenta el desarrollo de un contenido educativo sobre el cuidado del medio ambiente que aplica los principios de aplicaciones verdes para su despliegue en el contexto de t-learning

Palabras Claves: T-learning, aplicaciones verdes, scrum, medio ambiente.

Abstract

Green applications are oriented or have the function of training, training and awareness to people about the management that should be given to natural resources, so called green applications to which the son developed good practices to help reduce the deliberate consumption of energy and the deliberate consumption of raw materials, virtual learning is the use of interactive technology through television, for teaching and learning a specific

topic, this article seeks these concepts and presents the development of an educational content on the care of the environment that applies the principles of green applications for deployment in the context of t-learning

Keywords: T-learning, green applications, scrum, environment.

Introducción

Las aplicaciones verdes están definidas como la investigación y el uso de la tecnología de un modo eficiente para ayudar al cuidado del medio ambiente [1]; de igual forma el concepto de T-learning es definido como la utilización de la tecnología interactiva a través de la televisión, para la enseñanza y aprendizaje de un tema específico [2].

Actualmente un tema que preocupa a toda la humanidad es el daño que se ha ocasionado al medio ambiente algunas personas le dan poca importancia a cada acción realizada, y no se detienen a observar el efecto causado por cada una de ellas [3] por esto es importante comenzar a pensar como concientizar a las personas sobre el cuidado del medio ambiente y como aplicar los principios de cuidado del medio ambiente al momento de desarrollar software.

Las aplicaciones verdes buscan concientizar a las personas sobre el manejo que se debe dar a los recursos naturales [1], esto con el fin de optimizar al máximo el consumo

deliberado, disminuyendo así, los problemas ambientales que se ven actualmente y contribuyendo a uno de los grandes retos del siglo XXI como lo es el cuidado del medio ambiente.

A pesar de tener la posibilidad de crear aplicaciones verdes que aborden el mercado tecnológico, no hay ninguna enfocada a educar las personas, que sea de fácil acceso y también sea cuidadosa con el consumo que ella misma genera. Por lo mencionado anteriormente este artículo presenta una aplicación que brinda información sobre el cuidado ambiental de una forma divertida y amigable, buscando capacitar y enseñar a las personas sobre la importancia de cada acción que se realiza y sus consecuencias en contra y a favor del medio ambiente, así mismo este contenido aplica en su desarrollo principios de aplicaciones verdes para mitigar el impacto al medio ambiente.

Este artículo de investigación contiene las secciones de presentación de trabajo de grado, marco referencial y desarrollo de objetivos que describen los procesos y procedimientos realizados, también se presentan los resultados donde se explica lo conseguido con el trabajo de grado, conclusiones donde se expresa el balance final de la investigación y por último las referencias utilizadas para finalizar el trabajo de grado.

2. Materiales y Métodos.

2.1 Tecnologías Verdes

El concepto de Green IT o tecnologías verdes es definido como mejoramiento del medio ambiente por medio de buenas prácticas que ayuden a reducir el consumo deliberado de energía y el consumo deliberado de materias primas [4]. Este concepto surge a través de la relación que existe entre las tecnologías de información (TI) y el medio ambiente.

Según Castro, Green IT se denomina como la relación existente entre las tecnologías de información (TI), el medio ambiente, y sus implicaciones [5], además de que ha sido catalogada por GartnerGroup como una de las 10 tecnologías más estrategias para el 2009.

Según Carlos Jiménez Terejo “The holistic approach to environmentally friendly, sustainable governance and management of the organization (business and IT), its process and projects” [6].

Según Adriana Martínez & Adriana Porcelli “Green Computing es el estudio y la práctica de diseñar, fabricar, utilizar y disponer de las computadoras, servidores y subsistemas asociados de manera eficiente y eficaz con mínimo o ningún impacto sobre el ambiente” [7].

2.2 T-Learning

El concepto de T-learning es definido como la utilización de la tecnología interactiva a través de la televisión, para la enseñanza y aprendizaje de un tema específico.

Según M. Rey-López “El éxito creciente de la Televisión Digital Interactiva (TVDI) permite el acceso a nuevos servicios que tradicionalmente no han sido vinculados a ese medio, como el comercio o el aprendizaje. Para denotar este último se ha adoptado el término t-learning” [8].

Según Adriana Reyes, Dario Soto y Jovani Jiménez “El t-learning hace referencia al aprovechamiento de las ventajas que ofrece la televisión Digital (TVD), para ofrecer contenidos educativos que le permitan a un público objetivo tener apropiación de ese conocimiento” [9]
Según Adriana Reyes, Jovanni Jimenez y Dario Soto “T-learning es un proceso de enseñanza/aprendizaje basado en la Televisión Digital Interactiva (TVDi), la convergencia de tecnologías televisivas, con telecomunicaciones y sistemas y en concordancia con el sector educativo y audiovisual, entre otros” [10]

2.3 Estado del Arte

El término de aplicaciones verdes nació en el año 1992 en el programa estadounidense EnergyStart [11] y aunque fue creado hace 25 años, últimamente ha tomado mucha importancia gracias a los cambios climatológicos que se han evidenciado en los últimos años.

La utilización de las aplicaciones verdes tiene como objetivo disminuir los recursos naturales consumidos por el área tecnológica, que en el año 2010 era el 2% de las emisiones de CO2 mundiales, donde la mayor parte de emisión las tienen los servidores, los computadores y los monitores [6].

Teniendo en cuenta esto, las empresas han adoptado y han implementado nuevas tendencias que buscan disminuir el consumo deliberado de recursos naturales [12] [13], algunas de ellas son la optimización de papel, optimización de tiempos de uso del ordenador, teletrabajo, virtualización de servidores, utilización de compiladores o entornos de desarrollo orientados al ahorro, implementación de nuevas tecnologías que disminuyen el

consumo de recursos, lineamientos verdes, entre otros.

Aunque se han construido documentos y artículos sobre el alto consumo de los recursos naturales y la poca conciencia de las personas sobre el cuidado del medio ambiente [14], estos no llaman la atención del usuario haciendo que el objetivo principal no se cumpla.

Dentro de las investigaciones realizadas por Panda se encuentra el análisis que hace sobre la falta de aplicar principios verdes al momento de desarrollar contenidos, lo cual ocasiona aumento en el consumo de energía y emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, así como el diseño de contenidos poco amigables y que no brindan los elementos apropiados para transmitir el conocimiento. [15].

En el análisis realizado sobre los artículos de t-learning se encontró que este concepto es definido como la utilización de la tecnología para enseñar y capacitar a las personas sobre un tema específico por medio de la televisión [9], transmitiendo información por medio de contenido interactivo logrando que los usuarios cambien su forma de pensar y utilicen estos dispositivos para educarse o educar a alguien.

De igual forma para construir aplicaciones que sean desplegadas en el contexto de t-learning, es necesario establecer criterios de capacidad de procesamiento, contenido interactivo y arquitectura que puedan ser ejecutados por los recursos de un televisor porque actualmente estos no cuentan con una capacidad de procesamiento como el de un computador, generando problemas al momento de visualizar y ejecutar algunas páginas o contenidos que un computador fácilmente lo podría hacer. [8]

Otro aspecto que se debe tener en cuenta en la construcción de aplicaciones para t-learning es que debe ser sencilla y sin flujos complicados, debe ser amigable con el usuario en la presentación de la interfaz, debe ser intuitiva, debe contener mucho contenido audiovisual que ayude a llamar la atención del usuario y debe estar orientada a facilitar la transmisión de la información.

Las aplicaciones para t-learning son muy intuitivas y amigables con el usuario, pero tiene limitaciones en cuanto al procesamiento y transmisión de la información, porque los dispositivos no cuentan con un hardware potente como el de un computador.

De acuerdo a los trabajos analizados, se puede observar que existen proyectos que enseñan o capacitan a las personas sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, pero no lo hacen de forma atractiva, por el contrario, lo hacen con terminología técnica poco intuitiva que dificulta la retención y análisis del contenido, adicionalmente estos proyectos no son construidos siguiendo los principios de aplicaciones verdes.

Este proyecto busca integrar estos dos conceptos, la construcción de un contenido educativo interactivo que enseñe a las personas de la importancia del cuidado del medio ambiente y la implementación de los principios de aplicaciones verdes para la construcción de la plataforma aportando a la solución de la problemática de este siglo, el cuidado del medio ambiente.

3. Principios de Aplicaciones Verdes y T-Learning

Para la construcción del contenido educativo verde es necesario implementar principios de los conceptos de t-learning y aplicaciones verdes, que garanticen que el resultado es acorde con lo planeado; estos principios se definieron mediante la revisión de literatura, en la Tabla 1 se comparan los principios que se van a utilizar para la creación del contenido.

Tabla 1. Principios de aplicaciones verdes y t-learning utilizados en la creación del contenido.

Principios de aplicaciones verdes y t-learning						
	Componentes adaptativos	Contenido audiovisual	Facilidad de uso	Diseño de la interfaz	Navegación simple	Contenido del curso
Disminuir procesamiento	X			X	X	
Disminuir lectura y escritura en disco	X			X		
Empaquetamiento de código	X					
Minificación de código	X					
Manejo de estructura de datos de una forma eficiente			X		X	
Utilización de cloud-computing para despliegue	X	X		X	X	X
Virtualización en despliegue	X	X		X	X	X

Los principios de aplicaciones verdes a aplicar en el desarrollo son:

Disminuir el procesamiento: Un computador consume mucha energía cuando su procesador está a toda marcha, generando muchas veces consumos innecesarios; lo que busca es reducir la complejidad de las instrucciones para que se haga menor uso del procesador [6].

Disminuir la lectura y escritura en disco: Uno de los procesos más lentos y más costosos para un computador es la lectura y escritura en disco, por tener componentes mecánicos. Al disminuir este tipo de escritura y lectura la

de igual forma baja el consumo de energía de la aplicación [11]

Empaquetar el código de la aplicación: Los datos que son transmitidos por la red consumen energía y más cuando la descarga de la información es constante. Empaquetando el código lo que se busca es dividir la aplicación en módulos independientes, los cuales serán cargados y renderizados a demanda, evitando que se cargue todo el código de la aplicación desde el inicio. [16]

Minificación de código: Al transmitir información por la red hay consumo de energía, ancho de banda y procesamiento, y entre más grande sean los archivos más consumo habrá. La minificación del código puede disminuir notablemente el consumo de energía ya que vuelve la aplicación tan compacta que disminuye de forma notable su tamaño. [17]

Manejo de estructuras de datos de una forma eficiente: Una gran parte del consumo de energía de las aplicaciones se dan por la mala construcción de las estructuras de datos, por esto se implementó este principio buscando realizar el manejo de estas estructuras de forma eficiente, disminuyendo así el consumo deliberado de energía.

Utilización de cloudcomputing: Los servidores físicos son una gran fuente de contaminación por los altos niveles de energía y refrigeración que necesitan para su funcionamiento, por este motivo se utilizó esta alternativa que nos garantiza la confidencialidad de la información y sobre todo la optimización de los recursos que se utilizan para que el servidor pueda funcionar. [18]

Utilización de virtualización: Este punto apunta a disminuir la utilización de recursos en el servidor, todo esto gracias a la virtualización de las máquinas, permitiendo tener toda en una máquina física, pero en varias lógicas [19].

Al igual que para las aplicaciones verdes también se definieron los principios de los contenidos educativos para t-learning, los cuales son:

Componentes adaptativos: Una aplicación que sea desplegada en t-learning debe tener componentes que se adapten a la visualización de cada televisor, generando un valor agregado en la forma de renderizar los componentes [20]

Contenido audiovisual: El contenido que es ofrecido en la aplicación, es en su mayoría audiovisual, esto para facilitar la visualización y el manejo para los usuarios que accedan desde un televisor [8].

Facilidad de uso: La aplicación debe ser construida de una forma simple, para que los usuarios que ingresen desde un televisor tengan la facilidad de manipularla desde un control [21].

Diseño de la interfaz: La interfaz diseñada para la aplicación debe ser simple y sin crear componentes complejos, para que sea del agrado de los usuarios [22]

Navegación simple: La navegación en la aplicación debe ser sencilla, generando la posibilidad de disparar un evento desde diferentes fuentes [22].

Contenido del curso: El contenido del curso es orientado a la educación y que enseñe a las personas sobre el cuidado del medio ambiente.

Implementando todos los principios anteriormente mencionados y siguiendo el modelo MADCE-TV [20] se desarrolló un contenido educativo verde audiovisual y de fácil manejo que provee información sobre cómo cuidar el medio ambiente.

4. Diseño del contenido t-learning

El diseño del contenido implementa todos los principios anteriormente mencionados y sigue el modelo MADCE-TV este modelo define tres fases, preproducción, producción y postproducción.

La fase de Preproducción corresponde a la planeación y el diseño del contenido, se parte con la definición del estándar sobre el que se va a desplegar el contenido, el estándar definido fue Hbbtv para ser ejecutado en TV híbrida, permitiendo que pueda ser accedido desde un computador o un televisor por medio de un cliente de internet (browser).

De acuerdo con los principios definidos para aplicaciones verdes y t-learning se seleccionaron las siguientes herramientas para la construcción del contenido educativo:

Aplicación back: se utiliza Java con Rest-easy para exponer los servicios que son consumidos desde la aplicación front, JPA persistence para el manejo de objetos de la base de datos, se utilizó Criteria, SQL y HQL para la realización de consultas y transacciones desde y hacia la base de datos que está en MySQL.

Aplicación front: Se utiliza React para la construcción y reutilización de los componentes de la herramienta y redux para manejar el estado en el virtual DOM, cumpliendo con el principio de disminuir el procesamiento, también se

utiliza immutableJs para crear estructuras inmutables que ayuda a disminuir el tiempo de lectura y de escritura en disco, lodash para cumplir con el principio de manejo eficiente de estructuras de datos, y por último se utilizó webpack para cumplir con los principios de empaquetar y minificar el código para desplegarlo en producción.

Despliegue en producción: Se utilizó un servidor EC2 t2 micro de Amazon para crear contenedores virtuales con Docker, cumpliendo con los principios de utilización de cloudcomputing y virtualización. Se configuraron 3 contenedores, en uno se instaló Apache Tomcat como servidor de aplicaciones, en otro MySQL como servidor de base de datos y en el tercero Nginx como servidor de archivos.

Se define el contenido del curso: La temática del curso se enfoca en el concepto de reciclar, que es presentado en contenido audiovisual cumpliendo con el principio de contenido audiovisual, este contenido corresponde a dos videos sobre el uso adecuado de los residuos y el manejo de ellos. Además, se cuenta con contenido textual cuya temática busca crear conciencia sobre la importancia de reciclar. También se cuenta con un foro de preguntas para la interacción y participación de los miembros del curso y un juego que permite reforzar los conocimientos adquiridos.

Posterior a esto se realiza el diseño del mapa navegacional, siguiendo un flujo simple con pocos niveles para cumplir con los principios de navegación simple y facilidad de uso. Y se define para la realización del contenido verde, las historias de usuario, para este caso se definieron 4 historias de usuario épicas

5. Desarrollo del contenido.

Después de definir las historias de usuario y el diseño del contenido educativo se procede con su desarrollo, que se encuentra en la fase de Producción.

Para el desarrollo se siguió la siguiente estrategia:

Sprint de 15 días corrientes

Previo a cada sprint se estimaron y se aprobaron las historias a desarrollar.

Cada día del sprint se realizó una reunión para revisar ¿Qué hizo ayer?, ¿Qué va a hacer hoy? y ¿Qué impedimentos tiene?

Cada vez que fue necesario realizar un cambio a una funcionalidad ya desarrollada, se actualizó la pila de producto y se priorizó el cambio, para que al final se

estimaré y se agregará a la pila de historias del sprint siguiente.

Para el versionamiento del código de la aplicación se utilizó git (Git, s.f.); las importaciones se realizaron después de terminar cada historia de usuario y al final del sprint para la creación del branch de la última versión estable.

Al finalizar cada sprint se creó un Branch con el código versionado hasta el momento.

El producto final corresponde al curso de reciclaje como se observa en las Fig 1, Fig 2, Fig 3.

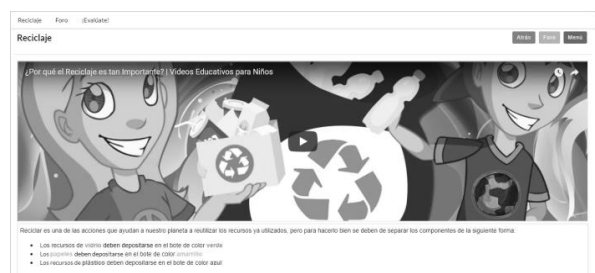


Fig.1. Visualización del contenido educativo.



Fig.2. Juego de emparejar imágenes.

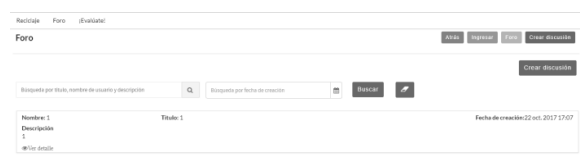


Fig.3. Visualización de discusiones del curso

En la fase de Postproducción se realiza el análisis de las lecciones aprendidas durante el proceso de desarrollo de la aplicación.

6. Conclusiones

Al crear una aplicación se debe ser consciente y crítico de lo que se está codificando, para generar un producto final que cumpla con las expectativas del cliente, pero que además cumpla con las expectativas de ejecución y consumo de los recursos.

La humanidad no es consciente y tiene poco interés del daño que se le causa al planeta con cada mala acción, lo que desencadena consecuencias desastrosas para el planeta. Una forma de contrarrestar o de ayudar a crecer el interés en las personas es crear aplicaciones que ofrezcan contenido educativo de forma divertida e interactiva, que capture la atención de los usuarios y ofrezcan información del estado del planeta y cómo ayudar a mejorarlo.

La implementación del modelo MADCE-TV permite que los desarrollos sean interactivos, dinámicos y entretenidos, ayudando a que las aplicaciones construidas para ser desplegadas en el contexto de t-learning capturen la atención del usuario. Aunque es un modelo creado para aplicaciones de televisión, puede ajustarse para la creación de aplicaciones desplegadas en el contexto de e-learning (internet) o aplicaciones que sean híbridas, que se puedan visualizar desde un computador y/o desde un televisor.

Referencias

[1] Díaz, Francisco Javier, et al. "Por qué incluir Green IT en la currícula de Informática." *Congreso sobre Tecnología en Educación & Educación en Tecnología* (TE&ET, La Rioja, 2014). Vol. 9. 2014.

[2] Reyes, Adriana X., Gustavo A. Moreno, and Claudia A. Rosero. "Una aproximación a la Televisión digital y el T-learning." *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*. 2010.

[3] Buckingham, David. *La infancia materialista. Crecer en la cultura consumista*. Ediciones Morata, 2013.

[4] Khor, Kuan-Siew, et al. "Bridging the gap of green IT/IS and sustainable consumption." *Global Business Review* 16.4 (2015): 571-593.

[5] Castro, Edgar Valdés. "Tecnologías de información que contribuyen con las prácticas de Green IT." *Ingenium* 8.19 (2014): 11-26.

[6] Tejero, Carlos Jiménez. "ITGREEN. consultoría eficiencia recursos IT (CERIT)."

[7] Martínez, Adriana Norma, and Adriana Margarita Porcelli. "Implicancias de las Tecnologías Informáticas en el Ambiente y Nuevas Tendencias en el Desarrollo de la Informática Verde como aporte al Desarrollo Sustentable." *Actualidad Jurídica Ambiental* 50 (2015): 8-36.

[8] Rey-López, Marta, et al. "An extension to the ADL SCORM standard to support adaptivity: The t-learning case-study." *Computer Standards & Interfaces* 31.2 (2009): 309-318.

[9] Gamboa, Adriana Xiomara REYES, Jovani JIMÉNEZ Builes, and Darío Enrique SOTO Duran. "Gestión de conocimiento aplicada al T-Learning." *Revista ESPACIOS/ Vol. 37 (Nº 25) Año 2016*(2016).

[10] Gamboa, Adriana Xiomara Reyes, Jovani Jiménez Builes, and Darío Enrique Soto Durán. "Un modelo ágil para el desarrollo de contenidos para T-learning." *CUADERNO ACTIVA* 8.8 (2016): 41-47.

[11] Gómez Muñoz, H. X., Martínez Pabón, D. H. Guía de gestión y evaluación para la implementación de prácticas de Green-IT enfocadas a reducir los altos consumos de energía y residuos tecnológicos en las áreas de IT en Colombia. (2015).

[12] Molano Hernández, R. Las tecnologías verdes: un reto para el comercio internacional (*Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada*). (2014)

[13] Giner, J. M., Rincón, Y. R. Nuevas tendencias en tecnologías verdes-Green IT para la Gestión en Organizaciones. *II Congreso Iberoamericano SOCOTE-Soprote al Conocimiento con la Tecnología-y VII Congreso SOCOTE Universidad Politécnica de Valencia*. (2010).

[14] Buckingham, D. *La infancia materialista. Crecer en la cultura consumista*. Ediciones Morata. (2013).

[15] Panda. pandasecurity. Obtenido de pandasecurity: <http://www.pandasecurity.com/spain/mediacenter/tecnologia/cinco-aplicaciones-para-el-medio-ambiente/>

[16] Bonet García, Francisco Javier, et al. "Documentación de modelos y flujos de trabajo: el siguiente reto en el manejo de información ecológica." (2013).

[17] Durántez Stolle, Mario Alberto. "Desarrollo de un portal web empleando técnicas de computación verde." (2017).

[18] Poveda, Héctor. "La Nube de Computación Móvil: Una Solución a la Demanda de Procesamiento de Señal en las comunicaciones móviles." *Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014)*. Guayaquil. 2014.

[19] Chaves, Michael Arias. "Percepción general de la virtualización de los recursos informáticos." *InterSedes* 9.17 (2011).

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[20] Reyes, Adriana Xiomara, Dario Enrique Soto, and Jovani Alberto Jimenez. "MADCE-TVD-Model Agile Development Educational Content for Digital Television." *IEEE Latin America Transactions* 13.10 (2015): 3432-3438.

[21] Pindado, Julián. "T-Learning el potencial educativo de la televisión digital interactiva." *Congreso Euro-Iberoamericano de Alfabetización Mediática y Culturas Digitales (2010)*. Universidad de Sevilla, 2010.

[22] Perrinet, Jonathan, et al. "Evaluation of virtual keyboards for interactive digital television applications." *International Journal of Human-Computer Interaction* 27.8 (2011): 703-728.

Estrategia de enseñanza de la programación: MEF como modelo de sistemas embebidos y su implementación utilizando técnica de búsqueda en tablas.

Esp. Ing. Jorge Buabud, Esp. Ing. Rubén Fernando Araujo
Laboratorio de Robótica Educativa
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán.
Rivadavia 1050 (4000) San Miguel de Tucumán - Tucumán
jbuabud@gmail.com, araujorf@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene por finalidad presentar una estrategia de enseñanza de la programación, mediante el uso de Máquinas de Estado Finito, como modelo para la implementación de sistemas embebidos (SE), aplicando la técnica de búsqueda en tablas (Table lookup) [1], en el contexto del proyecto de investigación PID-UTN 4522 “Estrategias para la Enseñanza de la Programación, Mediadas por la Robótica Educativa con un Enfoque de Currículo Invertido”, con aplicación en la asignatura de 2do. Nivel de Ingeniería en Sistemas de Información (ISI), “Sintaxis y Semántica de los Lenguajes”.

El diseño e implementación de SE basados en modelos, forma parte de la metodología de enseñanza con enfoque de Currículo Invertido, ya que se plantea la solución del problema en un alto nivel de abstracción [2].

La utilización de técnicas de Table Lookup nos permite pasar del modelo a la implementación de un programa reducido y de alta modularidad y reusabilidad.

Venimos realizando actividades prácticas dentro de la asignatura, empleando este enfoque y utilizando problemas ingenieriles reales en el contexto de los sistemas de control automáticos y la robótica, lo que conlleva a un alto nivel de motivación entre los estudiantes y resultados positivos en el proceso de aprendizaje.

Palabras reservadas: MEF, estrategias de enseñanza de la programación, sistemas embebidos, robótica educativa, diseño e implementación basados en modelos.

1. Introducción

El PID-UTN 4522 se encuadra en un proceso permanente de innovación tecnológica en el que se encuentra nuestra institución, en particular se desarrolla en el Laboratorio de Robótica Educativa, que brinda apoyo a proyectos de investigación y articula con las cátedras de las distintas ingenierías, dando soporte a

prácticas de asignaturas relacionadas a la temática. Nuestro horizonte está en el uso didáctico de la tecnología de la robótica como herramienta en los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la programación, con métodos centrados en el estudiante y priorizando el trabajo colaborativo, con la intervención de los docentes como guías del proceso con un espíritu integrador de las distintas disciplinas. Para ello adoptamos un enfoque de currículo invertido, que utiliza estrategias outside-in (de afuera hacia adentro), lo que permite abordar problemas de mediana complejidad desde los niveles iniciales de la programación. Para la implementación de los objetos de aprendizaje utilizamos las distintas tecnologías disponibles en el Laboratorio de Robótica Educativa, en particular haremos uso de los kits Lego MindStorms y las plataformas Arduino. También emplearemos materiales de bajo costo entre ellos elementos reciclables de uso cotidiano, no solo con el propósito de abaratar costos, sino que éstos promueven el ingenio, la creatividad y el cuidado del medio ambiente. Dentro de las líneas de trabajo definidas en el proyecto nos concentramos en el desarrollo de objetos de aprendizaje sencillos, enfocados en especial en aplicaciones dentro de las asignaturas de informática o afines, de los dos primeros niveles de las ingenierías que se dictan en nuestra facultad, poniendo énfasis en ISI e Ingeniería Electrónica.

En el presente trabajo nos enfocamos en particular en la asignatura “Sintaxis y Semántica de los Lenguajes” del 2do. nivel de ISI. Dentro de los contenidos de esta materia, abordamos el estudio de las Máquinas de Estado Finito (MEF) [3], como modelo matemático para formalización y resolución de diversos problemas algorítmicos, dentro de los cuales seleccionamos aplicaciones de Sistemas Embebidos, debido a su afinidad con la robótica educativa, que es nuestra estrategia de motivación.

2. Estrategia de Currículo Invertido

Tradicionalmente las asignaturas de programación, en particular los cursos introductorios, desarrollan los contenidos en una forma bottom-up: comienzan con los componentes más básicos de los lenguajes de programación, tales como los tipos de datos básicos, las variables y la asignación; luego continúan con las estructuras de control, introducen la noción de subprogramas y finalmente tratan principios y técnicas de estructuración y programación modular, sin llegar a tratar sistemas medianamente complejos. Durante los últimos tiempos, en la medida que fue imponiendo el paradigma orientado a objetos y aumentado la necesidad de diseñar grandes sistemas, ha prosperado la idea de reordenar estos tópicos. Es así que surge un enfoque top-down donde se comienza con construcciones de muy alto nivel de abstracción (tales como objetos y clases) para inferir las instrucciones de bajo nivel (asignación, estructuras de control). Lo cierto es que ninguna de estas dos metodologías da buenos resultados, a lo que se suma la desmotivación de los estudiantes, que no ven en los problemas abordados las tecnologías actuales que están presentes en el ámbito laboral.

Por otro lado, surgen metodologías de enseñanza y aprendizaje centradas en el estudiante y mediadas por la Robótica Educativa, apoyadas en las teorías de cognición situada (constructivista socio-cultural, aprendizaje colaborativo y basado en la solución de problemas reales), con un enfoque de currículo invertido. Este último se basa en la idea de una introducción de los contenidos similar al enfoque top-down pero siguiendo una estrategia outside-in (de afuera hacia adentro). Estas estrategias deberían redundar en beneficio de los estudiantes, permitiéndoles por un lado una salida laboral en los primeros niveles de la carrera y por otro facilitándoles su inserción en una sociedad donde los procesos productivos y de servicios, están cada vez más invadidos por los automatismos y la robótica.

La estrategia outside-in del enfoque de currículo invertido, fue introducida por el investigador francés Bertrand Meyer en la década de los 80 [2], conjuntamente con la creación del lenguaje Eiffel, que incluye varios de los conceptos relacionados con esta metodología. Se basa en la idea de una introducción de temas que van de los más generales a los particulares (de afuera hacia adentro) y de una apertura progresiva de cajas negras. Siendo fundamental el uso de un amplio framework de código ya probado, así como la inclusión de técnicas avanzadas de programación orientada a objetos y de ingeniería de software. Más que introducir contenidos curriculares en dirección bottom-up o top-down, en la metodología de currículo invertido se enseña a programar de lo general a lo particular. En esta estrategia el estudiante comienza como un consumidor para irse convirtiendo poco a poco en un productor, proceso en el que no se olvida la enseñanza de

estructuras y habilidades de más bajo nivel sino que se les invierte el orden, haciendo énfasis en el desarrollo de habilidades de diseño. El principal atributo que debe poseer un profesional de la informática es la capacidad de abstracción; separar lo esencial de lo superfluo, lo perdurable de lo momentáneo, la especificación de la implementación. De esta manera los estudiantes desarrollan en forma natural la capacidad de llegar a sistemas complejos de manera fácil, usando para ello solamente interfaces bien diseñadas.

3. Características de las MEF

Este modelo tiene como objetivo obtener una secuencia de símbolos de salida de igual longitud y en correspondencia con una secuencia de símbolos de entrada, pero que no depende solo de esta entrada sino del estado en el que se encuentre el modelo [4]. Esta máquina se corresponde con la solución de diversos problemas algorítmicos relacionados en general con los sistemas de control.

Para su mejor comprensión lo representamos esquemáticamente como se aprecia en la Figura 1.

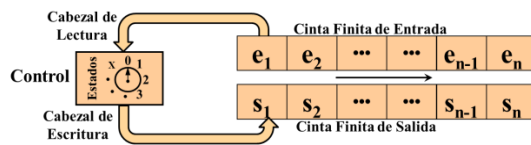


Figura 1: Esquema de una MEF

Al comienzo se escribe en la cinta de entrada la palabra que se desea procesar (e_i), la misma termina con un símbolo de fin de cadena que por simplicidad no consideraremos en forma explícita y un cabezal de lectura que se encuentra sobre la posición del primer símbolo de dicha palabra. En general este modelo puede estar en cualquiera de sus estados cuando comienza a funcionar y realiza las siguientes acciones:

- 1) LEE un símbolo de la cinta de entrada y mueve el cabezal de lectura a la derecha.
- 2) De acuerdo al ESTADO ACTUAL y al símbolo leído, transiciona a un NUEVO ESTADO (que puede ser el mismo).
- 3) ESCRIBE un símbolo en la cinta de salida (s_i) y mueve el cabezal de escritura a la derecha. Para seleccionar el símbolo que escribe, existen dos criterios que derivan en dos modelos para una MEF, que son totalmente equivalentes:
 - MEALY: Elige el símbolo según el estado actual y el símbolo leído.
 - MOORE: Elige el símbolo de acuerdo al estado nuevo al que transiciona.

4) Repite 1),2) y 3) hasta que lee totalmente la palabra y se detiene.

Definición formal de una Máquina Secuencial:

$$MEF = \langle Q, \Sigma_E, \Sigma_S, f, g \rangle$$

Q : Conjunto finito y no vacío de estados.
 Σ_E : Alfabeto de símbolos de entrada.
 Σ_S : Alfabeto de símbolos de salida.
f : Función de control o transición, con $f : Q \times \Sigma_E \Rightarrow Q$
g : Función de salida, para MEALY $g : Q \times \Sigma_E \Rightarrow \Sigma_S$
 para MOORE $g : Q \Rightarrow \Sigma_S$

La representación formal de estos modelos se puede ver en las Figuras 2 y 3, para los criterios de Mealy y Moore respectivamente.

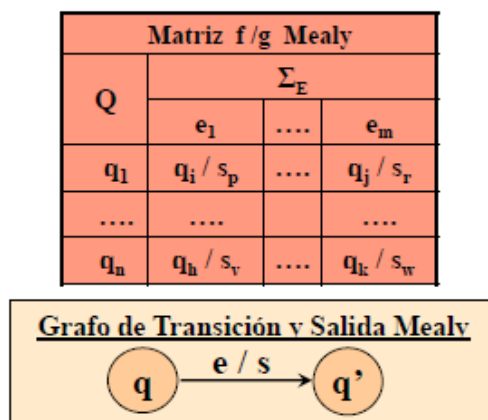


Figura 2: Modelo de Mealy

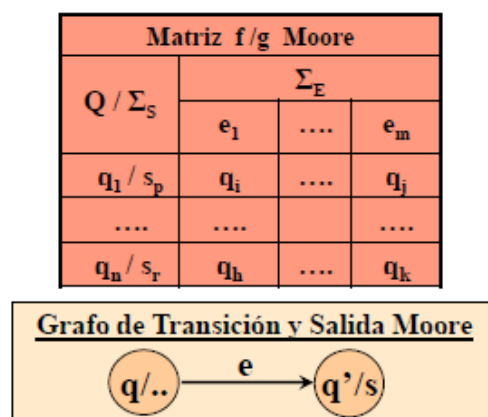


Figura 3: Modelo de Moore

4. Ventajas del diseño e implementación basada en modelos

El enfoque de diseño basado en modelo permite razonar, analizar, reflexionar, formalizar y representar soluciones en niveles de abstracción adecuados.

En particular los modelos MEF, tienen además la ventaja de posibilitar una implementación con la técnica de Table lookup, logrando un programa cuya estructura tiene un alto grado de simplicidad y modularidad, facilitando su reusabilidad [5].

En este caso la búsqueda en tabla se utiliza para obtener el estado y salida nuevos, correspondientes a cada estado y entrada actuales.

Partiendo de un estado inicial, se procede a obtener el símbolo de entrada, que dependiendo de cada problema se corresponderá con una combinación de lecturas de sensores; con el estado y la entrada actuales se procede a obtener, mediante la técnica de Table lookup, el estado nuevo y el símbolo de salida, que dependiendo del problema se asociará con una combinación de acciones sobre un conjunto de actuadores concretos.

La estructura genérica del algoritmo resultante se puede ver en las Figura 4 y 5, según sea Mealy o Moore.

```

< Definir Tabla de Transición >
< Definir Tabla de Salida >
< Asignar estado inicial >
Loop
  < Leer símbolo de entrada >
  < Obtener símbolo de salida desde Tabla de Salida >
  < Obtener nuevo estado desde Tabla de Transición >
EndLoop
  
```

Figura 4: Estructura algorítmica MEF MEALY

```

< Definir Tabla de Transición >
< Definir Tabla de Salida >
< Asignar estado inicial >
Loop
  < Leer símbolo de entrada >
  < Obtener nuevo estado desde Tabla de Transición >
  < Obtener símbolo de salida desde Tabla de Salida >
EndLoop
  
```

Figura 5: Estructura algorítmica MEF MOORE

Obsérvese que la única diferencia en la implementación de las MEF de Mealy y Moore, es el orden en el que se obtienen la salida y el nuevo estado, ya que en el primer caso la salida depende del estado actual y el símbolo leído; mientras que en el segundo los símbolos de salida dependen solo del nuevo estado.

5. Implementación con plataforma Arduino

• Introducción a la placa Arduino

Arduino [6] es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales. En las entradas analógicas y digitales podemos conectar detectores y sensores. También podemos configurar las salidas para accionar luces, motores u otro tipo de actuadores.

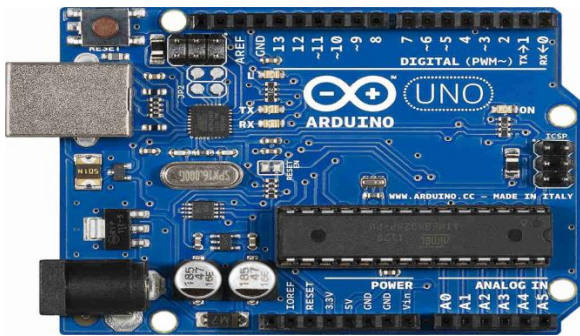


Figura 6: Placa ARDUINO UNO

La placa Arduino se programa con un lenguaje propio, basado en Wiring, con sintaxis similar al lenguaje C. El entorno de desarrollo (IDE) está hecho en Processing que es un lenguaje basado en Java.

Al ser open-hardware tanto su diseño como su distribución es libre. Es decir, puede utilizarse libremente para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin tener que adquirir ningún tipo de licencia.

Existen varias versiones de Arduino. En este proyecto utilizaremos la Arduino UNO (Figura 6).

Esta placa tiene como micro-controlador el ATmega328P. Dispone de 14 pines de I/O digital, de los cuales podemos usar 6 para PWM (Modulación por Ancho de Pulso), 6 pines de entradas analógicas, con un clock de cuarzo líquido de 16 MHz. Tiene una conexión a USB para programación desde una PC, entrada de alimentación tipo Jack (7 a 12V) y conector ICSP (In Circuit Serial Programmer: método para programar microcontroladores sin tener que desmontarlos del circuito impreso, sirve para poder programar el bootloader de Arduino, que es el programa básico que escucha al puerto serie y así poder descargar programas desde el IDE). Otras características de esta placa son: 40mA máximo de corriente por cada PIN I/O, Memoria Flash de 32Kb para programas, Memoria SRAM de 2Kb para datos volátiles, Memoria EEPROM de 1Kb para datos permanentes.

Para su funcionamiento solamente es necesario un cable USB para conectarla a una PC o alimentarla con una fuente externa mediante la entrada tipo Jack.

• Programación de la Placa Arduino

En primer lugar, debemos descargar el entorno de programación de la placa Arduino. Éste se puede encontrar en la siguiente web:

<http://arduino.cc/en/Main/Software>

A continuación, deberemos descomprimir el fichero zip descargado. Este fichero contiene diversos directorios entre los que destacan:

- o Directorio drivers: Este directorio contiene los drivers para la placa Arduino. La primera vez que conectemos la placa al PC mediante el cable USB, el sistema operativo nos pedirá instalar los drivers de la misma. En este momento, deberemos indicar al sistema operativo que los busque en este directorio.

- o Directorio examples: Este directorio contiene un gran número de ejemplos de proyectos de programación de la placa Arduino. Estos mismos proyectos serán accesibles directamente dentro del entorno de programación a través de un menú.

- o Directorio libraries: Este directorio contiene librerías adicionales al entorno de Arduino que se pueden añadir a los proyectos de programación para utilizar determinados dispositivos conectados a la placa. Por ejemplo, existe una librería (Servo) para controlar servomotores, una librería (Wire) para comunicarse con dispositivos I2C y otra librería (LiquidCrystal) para escribir en pantallas LED.

- o Directorio reference: Este directorio contiene en formato HTML la referencia básica del lenguaje de programación utilizado para programar la placa Arduino. Además, contiene también una referencia de las librerías incluidas en el directorio libraries.

Para utilizar el entorno de programación de Arduino, tendremos que ejecutar el fichero arduino.exe, contenido en el fichero zip anterior.

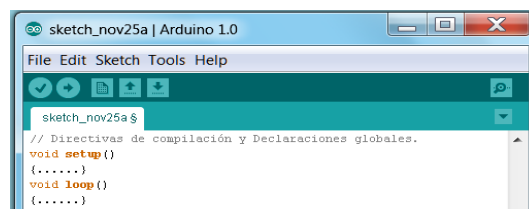


Figura 8: IDE de ARDUINO

Cuando deseemos desarrollar un programa para la placa Arduino con este entorno, deberemos seguir los siguientes pasos:

1. Configuración de la placa: En el menú Tools deberemos indicar el modelo de Arduino utilizado (opción Board) y el puerto COM del PC donde está conectada la placa (opción Serial Port). Si no estamos seguros del puerto utilizado, deberemos buscarlo en el Administrador de Dispositivos del sistema operativo.

2. Edición del código fuente del programa: Utilizaremos el panel central del entorno para teclear el código fuente de nuestro programa. Podremos utilizar los

botones centrales de la barra de herramientas para crear un nuevo fichero, abrir uno existente o guardar el actual.

3. Verificación y compilación del programa: Después de escribir el código fuente de nuestro programa, podremos verificar su sintaxis y compilarlo pulsando el botón “Verify” de la barra de herramientas (situado a la izquierda de la misma, icono “tilde”). El resultado del proceso de compilación aparecerá en el panel de errores inferior. En caso de que haya algún error en el código, nos lo indicará la línea del código donde se encuentra para que lo podamos corregir.

4. Cargar el programa en la placa Arduino: Después de compilar un programa correcto, tendremos que cargarlo en el microcontrolador de la placa Arduino para poder ejecutarlo. Para ello, pulsaremos el botón “Upload” (segundo botón de la izquierda de la barra de herramientas, icono “flecha hacia derecha”). Si la placa Arduino está correctamente conectada a nuestra PC, observaremos cómo se iluminan los indicadores TX y RX de la placa mientras el programa se está transfiriendo del PC a la placa. Cuando termine este proceso, se apagarán estos indicadores y comenzará la ejecución de nuestro programa en el microcontrolador de la placa.

El lenguaje de programación de la placa Arduino utiliza una sintaxis muy parecida al lenguaje C aunque tiene una serie de particularidades propias de la programación de microcontroladores. En concreto, todo programa en Arduino deberá contener al menos dos funciones: `setup()` y `loop()`.

□ La función `setup()` será ejecutada por el microcontrolador de la placa Arduino sólo una única vez, justo después de la transferencia del programa del PC a la placa. Por ello, esta función se utiliza generalmente para establecer modo de funcionamiento de los pines del Arduino (definirlos como entradas o salidas digitales mediante la función `pinMode`) y para abrir las comunicaciones de la placa (por ejemplo, el puerto serie o la comunicación I2C).

□ La función `loop()` será ejecutada justo después de terminar la ejecución de la función `setup()`. Esta función implementará la lógica de nuestro programa. La función `loop()` se suele organizar realizando primero una lectura de los sensores conectados a las entradas de la placa (utilizando las funciones `digitalRead()` y `analogRead()`) y en la activación posterior de los actuadores correspondientes asociados a las salidas de la placa (utilizando las funciones `digitalWrite()` y `analogWrite()`) según la lógica del sistema desarrollado. Debemos tener en cuenta que la ejecución de esta función será repetida indefinidamente por el microcontrolador, como si se encontrara dentro de un bucle infinito.

Previo a estas dos funciones, se colocarán las “directivas de compilación” y “declaraciones globales” que sean necesarias.

Para comprender mejor todos estos elementos, es recomendable abrir y probar los distintos ejemplos de código presentes en el entorno Arduino (menú File/Examples). Para conocer la sintaxis del lenguaje y de sus principales funciones, se deberá consultar la documentación de referencia (directorio reference).

6. Objeto de aprendizaje

Como caso de aplicación hemos tomado la automatización de un portón de acceso a un garaje.

El objeto de aprendizaje lo titulamos: “Automatización de un Portón de Garaje utilizando como Modelo una MEF e implementando el sistema de control con Arduino” [7][8].

Con los siguientes objetivos:

- Diseñar una MEF que represente el sistema de control para el problema.
- Conocer la placa Arduino y su plataforma de desarrollo.
- Diseñar un programa sobre el IDE Arduino que permita implementar la MEF.
- Conocer los circuitos electrónicos necesarios para la interface entre la placa Arduino y los componentes del sistema de control (botones, sensores, motor).

El planteo del problema de automatización del portón de garaje, fue el siguiente: “Se pretende diseñar un sistema de control que permita controlar un portón de garaje automáticamente. El portón se abrirá cuando se pulse un botón verde y se cerrará cuando se pulse un botón rojo. La puerta dispondrá de dos sensores final de carrera, uno para detectar la apertura total y otro para detectar el cierre total. Tanto los botones como los sensores devolverán valores lógicos (High=Verdadero o Low=Falso) de acuerdo a la situación que acontezca”

Se propone el siguiente diseño del modelo MEF para el sistema de control: Teniendo en cuenta el funcionamiento del portón, definimos una MEF tipo MOORE, con los siguientes componentes (Figura 8):

Estados:	Salidas:
Q0 = Portón detenido	Parar = detener motor
Q1 = Portón cerrándose	Cerrar = avanzar motor
Q2 = Portón abriéndose	Abrir = retroceder motor

Entradas:	S1 H = portón cerrado total
BV H = abrir portón	S1 L = no cerrado total
BV L = no abrir	S2 H = portón abierto total
BR H = cerrar portón	S2 L = no abierto total
BR L = no cerrar	

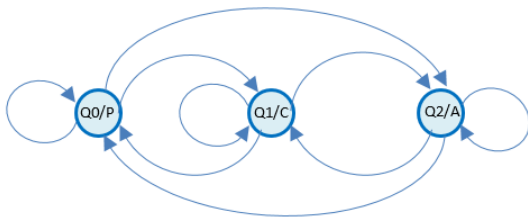


Figura 8: Grafo de la MEF Moore

Para la implementación del sistema de control utilizamos una plataforma Arduino UNO y los circuitos electrónicos necesarios para la interface entre el motor, los botones, los sensores y la placa Arduino. La lógica del modelo se implementará con un programa Arduino, realizado con la IDE Arduino.

Valor Decimal	ENTRADAS				ESTADOS / SALIDAS		
	SENSORES				Q0/Parar	Q1/Cerrar	Q2/Abrir
	BV	BR	S1	S2			
0	L	L	L	L	Q0	Q1	Q2
1	L	L	L	H	Q0	Q1	Q0
2	L	L	H	L	Q0	Q0	Q2
3	L	L	H	H	Q0	Q0	Q0
4	L	H	L	L	Q1	Q1	Q1
5	L	H	L	H	Q1	Q1	Q1
6	L	H	H	L	Q0	Q0	Q0
7	L	H	H	H	Q0	Q0	Q0
8	H	L	L	L	Q2	Q2	Q2
9	H	L	L	H	Q0	Q0	Q0
10	H	L	H	L	Q2	Q2	Q2
11	H	L	H	H	Q0	Q0	Q0
12	H	H	L	L	Q0	Q0	Q0
13	H	H	L	H	Q0	Q0	Q0
14	H	H	H	L	Q0	Q0	Q0
15	H	H	H	H	Q0	Q0	Q0

Figura 9: Tabla de Transición y Salida MEF Moore

A continuación transcribimos el programa Arduino para simular el sistema de control según el modelo MEF diseñado:

```
#define Q0 0 // Portón parado
#define Q1 1 // Portón cerrándose
#define Q2 2 // Portón abriéndose
#define BV 2 // Botón Verde Abrir
#define BR 3 // Botón Rojo Cerrar
#define S1 4 // Sensor Cierre Total
#define S2 5 // Sensor Apertura Total
#define C1 6 // Salida On-Off Motor
#define C2 7 // Salida Giro Izq-Der Motor
```

```
int tablaTran[16][3] = {
  {Q0,Q1,Q2}, {Q0,Q1,Q0}, {Q0,Q0,Q2},
  {Q0,Q0,Q0}, {Q1,Q1,Q1}, {Q1,Q1,Q1},
  {Q0,Q0,Q0}, {Q0,Q0,Q0}, {Q2,Q2,Q2},
  {Q0,Q0,Q0}, {Q2,Q2,Q2}, {Q0,Q0,Q0},
  {Q0,Q0,Q0}, {Q0,Q0,Q0}, {Q0,Q0,Q0},
  {Q0,Q0,Q0} };
```

```
int tablaSalida[3][2] =
  {{LOW,LOW},{LOW,HIGH},{HIGH,HIGH}};
```

```
int estado = Q0, fila;
int lectura_entradas()
{
  return digitalRead(BV)*8+
    digitalRead(BR)*4+
    digitalRead(S1)*2+
    digitalRead(S2);
}

void escritura_salidas(int estado)
{
  digitalWrite(C1, tablaSalida[estado][0]);
  digitalWrite(C2, tablaSalida[estado][1]);
}

void setup()
{
  pinMode(BV, INPUT);
  pinMode(BR, INPUT);
  pinMode(S1, INPUT);
  pinMode(S2, INPUT);
  pinMode(C1, OUTPUT);
  pinMode(C2, OUTPUT);
}

void loop()
{
  fila = lectura_entradas();

  estado = tablaTran[fila][estado];

  escritura_salidas(estado);
}
```

La actividad se llevó a cabo en el Laboratorio de Robótica Educativa de la UTN-FRT, donde se dispone de una maqueta (Figura 10 y 11) desarrollada para tal fin, en donde los estudiantes, organizados en equipos de 3 o 4, realizaron las pruebas de los programas desarrollados por los mismos.



Figura 10: Maqueta Portón – Vista frontal

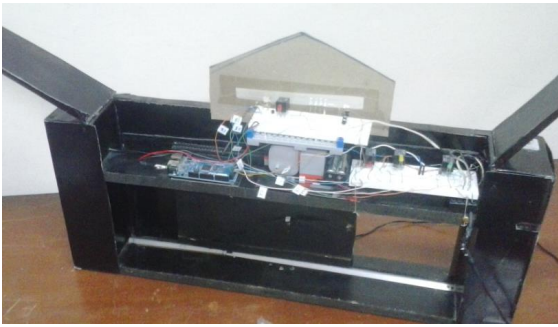


Figura 11: Maqueta Portón – Vista trasera

La evaluación de esta actividad se realizó en forma grupal, adoptando 3 criterios:

1. Descripción de estructura de la maqueta, sensores/actuadores empleados y placa Arduino.
2. Explicación del Modelo diseñado.
3. Defensa y prueba del programa construido.

7. Resultados

Alcanzamos el objetivo de realizar la experiencia de uso del modelo MEF en el diseño e implementación de SE, aplicando dicha metodología como estrategia de enseñanza con enfoque de Currículo Invertido, ya que se plantea la solución del problema en un alto nivel de abstracción.

Logramos también, que los estudiantes visualicen las ventajas de la utilización de técnicas de Table Lookup, como son la simplicidad, modularidad y reusabilidad de los programas implementados.

En tercer lugar, es importante mencionar el nivel de entusiasmo y motivación que mostraron los estudiantes, a raíz de la posibilidad que tuvieron de ver materializados sus trabajos en un problema ingenieril concreto.

8. Conclusión y trabajos futuros

De las experiencias realizadas con los distintos grupos de estudiantes, resaltamos que esta estrategia permite y facilita la interacción de los estudiantes en equipos de trabajo colaborativo, potenciando sus capacidades de pensamiento lógico y abstracto; conjuntamente con la posibilidad de desarrollar habilidades para la solución de problemas reales.

El próximo paso estará orientado a la búsqueda, estudio y aplicación de otros modelos más potentes, que nos permitan abordar problemas de mayor complejidad; como por ejemplo los Diagramas de Transición de Estados (State Charts) de Harel [9].

9. Referencias bibliográficas.

- [1] Wikipedia, "Lookup table", https://en.wikipedia.org/wiki/Lookup_table, consultada el 01/06/2018
- [2] Bertran Meyer, *Eiffel: The Language*, Prentice Hall, 1991. Second revised printing, 1992.
- [3] Isasi P., Martinez P., Borrajo D., *Lenguajes, Gramáticas y Automatas: Un enfoque práctico*, Addison Wesley 1997.
- [4] Hopcroft John E. , Motwani Rajeev , Ullman Jeffrey D., *Introducción a la Teoría de Automatas Lenguajes y Computación*, Pearson Educacion, 2008, ISBN 9788478290888
- [5] Glenn Brookshear J., *Teoría de la Computación: Lenguajes formales, autómatas y complejidad*, Addison Wesley Iberoamericana 1993.
- [6] Proyecto Arduino, Sitio oficial: <https://www.arduino.cc/>, consultada el 10/07/18.
- [7] Reyes Cortez, *Arduino: Aplicaciones en Robotica, Mecatronica e Ingenierias*, Alfaomega, 2000, ISBN-13: 978-6076221938
- [8] Llamas L., "Implementar una máquina de estados finitos en Arduino", Ingeniería, Informática y diseño, <https://www.luisllamas.es/maquina-de-estados-finitos-arduino/>, consultada el 01/03/2018.
- [9] Harel D., "Statecharts: A visual formalism for complex systems", *Science of Computer Programming* 8 (1987) pág. 231-274, North-Holland.

Proyecto Final: Innovación en el Proceso de enseñanza aprendizaje aplicando Project Management Institute

Dufour, Elizabeth María Alexandra

Email: aledufour@gmail.com

López, Emmanuel Fernando

Email: lfernandoemmanuel@gmail.com

Maigua, Gustavo Gabriel

Email: gustavomaigua@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán

Abstract

Los planes de estudio de las carreras de Ingeniería han sufrido cambios importantes en los últimos años, aún así se encuentran falencias a la hora de la graduación de nuestros estudiantes; es por eso que elegimos hacer un cambio radical en la manera en que se desarrolla nuestra materia para adaptarnos a las necesidades de los discentes; del mercado actual y de todo el contexto educativo y social que exige, en este momento, innovar en los paradigmas de enseñanza para hacer sentir al estudiante protagonista de su propio aprendizaje. Para ello incorporamos un conjunto de prestigiosas Buenas Prácticas para la Gestión de Proyectos que permitan formalizar la documentación de la tesis quienes también nos permiten combinarlas e interactuar con el desarrollo de habilidades profesionales esenciales y la aplicación de las Tic formando un conjunto de experiencias beneficiosas tanto para el estudiante como para el docente. Estamos fuertemente convencidos que esta evolución impactará positivamente tanto en el trayecto formativo actual como en el desenvolvimiento del futuro ingeniero en su trabajo diario.

Palabras clave: Project Management Institute; Metodología de la Enseñanza; Tesis de Grado.

Introducción

Nuestro paper tiene como propósito destacar la importancia de la planificación, control y ejecución de los proyectos en todas sus aplicaciones dentro del contexto educativo y en la vida misma. Cuando pensamos en Proyectos podemos hacer referencia a la construcción de las pirámides de Egipto desde hace más de 4.500 años, la Gran Muralla de China hace más de 2.200 años, el Coliseo de Roma hace casi 2.000 años, entre otras obras que aún se pueden admirar en el siglo XXI los cuales son ejemplos vivos de proyectos exitosos. Ya en la Edad Media, se podía pensar en la construcción de grandes iglesias y proyectos de navegación en Portugal y España. El nivel de profesionalización de la gestión y la aplicación de metodologías de manejo de proyectos en aquellos períodos son desconocidos, pero una cosa es cierta: la “planificación” binomio “ejecución / control” era algo inseparable de la vida cotidiana de los creadores y artistas, según ha informado Terribili (1).

La temática que nos interesa abordar es la aplicación de los procesos del Project Management Institute PMI (2) como marco de desarrollo de trabajo necesario para la generación adecuada de documentación que respalde la formulación del

Proyecto Final de Tesis de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información en la Universidad Tecnológica Nacional.

Un Proyecto se puede definir según el PMI como “Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” entendiéndolo encontramos bastos ejemplos de aplicación de las mejoras prácticas de PMI en diversidad de sectores como: viales, construcción de estadios deportivos, proyectos tecnológicos, de fines sociales, gestión gubernamental y hasta en el ámbito académico (3). Dichas características aplican para los proyectos que los estudiantes llevan mientras cursan la materia, pudiendo trabajar sobre proyectos que van desde el área de la asistencia a la discapacidad con internet de las cosas (IoT) hasta sistemas de información con desarrollo puro de software.

Teniendo como punto de referencia al perfil del ingeniero en sistemas de información, más precisamente dentro de sus Incumbencias del mismo (4) en donde se explicita sobre la necesidad de que el profesional demuestre conocimientos en la gestión de recursos humanos, adecuada planificación y gestión del capital disponible así como también un seguimiento y control de todo el proyecto las cuales son características que, en su mayoría, forman parte del conjunto de Buenas Prácticas que nos brinda PMI como normas esenciales dentro de la Gestión de Proyectos.

En este sentido un estudiante que cursa la materia Proyecto Final forma un equipo de trabajo con otros tres compañeros lo cual lo pone frente a la realidad de gestionar las habilidades de cada uno de ellos buscando complementarlas en la búsqueda de alcanzar el cumplimiento de los objetivos del proyecto; esto no es más que la puesta en práctica de unas de las Áreas de Conocimiento de PMI denominada “Gestión de recursos humanos del Proyecto”.

Así entonces cuando decidimos cambiar el paradigma haciendo hincapié en el contenido del

programa de la materia, trabajos prácticos y examen de evaluación entre otros, encontramos que el marco de trabajo de las mejores prácticas de PMI resultó siendo la referencia más madura y profesional para el desarrollo de una tesis de grado de ingeniería que permite cumplir con los requisitos establecidos en las incumbencias del profesional y adaptado al contexto tecnológico y social de nuestra región.

Marco teórico

Nuestra Facultad, al igual que muchas otras, se encuentra en un proceso de cambio de contexto curricular, siempre buscando el beneficio y profesionalización de los estudiantes que cursan este trayecto. Desde la creación de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información el 27/11/1985 (Ordenanza 532/1985 de Consejo Superior) (5) se han llevado a cabo modificaciones en su Plan de Estudios para mejorar la calidad profesional y las habilidades de nuestros ingenieros; aún así la problemática detectada fue la baja tasa de estudiantes recibidos hasta el año 2015, por lo cual se puso a consideración del Departamento Sistemas de Información una propuesta de cambio curricular de la materia “Proyecto Final” perteneciente al 5to año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información (en adelante ISI), la cual ofrecía adaptar los contenidos del dictado de la materia orientado fuertemente hacia las Buenas Prácticas del PMI incluyendo los grupos de Procesos de Iniciación y Planificación principalmente, combinados con la metodología de ejecución más adecuada para cada proyecto, requiriendo la resolución de 10 trabajos prácticos durante todo el cursado, combinando dichas prácticas con el acompañamiento de las TIC y un docente que forme parte del trayecto marcando su rol como facilitador del mismo. Además de la baja tasa de recibidos también se podía observar la depreciación de la calidad de los documentos presentados como “Proyecto Final de Tesis” ya que

no seguían un formato estándar, las mismas se redactaban según la apreciación de cada estudiante y provocaba la dificultad en el seguimiento y revisión de dicha tesis de grado. Esto dejaba ver la necesidad de actualizar el proceso de enseñanza aprendizaje llevado hasta ese momento, implementando las clases teóricas y prácticas de forma más dinámica, con un docente Facilitador no como “dueño del conocimiento frente al aula” estimulando la participación de los estudiantes y guiando los procesos de enseñanza hacia mejores resultados. (6). Sabemos que los procesos de enseñanza aprendizaje son dinámicos en la actualidad y es por eso que aplicamos nuevas técnicas o prácticas que estandarizan la presentación de Trabajos Prácticos, los cuales establecen las bases mínimas de la documentación de su tesis.

Las siglas PMI se refiere a “Project Management Institute”, una institución sin fines de lucro que agrupa a profesionales en la Gestión de Proyectos los cuales aunaron esfuerzos para crear un conjunto de Buenas Prácticas divididas en 5 Grupos de Procesos y 9 Áreas de Conocimiento denominado PMBOK “Project Management Body of Knowledge” (2).

Grupos de Procesos (7):

- Inicio: Permiten definir los procesos de un nuevo proyecto.
- Planificación: Permiten definir un Alcance y los objetivos del proyecto.
- Ejecución: Como su nombre lo indica en este proceso se procura la ejecución del proyecto.
- Control: Permite realizar el seguimiento, análisis y regularización de los procesos.
- Cierre: En este proceso finalizan todas las actividades, se da el cierre al proyecto.

A continuación veremos cómo se relacionan estos procesos y las áreas de conocimiento:



Figura 1: Mapa de Procesos PMI -Fuente:

<https://www.addkw.com/2012/06/08/pmi-una-definicion-y-una-aplicacion-real-al-desarrollo-de-un-sistema-logistico/>

Otra de las problemáticas detectadas en el desarrollo de las tesis de grado era la falta de habilidades de tipo gerenciamiento y toma de decisiones las cuales no se veían reflejadas en los documentos generados ni en las presentaciones orales; situación de gran relevancia ya que son requeridas en las incumbencias del título de Ingeniero en Sistemas de Información que otorga la universidad. PMI pone a prueba dichas habilidades exigiendo desplegar conocimientos técnicos y competencias en todos los procesos que se ejecutan tanto de manera escrita como oral.

También existen investigaciones que resaltan la importancia de aplicar la enseñanza por proyectos en las aulas denominados como PPA (Proyectos Pedagógicos de Aula) (8) concluyendo que Project Management Institute (PMI) ofrece una de los más completos marcos de referencias para la Gestión de proyectos, incluidos los pedagógicos lo cual expresaremos a través de nuestra propia experiencia en los siguientes apartados.

Metodología

La Cátedra está compuesta por cinco docentes: Jefe de Cátedra quien tiene entre sus responsabilidades la coordinación y planificación general, así como la asignación y el seguimiento de actividades. Dos docentes Adjuntos quienes además de ser los responsables de las clases teóricas también deben velar por la generación de talleres y actividades complementarias como las visitas a

empresas y disertaciones de invitados especiales. Por otro lado se cuenta con un docente Jefe de Trabajos Prácticos que se encarga de diseñar y dictar las clases prácticas y el seguimiento de los trabajos prácticos, asimismo es parte del equipo una docente Auxiliar quien participa en el dictado de las clases prácticas y el seguimiento de los trabajos prácticos entre otras actividades. (9).

Nuestra materia cuenta con un planificación anual y un reglamento los cuales dan las pautas esenciales para el cursado, regularización y aprobación de la materia (Tesis de Grado), los mismos se encuentran desde el primer día de clases publicados en el Aula Virtual de la Universidad. (10). PMI se implementa en el desarrollo de los 10 Trabajos Prácticos, los cuales hacen hincapié en los procesos Inicio y Planificación que sufrieron adaptaciones según las necesidades de los estudiantes y de los proyectos planteados por año ya que, aunque la mayoría se refieren al desarrollo de software en otras pocas ocasiones se adaptan al desarrollo de algún tipo de Hard o se complementan con dispositivos electrónicos según la temática seleccionada por el grupo de estudiantes. Los proyectos se trabajan de manera grupal, ya que el espíritu del trabajo en equipo es el eje fundamental de la labor de cualquier profesional gestor de proyectos. Se estableció que los estudiantes deben conformar equipos con 4 compañeros, para transitar las diferentes instancias previstas en la formulación de su proyecto, como se detallan a continuación.

Aprobación del tema: El equipo de estudiantes elige un tema para su proyecto, lo formaliza a través del *Acta de Constitución* (trabajo práctico n°1) uno de los artefactos definidos dentro del PMI como parte de la fase de *Inicio*, la cátedra sugiere cambios y/o mejoras hasta que aprueba el tema;

Definición de Alcance del Proyecto: Luego de haber definido el documento inicial de todo proyecto, los estudiantes deben recopilar

requisitos, definir el alcance y crear la EDT (estructura de desglose de trabajo), todo ello en el formato de *Gestión de Alcance* que ofrece PMI (trabajo práctico n°2) ya en este punto lograron establecer claramente cuales son las necesidades del cliente que se cubrirán en este proyecto y las que no;

Cronograma de trabajo: Así las cosas los estudiantes ya conocen la envergadura del proyecto que están desarrollando a nivel de requisitos de cliente y establecieron una estrategia general con la EDT, ahora deben ensayar la táctica más adecuada para ejecutar el proyecto y para ello la *Gestión del Tiempo* combinando de la mejor manera los otros recursos disponibles es fundamental. Para lograrlo se les propone realizar un cronograma del proyecto apoyándose en un software de programación de proyectos del tipo Microsoft Project. Si bien este trabajo práctico n°3 es mucho más técnico, debe desarrollarse íntimamente relacionado con los anteriores;

Plan Financiero del Proyecto: El tercer vértice de gran importancia dentro del triángulo de un proyecto junto al alcance y al tiempo es la *Gestión de Costos* (trabajo práctico n°4) para este punto se requiere que los equipos de estudiantes determinen el presupuesto del proyecto considerando los requerimientos a cumplir, los recursos involucrados y el tiempo en el cual se dispondrán para la ejecución del proyecto, en dicho presupuesto también se verá reflejado al menos un escenario de posibilidad de inversión para la sustentabilidad financiera del proyecto;

Riesgos: Uno de los temas que no quisimos dejar afuera de esta adaptación del PMI al entorno académico fue la *Gestión de los Riesgos* (trabajo práctico n°5), tomando como principal herramienta la técnica Bow Tie para el análisis de los riesgos del proyecto, los estudiantes establecen y categorizan los riesgos para finalmente definir un plan de acción para cada uno de ellos;

Plan de Gestión de Proyecto: Con la intención de poder dar una integración de los procesos de las fases de Inicio y Planificación elegidas por la cátedra para estandarizar y definir un marco de trabajo, se prevé que los equipos de estudiantes compongan un único documento, el cual contiene toda la información de los anteriores formando el *Plan de Gestión de Proyecto* (trabajo práctico n°6).

Los restantes trabajos prácticos para alcanzar los 10 establecidos por la cátedra son orientados al análisis, diseño y desarrollo del producto resultante de la exitosa gestión del proyecto con PMI, en concreto dependiendo de la tecnología utilizada, el sector de cliente, el área de conocimiento, etc. los equipos de estudiantes podrán utilizar diferentes metodologías, herramientas y artefactos para que en estos trabajos prácticos complementarios ejecuten su proyecto entregando como resultado un producto funcional.

Resultados

Luego de transitar dos años implementando PMI como parte del proceso enseñanza aprendizaje de nuestra materia podemos compartir los siguientes resultados específicos de acuerdo a los datos proporcionados por la Secretaría TIC de nuestra facultad que tratan sobre la cantidad de estudiantes regularizados (en condiciones de rendir su tesis) y la cantidad de estudiantes graduados:

En esta primera imagen se toma como muestra los estudiantes regularizados en los períodos 2014 a 2015 y 2016 a 2017, en el primer período se implementaba la metodología tradicional de enseñanza y luego desde el 2016 en adelante se utilizó PMI como base de la instrucción de nuestra materia. En el período 2014 a 2015 lograron alcanzar la regularidad 100 estudiantes, lo cual fue incrementado en el período 2016 a 2017 logrando alcanzar la regularidad 144 estudiantes, un 45% más si comparamos ambos.

45% más de Estudiantes Regularizados en 2016-2017 respecto de 2014-2015 ^A

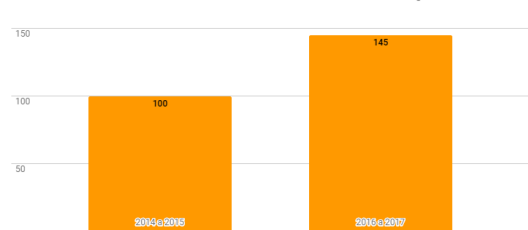


Figura 2: Cantidad de Estudiantes Regulares por año

En el segundo gráfico analizamos los períodos 2013 a 2015 y 2016 a 2018 pero en el marco de la graduación de los estudiantes. Realizando la comparación para dichas fases obtenemos un total de 33 y 63 estudiantes graduados respectivamente.

90% más de Estudiantes Graduados en 2016-2018 respecto de 2013-2015 ^B

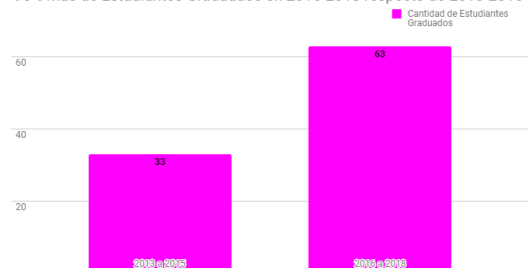


Figura 3: Cantidad de Graduados por año

Estos resultados demuestran un progreso sustancial ya que la cantidad de estudiantes graduados se incrementó en un 90%.

Como podemos observar los resultados alcanzados con la aplicación de PMI, tanto en estudiantes regularizados como los graduados hemos logrado un crecimiento respecto de los años anteriores.

Del rendimiento académico mostrado anteriormente podemos destacar el beneficio de que los estudiantes al terminar de cursar la materia tienen un 60% de su tesis siguiendo el formato de documentación de PMI y un Producto Mínimo Viable (11) que le facilita el camino hacia su graduación, todo esto se logró implementando las Buenas Prácticas de PMI como parte del diseño

curricular de la asignatura. También destacamos que este ejercicio aplicado durante el cursado estimula, facilita y promueve la postulación de los estudiantes en Programas de Financiamientos Nacionales y Becas para dar inicio a sus Ideas Proyecto lo cual resulta en un incentivo adicional interesante.

En cuanto al trabajo interno de cátedra contamos con el apoyo de un sistema de Gestión de Proyectos de la Universidad llamado Qosqo (12) en el cual tanto estudiantes como docentes podemos visualizar el progreso de los proyectos, este sistema acompaña y apoya el dictado de clases presenciales así como también lo hace el aula virtual antes nombrada. Destacamos una mejora en el proceso de control y seguimiento de los trabajos prácticos y demás entregables generados por los estudiantes, contando con un ordenamiento, comparación y facilidad de búsqueda sobre dicha plataforma. Asimismo el proceso de evaluación de la tesis se ve facilitado por la aplicación de evaluaciones de tipo formativa y sumativa (13 y 14) durante todo el cursado de la materia, es decir, al llegar a la etapa de graduación con un 60% de su documentación aprobada por los docentes el proceso se reduce en materia de tiempo.

Discusión

Nuestra hipótesis planteaba que existía la necesidad de cambiar los contenidos curriculares de nuestra materia basados en el hecho de que hasta el año 2015 había una disminución en la tasa de personas graduadas y además se detectaba una baja calidad de los documentos de tesis presentados.

A partir del cambio de paradigma implementado obtuvimos una mejor tasa de graduados durante los dos años consecutivos en que venimos aplicando las Buenas Prácticas de PMI, y un control total sobre la documentación que nuestros estudiantes presentan ya que la misma se encuentra estandarizada y esto permite la revisión de cada trabajo práctico por parte de cualquier

docente de la cátedra en cualquier instancia del proyecto, es decir, todos los docentes podemos revisar esa documentación y entender de qué se está hablando, esto fortalece nuestro trabajo como equipo pudiendo rotar nuestros roles internamente si fuera necesario. Lo cual redundaba también en mayor calidad de las tesis desarrolladas por los estudiantes siguiendo un prestigioso estándar internacional.

Somos conscientes de que la sola implementación de PMI - PMBOK 4ta edición (2) no sería del todo suficiente debido a la rigidez de algunos de sus procesos pero con nuestra adaptación y sumado a los recursos TIC con los que contamos logramos combinar las herramientas didácticas y pedagógicas necesarias para guiar a nuestros estudiantes hacia un mejor rendimiento académico durante el cursado y en el camino a su graduación.

Entendemos que estas mejoras en diferentes aspectos de nuestra materia no garantizan en su totalidad elevar la calidad académica de los graduados ya que notamos también que los estudiantes en algunos casos comienzan la cursada de nuestra materia con competencias incompletamente desarrolladas, lo cual podría ser consecuencia entre otras dimensiones de que la articulación de materias en el resto de la carrera es insuficiente y por ello se necesita de acciones que impulsen e impacten de manera transversal todo el trayecto de desarrollo del ingeniero.

Hemos experimentado en este período muy dinámico y cambiante un gran aprendizaje para todo el equipo de la cátedra, y si bien no cumplimos al 100% lo expresado en la hipótesis, por esta característica de alta variación del contexto de la carrera, creemos que en los resultados se expresa que el cambio fue positivo y rotundo, y marca que el camino por el que debemos seguir será igual o más revolucionado que el anterior y deberemos adaptarnos para alcanzar el pequeño porcentaje restante.

Cómo líneas futuras de trabajo podemos nombrar que, en miras del 2019, la cátedra tiene pensado migrar a la nueva versión de PMI - PMBOK 6ta edición ya que presenta, entre otras cosas, la novedad de agregar prácticas ágiles en sus áreas de conocimiento y procesos un principio muy utilizado en el ámbito del desarrollo del software. Asimismo nos encontramos planificando talleres que promuevan la participación y articulación con docentes de otras materias de la carrera, principalmente de las materias troncales de los diferentes niveles, las cuales dictan contenidos que deben aplicar los estudiantes en el desarrollo de su tesis.

Luego de toda esta experiencia nos queda una máxima que podría definirla “El cambio es constante y nuestra evolución seguirá ese mismo sentido”.

Consideraciones Finales

Visualizamos la necesidad de un cambio en el proceso de enseñanza aprendizaje de nuestra materia, de esta manera tratamos de adecuarnos a las nuevas teorías educativas, centrándonos en el papel del estudiante como protagonista de su trayecto formativo. También analizamos las opiniones y sugerencias de los estudiantes reflejadas en la retroalimentación que nos brindan sobre nuestro desempeño; complementariamente detectamos que el perfil del profesional que estamos acompañando hacia su graduación claramente requiere fortalecerse sobre las habilidades que los procesos de PMI promueven a ejercitar.

Durante estos dos años experimentamos que tan solo con algunas adaptaciones podemos combinar exitosamente las oportunidades y desafíos expresados anteriormente con herramientas y soluciones como PMI; implementando clases dinámicas que permitan un aprendizaje basado en lo significativo y siempre apoyándonos en los recursos Tic disponibles.

Si bien hay mucho por mejorar en nuestra carrera de grado, sentimos que este logro puede ser tomado como referencia para profundizar la evolución hacia otras cátedras del mismo trayecto formativo del profesional; como así también podría ser tomada por otras ingenierías que se dictan en nuestra Universidad.

Finalmente en base a los resultados mostrados podemos considerar categóricamente que la implementación de esta evolución en nuestra cátedra fue exitosa y beneficia tanto a los estudiantes como a los docentes en su labor.

Referencias

- [1] - Terribili Filhoa A., Bortoleto Neryb A. , Bentancorc A. Gestión de proyectos de innovación en las instituciones educativas privadas en San Pablo. Recuperado el 7 de Septiembre de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5287426.pdf>
- [2] Project Management Institute. PMI. Recuperado el 7 de Septiembre de 2018, <https://www.pmi.org/>
- [3] Buchtik L. Proyectos exitosos en América Latina. Recuperado el 6 de Septiembre de 2018, <http://americalatina.pmi.org/~media/Files/latam/Argentina-Capitulo-Nuevo-Cuyo/2011-AR-NC-Buchtik-ProyectosExitosos.aspx>
- [4] UTN FRT. Plan de Estudio Ingeniería en Sistemas de Información . Recuperado el 6 de Septiembre de 2018, de <http://www.frt.utn.edu.ar/tecnoweb/imagenes/file/Nuevos%20Planes%20de%20Estudio/Ordenanza%201150%20del%202007.pdf>
- [5] Universidad Tecnológica Nacional. Secretaría del Consejo Superior. Recuperado el 6 de Septiembre de 2018, de <http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/buscar.php?categoria=0638>
- [6] Beresaluce R., Perió S., Ramos C. El profesor como guía-orientador. Un modelo docente. Recuperado el 7 de Septiembre de 2018, de <https://web.ua.es/va/ice/jornadas-redes-2014/documentos/comunicacions-posters/tema-2/392803.pdf>
- [7] PMBOK sexta edición: 5 Grupos de Procesos y 10 Áreas de Conocimiento. Recuperado el 7

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

de Septiembre de 2018, de
<http://www.proyectum.lat/2017/12/07/pmbok-sexta-edicion-5-grupos-de-procesos-y-10-areas-de-conocimiento/>

[8] Arcienegas Gonzalez D., García Chacon G. Metodología para la Planificación de Proyectos Pedagógicos de Aula en la Educación Inicial. Recuperado el 7 de Septiembre de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/447/44770104/>

[9] Soria W., Ugarte F., Dufour E., López E., Maigua G., Nasrallah J. Proyecto Final: Mejora del proceso enseñanza aprendizaje. Recuperado el 3 de Septiembre de 2018, de <http://conaiisi2017.frsf.utn.edu.ar/index.php/memorias/>

[10] UTN FRT. Campus Virtual. Recuperado el 3 de Septiembre de 2018, de <http://fvt.cvg.utn.edu.ar>

[11] Ries E. El Método de Lean Startup. Deusto S. A. 2012.

[12] Qosqo. Gestor de Proyectos UTN FRT. Recuperado el 4 de Septiembre de 2018, de <https://qosqo.dpi-frt-utn.com.ar/>

[13] Gonzalez E., Menendez S. . Psicología del Desarrollo y Educacional. Accedido en Marzo de 2017. Recuperado el 4 de Septiembre de 2018, de <http://inspt.cvg.utn.edu.ar>

[14] Anijovich R, Mora S. Estrategias de Enseñanza: otra mirada del quehacer en el aula. Aique. 2009.

Estilos de Aprendizaje en Estudiantes de Ingeniería Informática

Delia Esther Benchoff^{1,2} y Marcela Gonzalez²

¹Departamento de Informática, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata,
J.B. Justo 4302.

²Instituto de Psicología Básica, Aplicada y Tecnología (IPSIBAT), Facultad de Psicología,
Universidad Nacional de Mar del Plata y CONICET, Funes 3280 - Cuerpo 5 Nivel 3.
Mar del Plata, Argentina

ebenchoff.sead@gmail.com, mpgonza@mdp.edu.ar

Abstract

Este trabajo tiene como objetivo presentar los resultados de la indagación sobre los estilos de aprendizaje, en un grupo de estudiantes de 1º año de la carrera de Ingeniería Informática, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Los datos se enmarcan en una línea de investigación de la misma institución, que inicia con la construcción del modelo difuso del estudiante, y continúa con la mejora de propuestas como complemento del aprendizaje en ambientes virtuales. Sobre una muestra de 191 estudiantes pertenecientes a 7 cohortes de la asignatura Fundamentos de la Informática, se aplicó el Instrumento de Estilos de Aprendizaje (ILS). Los resultados muestran un notorio porcentaje de estilos mayoritariamente balanceados en todas las dimensiones, junto a una tendencia hacia los estilos visual, sensorial y secuencial. Se observa además, una leve inclinación de la muestra hacia lo reflexivo, aunque sin perder el balance en esta dimensión. Se discuten las implicancias para la enseñanza y el diseño instruccional derivadas de estos resultados.

1. Introducción

Uno de los objetivos de los modelos educativos centrados en el estudiante, es articular adecuadamente los contenidos a enseñar, con la diversidad de necesidades, intereses y bagaje de conocimientos de los estudiantes, en los cuales, tanto la personalización como la adaptación del aprendizaje constituyen una característica destacada.

En este contexto, puede observarse desde hace algún tiempo, de qué manera la implementación del modelo del estudiante en los diseños instruccionales, ha podido contribuir en la mejora del aprendizaje, al tener en cuenta, por ejemplo, la diferenciación en los rasgos personales, en los comportamientos y niveles de conocimiento de los estudiantes [1, 2].

La personalización del aprendizaje puede entenderse como la adecuación de la pedagogía, contenidos y el diseño del ambiente virtual para satisfacer las necesidades cognitivas, estilos y preferencias de los alumnos, entendidos como individualidades [3]. La perspectiva orientada a la personalización, intenta fomentar así, un aprendizaje más efectivo, activo, eficiente y satisfactorio para sus destinatarios [4].

Próximo al concepto de personalización, la adaptación se entiende como un método que contribuye a crear una experiencia de aprendizaje, que tiene en cuenta por un lado, la adaptación de los contenidos: aquellos que resulten más significativos de acuerdo a las necesidades del estudiante; y por otro, la adaptación de la presentación de dichos contenidos, para que el proceso de aprendizaje resulte más eficiente.

Asimismo, el desarrollo y avance de las TICs aplicadas a la educación ha colaborado significativamente, al evidenciar la posibilidad de adaptar el aprendizaje a las mencionadas particularidades, mediante el empleo de sistemas tutoriales inteligentes, que incorporan los beneficios de la tutoría personal al aprendizaje mediado por computadora[5]. De esta manera, los sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) que facilitan el diseño y construcción de Ambientes Virtuales de Aprendizaje (AVAs) [6], ofrecen una multiplicidad de herramientas que permiten a los profesores orientar y guiar el proceso de aprendizaje, generando interacciones entre estudiantes, docentes y recursos pedagógicos.

En nuestra línea de investigación, hemos identificado los estilos de aprendizaje, como uno de los insumos que nos permitieron adecuar la configuración de los recursos del AVA Moodle, utilizado como complemento de las clases presenciales. El diseño y la aplicación de materiales y pruebas de autoevaluación formativa personalizadas, en el marco del aprendizaje adaptativo en AVAs, teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje predominante en los grupos, el nivel de conocimiento previo del ítem de dominio y la mejora significativa en el

proceso de aprendizaje, han sido el foco de nuestras últimas divulgaciones [7, 8].

En este trabajo, y de manera particular, nos referiremos a la presentación de los datos recolectados y resultados sobre la indagación de los estilos de aprendizaje, que definiremos de manera general a continuación.

2. La Personalización Basada en los Estilos de Aprendizaje

El concepto de *estilos de aprendizaje* implica, desde el punto de vista cognitivo, que los estudiantes, procesan de diferente manera la información, y que poseen diversas preferencias frente a la presentación de materiales de estudio.

En tal sentido, resulta muy importante su identificación y la adecuación de los diseños instruccionales para propiciar aprendizaje significativo.

Según Moser y Zumbach [9] desde hace décadas, la caracterización de los diferentes estilos es un tema profusamente estudiado en el ámbito del aprendizaje. Así lo indica la magnitud de la literatura existente [10, 11, 12, 13, 14], tan solo para referenciar a algunas publicaciones. La diversidad de propuestas ha sido reunida en cinco familias de estilos de aprendizaje [13], a saber:

- a) Los estilos y preferencias de aprendizaje están constitucionalmente basados, incluyendo cuatro modalidades: visual, auditiva, cinestésica y táctil.
- b) Los estilos de aprendizaje reflejan características de la estructura cognitiva.
- c) Los estilos de aprendizaje son un componente del tipo de personalidad.
- d) Los estilos de aprendizaje son preferencias de aprendizaje flexiblemente estables.
- e) Se debe avanzar desde los estilos de aprendizaje hacia los enfoques de aprendizaje, estrategias, orientaciones y concepciones del mismo [3].

Esta clasificación puede ser entendida como un continuum que describe en qué medida los estilos de aprendizaje se ven como disposiciones biológicamente determinadas, con influencia genética o como características flexibles con una fuerte influencia de factores personales y ambientales [9].

En la actualidad, la temática continúa siendo un tópico de discusión que genera controversias. Sin embargo los investigadores coinciden en postular que los estudiantes detentan diferentes maneras en sus preferencias respecto del aprender. Es éste uno de los motivos que sostiene los esfuerzos que implican la personalización y adaptación del aprendizaje en el contexto del aprendizaje en línea, para lograr adecuar los ambientes a las particularidades de cada estudiante, entendido como una individualidad.

2.1. Estilos de Aprendizaje y E-Learning

El ámbito de la educación mediada por computadora ha enfatizado la utilización del conocimiento sobre estilos de aprendizaje, para personalizar y facilitar el aprendizaje. De todos modos, la temática continúa siendo terreno de polémicas; aunque puede observarse, sin embargo, que muchos investigadores orientan sus estudios hacia la presentación de evidencias en favor de la influencia positiva que los estilos tienen sobre el proceso de aprendizaje y el rendimiento. Puede decirse al respecto que, mayoritariamente, se considera relevante que un sistema de aprendizaje adaptativo considere el estilo de aprendizaje específico de un alumno determinado [13, 15]. De esta manera, la navegación adaptativa en un sistema de gestión del aprendizaje, puede recomendar al estudiante los pasos a seguir más adecuados, así como también proporcionar material de aprendizaje personalizado [16].

Sin lugar a dudas, la relevancia de la investigación sobre los estilos de aprendizaje en ambientes de aprendizaje mediados, amerita la continuidad de la indagación científica. Nuestros resultados hasta el momento, apoyan la vertiente que indica que la identificación de los estilos de aprendizaje como parte del modelo cognitivo del estudiante, contribuyen a la personalización y adaptación del aprendizaje en E-Learning, y mejora el proceso y el rendimiento del estudiante.

2.2. El Modelo de Felder y Silverman

Entre la multiplicidad de modelos de estilos de aprendizaje, seleccionamos el denominado modelo de Felder y Silverman [14], investigadores pertenecientes a la Universidad de Carolina del Norte (EEUU). Es uno de los modelos más utilizados dado que se dirige de manera específica al ámbito universitario y fue desarrollado originalmente para estudiantes de ingeniería, aunque ha sido aplicado a estudiantes de otras disciplinas. Indica que los estudiantes poseen modos particulares de seleccionar, procesar, absorber y retener información nueva, conformando patrones individuales de aprendizaje, flexiblemente estables, y que varían de persona en persona.

El instrumento diseñado por los autores es el Index of Learning Styles (ILS) [17]. El ILS ha sido ampliamente validado [18, 19, 20], y la literatura indica una notoria aplicación en otros ámbitos de conocimiento, existiendo traducciones del instrumento al español [21, 22, 23, 24, 25, 26].

El ILS es un cuestionario de 44 preguntas de opción múltiple que evalúa las preferencias de estilos de aprendizaje a través de cuatro dimensiones o dominios, que presentan a su vez, dos categorías cada uno. Las

dimensiones y su respectivas categorías son: Procesamiento de información: estudiantes Activos o Reflexivos; Percepción de información: Sensitivos o Intuitivos; Recepción de información: estudiantes preferentemente Verbales o Visuales y Comprensión de la información, cuyas categorías representan estudiantes Secuenciales o Globales.

En la dimensión *Procesamiento de la información*, los estudiantes activos tienden a retener y comprender mejor la información con actividades de aplicación, discutiendo o explicando a otros. Prefieren además, el aprendizaje en grupo. Los reflexivos son alumnos que prefieren la recopilación, análisis de datos y la reflexión individual. Tienden a retener y comprender nueva información pensando y reflexionando sobre ella, prefieren aprender meditando, pensando y trabajando solos.

En la *Percepción de la información*, los alumnos sensoriales (o sensitivos), se orientan al detalle y a los hechos de la realidad, y más hacia la práctica y los procedimientos. Por otro lado, los *intuitivos*, pueden ser mejores trabajando en la detección de relaciones entre conceptos, con la innovación, abstracciones y formulaciones matemáticas.

En cuanto a la *Recepción de información*, los visuales recuerdan mejor lo que ven: imágenes, esquemas, diagramas de flujo, líneas de tiempo y demostraciones. Los estudiantes verbales sacan más provecho de las palabras: explicaciones escritas y habladas.

Por último, el dominio de *Comprensión de la información*, identifica a estudiantes secuenciales, quienes detentan una comprensión más analítica, guiando su comprensión de manera lineal, paso a paso; mientras que los globales alcanzan la comprensión de manera general, a grandes saltos, sin ver las conexiones hasta que repentinamente, las encuentran.

Los cuatro dimensiones, varían en un rango de 1 a 11, y los resultados de las preferencias de los estudiantes en función de los extremos de las escalas pueden ser ubicados en una posición balanceada (puntaje de 1 a 3), moderada preferencia por el extremo elegido (puntaje 5 a 7) y fuerte preferencia por la opción tomada (puntaje 9 a 11).

3. La Experiencia

A lo largo de dos proyectos de investigación consecutivos [27, 28], el primero dedicado a mejorar la medición del estado cognitivo mediante el uso de la lógica difusa, desarrollando un modelo difuso del estudiante; y el segundo destinado al diseño y desarrollo de contenidos académicos personalizados, para estudiantes universitarios, a través del LMS Moodle; se relevaron los datos correspondientes a los estilos de aprendizaje de los alumnos. Estos datos fueron parte de los insumos necesarios para la caracterización de los

estudiantes en vistas de la personalización del diseño instruccional y la adaptación de materiales en el AVA.

3.1. Participantes

La recolección de datos se realizó en la asignatura Introducción a la Informática, correspondiente al 1° año de la carrera de Ingeniería Informática. La asignatura se imparte en ambos cuatrimestres, cursada y contracursada. En la Tabla N° 1 se detalla la muestra de 191 estudiantes (N), quienes respondieron las preguntas del ILS, distribuida en siete cohortes.

TABLA N° 1
DISTRIBUCIÓN DE ESTUDIANTES ENCUESTADOS

Año – Cuatrimestre	Cantidad de estudiantes
2014 – 2°	14
2015 – 2°	25
2016 – 1°	24
2016 – 2°	39
2017 – 1°	23
2018 – 1°	24
2018 – 2°	42
Total de estudiantes (N)	191

Dado que la investigación comenzó en enero de 2014, se inició la recolección de los datos en el 2° cuatrimestre de ese año.

La participación fue voluntaria, el instrumento se administró mediante formularios impresos, es decir, cada estudiante respondió en forma manual. Los resultados fueron obtenidos a partir de la carga individual de los protocolos en la página Web oficial, de los autores, y posteriormente almacenados en una base de datos. El total de la muestra estuvo compuesto por 167 varones y 24 mujeres. No se encontraron diferencias en relación al género.

4. Resultados

El equipo cuenta con una sólida base de datos organizada por cohortes, sobre la cual, se estimaron las preferencias de los estudiantes en cuanto a procesamiento, percepción, recepción y comprensión de la información, en principio por cada cohorte, y finalmente los resultados conjuntos de las siete cohortes. (Anexo 1)

Los resultados se expresan en porcentajes y pueden observarse en las Figuras 1, 2, 3 y 4, presentadas según las dimensiones del ILS.

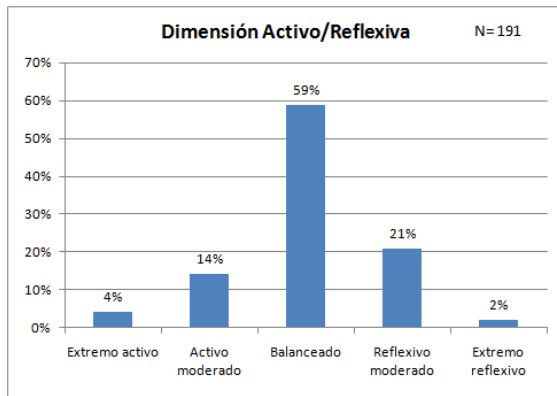


Figura 1. Porcentaje de respuestas en la dimensión Procesamiento de la información: Activo/Reflexivo

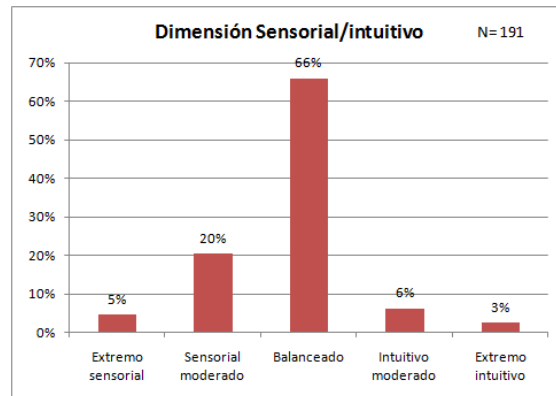


Figura 4. Porcentaje de respuestas en dimensión percepción de la información: Sensorial/Intuitivo

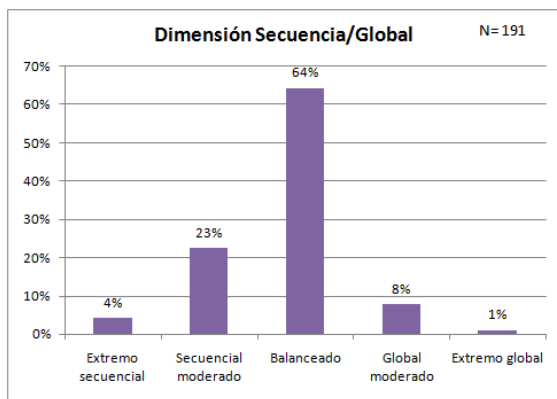


Figura 2. Porcentaje de respuestas en dimensión comprensión de la información: Secuencial/Global

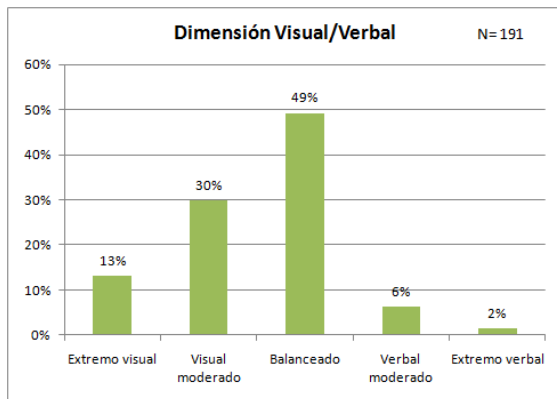


Figura 3. Porcentaje de respuestas en dimensión recepción de la información: Visual/Verbal

A partir de los resultados, puede observarse un balance general en el porcentaje de respuestas para las todas las dimensiones, particularmente en las categorías activo/reflexivo que se muestra balanceada también en sus extremos. Las preferencias moderadas se observan en las categorías secuencial (23%), visual (30%) y sensorial (20%). El porcentaje más elevado de alta preferencia, puede verse en el extremo correspondiente a la categoría visual (13%), que inclina la preferencia hacia dicha modalidad.

5. Análisis de los Resultados

Los porcentajes de respuestas encontrados permiten observar en primera instancia y en términos generales, estilos de aprendizaje mayoritariamente balanceados en todas las dimensiones, que es, en definitiva la opción deseable. Puede observarse además, una tendencia moderada hacia las categorías visual secuencial y sensorial.

Tal resultado indica que el diseño instruccional debería responder a esta modalidad, a partir de la adecuación de un estilo de enseñanza acorde.

Un análisis más detallado de los porcentajes permite realizar algunas inferencias. En relación a los porcentajes de respuesta presentados, este grupo de estudiantes puede sentirse cómodo y aprender mejor en una clase que combine la experimentación, la discusión de ideas, la posibilidad de argumentación, el trabajo en grupo (categoría activo), con los momentos de reflexión individual y el análisis de datos (categoría reflexivo). De acuerdo a los autores del ILS, lo contrario de *activo* es pasivo, y no reflexivo, que no necesariamente refiere a la actitud de pasividad. Los estudiantes reflexivos suelen ser observadores, creativos, y pueden plantear diversidad de puntos de vista en sus observaciones. Una combinación que tome en cuenta la resolución de problemas, la práctica con variedad de ejercicios, el

trabajo colaborativo, con la alternativa de reflexión introspectiva y la tarea individual, podría ser óptima para atender a la modalidad de procesamiento de la información en este grupo.

Por otra parte, para la tendencia visual, correspondiente a la dimensión de recepción de la información, se implica que los materiales de estudio y el estilo general de la enseñanza, debería privilegiar la presentación de los contenidos mediante esquemas, diagramas, gráficos, y material multimedia como por ejemplo videos e imágenes.

Otra categoría que aparece con tendencia moderada, es la secuencial, que representa la dimensión de comprensión de la información. En este sentido, los estudiantes aprenderán mejor en pequeños pasos incrementales, ordenados en serie, preferentemente desde lo particular hacia lo general, y destacando los detalles.

Finalmente, la percepción de la información observada en el polo de la categoría secuencial, indica la preferencia por conectar la información con el mundo real. La abundancia de ejemplos referidos a contenidos conceptuales y procedimientos colaborará, en este caso, facilitando el aprendizaje.

6. Conclusiones

De acuerdo a los autores de este modelo, el estilo de aprendizaje de un estudiante puede definirse en gran parte por las respuestas a las siguientes preguntas:

1) ¿Qué tipo de información percibe preferentemente el alumno? ¿Externa, sensorial, a través de los sentidos: vista, sonidos, sensaciones físicas, o Interna, de modo intuitivo: ideas, establecimiento de relaciones?

2) ¿Mediante qué canal sensorial percibe mejor la información externa? ¿Con imágenes visuales, diagramas, gráficos, demostraciones? ¿O a través de las palabras o los sonidos?

3) ¿Cómo prefiere procesar la información? ¿Participando activamente en una discusión grupal? ¿O reflexionando individualmente?

4) ¿Cómo se dirige el estudiante hacia la comprensión de la información? ¿De manera secuencial o de manera holística y a grandes saltos? [14]

En correspondencia, el estilo de enseñanza también podría definirse en términos de las respuestas a estos interrogantes.

El docente:

1) ¿Qué tipo de información enfatiza?

2) ¿Qué modo de presentación de los contenidos prefiere?

3) ¿Cómo organiza sus presentaciones?

4) ¿Qué modo de participación estudiantil facilita?

5) ¿Qué tipo de perspectiva proporciona: paso a paso, o global?

En nuestro trabajo, hemos tratado de responder estas cuestiones. Considerando al estudiante como foco del diseño pedagógico, además de las preferencias de estilos de aprendizaje, efectuamos el relevamiento del conocimiento previo, relativo al ítem de dominio que estudiamos. Con estos insumos, realizamos un diseño adaptativo en el proceso de aprendizaje, configurando un AVA en la plataforma Moodle, como complemento de las clases presenciales. Diseñamos ejercicios y materiales variados, de acuerdo, por un lado, a los estilos de aprendizaje, y por otro a los diferentes niveles de conocimiento previo. El progreso del aprendizaje fue evaluado de manera formativa, utilizando para ello los Cuestionarios del Moodle, que fueron también configurados adaptativamente en relación a los perfiles del grupo. Tuvimos especial atención en generar y propiciar una retroalimentación continua, tanto en el AVA como en las clases presenciales. Los resultados actuales de nuestra intervención, muestran el progreso en el proceso de aprendizaje de los estudiantes que participaron en el AVA, y un mejor rendimiento en la evaluación del ítem estudiado [8]. Somos conscientes de la complejidad del aprendizaje, y entendemos que la discusión alrededor de los estilos dista mucho de estar agotada. Sin embargo, resulta un constructo destacado en el ámbito de la personalización del aprendizaje y adaptación de materiales, especialmente en el contexto del E-Learning. Nuestros trabajos futuros se encaminan en la dirección de profundizar el conocimiento que nos posibilite mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje en la universidad, utilizando entornos mediados por computadora como apoyo de las clases presenciales.

7. Referencias

[1] Gu Q., Sumner T., "Support Personalization in Distributed E-Learning Systems through Learner Modeling". In: *2nd Information and Communication Technologies, ICTA*, 2006, vol. 1, pp. 610–615.

[2] Tian, F., Zheng, Q., Gong, Z., Du, J., & Li, R., "Personalized learning strategies in an intelligent e-learning environment". In *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, 2007, pp. 973–978.

[3] Klačnja-Milićević, A., Vesin B., Ivanovic, M., Budimac, Z. y Jain, L., *E-Learning Systems Intelligent Techniques for Personalization*. Springer. 2017. (eBook) Part 2 Chapter 2.

[4] Brusilovsky, P., "Methods and techniques of adaptive hypermedia," *User Modeling and User Adapted Interaction*, Vol. 6, no. 2-3, Julio 1996, pp 87-129.

- [5] Brusilovsky, P, Adaptive hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction, 11(1/2), 2001, pp. 87-110.
- [6] Leris D. y Sein-Echaluce, L., "Aprendizaje: un objetivo del paradigma educativo centrado en el aprendizaje," *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, Vol. 187, Extra 3 - Diciembre 2011, pp. 123-134.
- [7] González, M., Benchoff, D., Huapaya, C., Remon, C., "Aprendizaje Adaptativo: Un Caso de Evaluación Personalizada", *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, no. 19, 2017, pp. 65-72 Disponible: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61262>
- [8] Benchoff, D., González, M., Huapaya, C.: "Personalization of Tests for Formative Self-Assessment". *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. Volume: 13, Issue: 2., 2018. Print ISSN: 1932-8540. Online ISSN: 1932-8540.
- [9] Moser, S. y Zumbach, J., "Exploring the development and impact of learning styles: An empirical investigation based on explicit and implicit measures." *Computers & Education* 125, 2018, pp.146-157
- [10] Vester, F., Denken, Lernen, Vergessen - was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann lässt es uns im Stich? Stuttgart: dva (Deutsche Verlags-Anstalt) [Thinking, learning, forgetting], 1975.
- [11] Dunn, R., & Dunn, K., Teaching elementary student through their individual learning styles. Boston: Allyn & Bacon, 1992
- [12] Kolb, D. Learning style inventory. Boston: McBer & Co., 1985.
- [13] Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K., Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review. Learning and Skills Research, 2004.
- [14] Felder, R. M., & Silverman, L. K., Learning and teaching in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 1988, pp. 674-681.
- [15] Popescu, E., "Adaptation provisioning with respect to learning styles in a w-based educational system: an experimental study". *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(4), 2010, pp. 243-257.
- [16] Brusilovsky, P., "Knowledge Tree: A distributed architecture for adaptive e-learning". In *WWW Alt. '04: Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference on Alternate Track Papers & Posters*, 2004, (pp. 104-113. Disponible en: <http://doi.org/10.1145/1013367.1013386>
- [17] Soloman, B. A. y Felder, R., "Index of learning styles questionnaire.", NC State University. 2005. Disponible en: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>
- [18] Felder, R. y J. Spurlin, "Applications, reliability, and validity of the Index of Learning Styles," *International Journal of Engineering Education*, Vol. 21(1), 2005, pp. 103 - 112.
- [19] Litzinger, T. A., Lee, S. H., Wise, J. C. y Felder, R. M., "A Study of the reliability and validity of the Felder-Soloman Index of Learning Styles", *Proc. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, EE.UU.*, 2005, pp. 1-16.
- [20] Zywno, M. S. , "A contribution to validation of score meaning for Felder Soloman's Index of Learning Styles", *Proc. American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, EE. UU.*, 2003, pp. 23-25
- [21] Rodríguez, J., "Educación médica. Aprendizaje basado en problemas", *Médica Panamericana, México*, 2002. Capítulo 3 pp. 25-45.
- [22] Aragón M. y Jiménez, Y., "Diagnóstico de los estilos de aprendizaje en los estudiantes: estrategia docente para elevar la calidad educativa", *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, 2009, no. 9, pp. 1-21
- [23] Zatarain R. y Barrón, M. , "Herramienta de autor para la identificación de estilos de aprendizaje utilizando mapas auto-organizados en dispositivos móviles", *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2011, Vol. 13, no. 1 pp. 43-55.
- [24] Rodríguez, J. , Fajardo, G. , Higuera F. y González, J. , "Estilos de aprendizaje en internos de pregrado". *Revista Hospital Gral. Dr. M. Gea González*, 2006, Vol. 7, no. 3, pp. 102-107.
- [25] Huapaya, C. , Guccione, L. , Benchoff, D., Lizarralde, F. y Gonzalez, M., "Adaptation Improvement using Fuzzy Logic". *Journal of Computer Science & Technology*, 2015, Vol. 15 no. 2 pp. 143-148.
- [26] Ventura, A.C., Moscoloni N. y Gagliardi, R.P., Estudio comparativo sobre los estilos de aprendizaje de estudiantes universitarios argentinos de diferentes disciplinas, 2012, *Psicología desde el Caribe*, Vol. 29 No. 2.
- [27] Huapaya, C., Modelo Difuso del Estudiante, Proyecto de Investigación: 15/G399, Facultad de Ingeniería, UNMdP, 2014-2015
- [28] Huapaya, C., Adaptación en un ambiente virtual de aprendizaje: pruebas y materiales personalizados, Proyecto de Investigación: 15/G458, ING464/16, Facultad de Ingeniería, UNMdP, 2016-2017

Anexo 1: Resultados del ILS por cohortes

Cohortes	Cantidad estudiantes	Extremo izquierdo: puntaje 9 a 11	Cantidad estudiantes	Izquierdo: Puntaje 5 a 7	Cantidad estudiantes	Puntaje 1 a 3	Cantidad estudiantes	Extremo derecho: puntaje 5 a 7	Cantidad estudiantes	Extremo derecho: puntaje 9 a 11	Total estudiantes
2C-2014	0	extremo activo	5	moderado activo	7	balanceado	2	moderado reflexivo	0	extremo reflexivo	14
	1	extremo secuencial	5	moderado secuencial	7	balanceado	1	moderado global	0	extremo global	
	2	extremo visual	4	moderado visual	7	balanceado	1	moderado verbal	0	extremo verbal	
	1	extremo sensorial	4	moderado sensorial	8	balanceado	0	moderado intuitivo	1	extremo intuitivo	
2C-2015	1	extremo activo	5	moderado activo	11	balanceado	7	moderado reflexivo	1	extremo reflexivo	25
	1	extremo secuencial	7	moderado secuencial	16	balanceado	1	moderado global	0	extremo global	
	1	extremo visual	11	moderado visual	11	balanceado	2	moderado verbal	0	extremo verbal	
	2	extremo sensorial	2	moderado sensorial	19	balanceado	1	moderado intuitivo	1	extremo intuitivo	
1C-2016	1	extremo activo	2	moderado activo	15	balanceado	6	moderado reflexivo	0	extremo reflexivo	24
	1	extremo secuencial	5	moderado secuencial	14	balanceado	3	moderado global	1	extremo global	
	3	extremo visual	5	moderado visual	14	balanceado	2	moderado verbal	0	extremo verbal	
	1	extremo sensorial	5	moderado sensorial	15	balanceado	2	moderado intuitivo	1	extremo intuitivo	
2C-2016	4	extremo activo	4	moderado activo	23	balanceado	7	moderado reflexivo	1	extremo reflexivo	39
	0	extremo secuencial	9	moderado secuencial	25	balanceado	5	moderado global	0	extremo global	
	5	extremo visual	13	moderado visual	18	balanceado	3	moderado verbal	0	extremo verbal	
	2	extremo sensorial	5	moderado sensorial	27	balanceado	4	moderado intuitivo	1	extremo intuitivo	
1C-2017	2	extremo activo	4	moderado activo	11	balanceado	6	moderado reflexivo	0	extremo reflexivo	23
	0	extremo secuencial	3	moderado secuencial	17	balanceado	3	moderado global	0	extremo global	
	4	extremo visual	5	moderado visual	12	balanceado	2	moderado verbal	0	extremo verbal	
	0	extremo sensorial	5	moderado sensorial	16	balanceado	2	moderado intuitivo	0	extremo intuitivo	
1C-2018	0	extremo activo	3	moderado activo	18	balanceado	3	moderado reflexivo	0	extremo reflexivo	24
	2	extremo secuencial	5	moderado secuencial	16	balanceado	1	moderado global	0	extremo global	
	3	extremo visual	7	moderado visual	14	balanceado	0	moderado verbal	0	extremo verbal	
	0	extremo sensorial	9	moderado sensorial	13	balanceado	2	moderado intuitivo	0	extremo intuitivo	
2C-2018	0	extremo activo	4	moderado activo	27	balanceado	9	moderado reflexivo	2	extremo reflexivo	42
	3	extremo secuencial	9	moderado secuencial	28	balanceado	1	moderado global	1	extremo global	
	7	extremo visual	12	moderado visual	18	balanceado	2	moderado verbal	3	extremo verbal	
	3	extremo sensorial	9	moderado sensorial	28	balanceado	1	moderado intuitivo	1	extremo intuitivo	

Síntesis de estilos de aprendizaje de las 7 cohortes por dimensiones

Nº estudiantes	Extremo izquierdo	Nº estudiantes	Izquierdo: Puntaje 5 a 7	Nº estudiantes	Puntaje 1 a 3	Nº estudiantes	Extremo derecho: puntaje 5 a 7	Nº estudiantes	Extremo derecho	Nº total
8	extremo activo	27	moderado activo	112	balanceado	40	moderado reflexivo	4	extremo reflexivo	191
8	extremo secuencial	43	moderado secuencial	123	balanceado	15	moderado global	2	extremo global	
25	extremo visual	57	moderado visual	94	balanceado	12	moderado verbal	3	extremo verbal	
9	extremo sensorial	39	moderado sensorial	126	balanceado	12	moderado intuitivo	5	extremo intuitivo	

Estrategia Pedagógica Interdisciplinaria Para Abordar Problemas Contextualizados

María Joselevich^{*1,2}, Marcelo Cappelletti^{1,3}, Roberto Alonso^{1,3}, Ramiro Irastorza^{1,3}, Jéssica Guzmán¹,
Matías Suárez¹, Martín Morales^{1,4}, Alejandra Serial^{1,2,5}, Nicole Denon¹ y Lucas Olivera¹

¹ Programa Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social, Instituto de Ingeniería y Agronomía, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ),

² Centro de Política Educativa, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ),

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),

⁴ Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Unidad CodApli,

⁵ Instituto de Ciencias Sociales y Administración, Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ),
Avenida Calchaquí N° 6200, Florencio Varela (1888)

* mjoselevich@unaj.edu.ar

Resumen

El comienzo de los estudios universitarios suele ir acompañado por distinto tipo de obstáculos que hacen que los primeros años tengan un índice de deserción bastante pronunciado y superior al que se observa en los años superiores. En este trabajo se presenta una propuesta didáctica de articulación entre dos asignaturas de segundo año de la carrera de Ingeniería en Informática de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ), llevada a cabo a lo largo del segundo cuatrimestre del año 2016. La experiencia se realizó con el asesoramiento y la colaboración del equipo del área de Grado del Centro de Política Educativa (CPE), en el marco de un proyecto pedagógico más amplio cuyo principal propósito es la articulación de saberes de distintos espacios curriculares y se lleva adelante de manera conjunta con el Instituto de Ingeniería y Agronomía.

1. Introducción

El rezago, la deserción y la permanencia de los estudiantes en los estudios superiores son temas que impactan en mayor o menor medida en los sistemas educativos de todo el mundo [1]. Según datos de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación, una proporción importante de quienes ingresan a las universidades argentinas no se gradúan y, quienes lo hacen, demoran más años de los previstos por los planes de estudio [2].

Los elementos que intervienen en las situaciones de rezago y abandono de los estudiantes universitarios son diversos. Su complejidad invita a abordar el problema desde iniciativas que atiendan los múltiples factores que en él intervienen. Varias investigaciones abordan la problemática del estudiante universitario desde

perspectivas diferentes y advierten que se debe considerar la confluencia de los distintos factores intervinientes para explicar tanto la permanencia y el abandono, el éxito o el fracaso académico. Sin embargo, los autores coinciden en la necesidad de considerar los condicionantes de índole motivacional y actitudinal y no centrarse sólo en temas relacionados con dificultades en el estudio o el aprendizaje. El rendimiento académico de los estudiantes debería entonces considerarse como resultado de una serie de factores que van de lo personal a lo institucional y contextual. Ruiz y col. sugieren que estos aspectos poseen un potencial predictor igual o mayor que los cognitivos o intelectuales [3].

Los problemas de bajo rendimiento académico de los estudiantes universitarios, son especialmente acuciantes en los primeros años de carrera [4]. Esto es motivo de preocupación y objeto de estudio de múltiples investigaciones en nuestro país [5, 6].

En particular para las carreras de ingeniería, este tema requiere una especial atención pues, como se puede observar en el Anuario de Estadísticas Universitarias publicado por la Secretaría de Políticas Universitarias [2], la relación egresados/ estudiantes es más baja que la general para las Universidades Nacionales.

El escenario descrito más arriba genera la necesidad de considerar estrategias institucionales, académicas y pedagógico-didácticas particulares para buscar garantizar la inclusión y favorecer la permanencia de los estudiantes que asiste a la Universidad.

Desde el inicio de sus actividades, en el año 2011, la UNAJ ha contribuido sustancialmente al desarrollo del partido de Florencio Varela y alrededores, una región altamente relegada en cuanto a la educación superior

[7]. Desde el propio Proyecto Institucional (accesible en

https://www.dropbox.com/s/e7n3vhayyvi64s/Proyecto_Institucional_UNAJ.pdf?dl=0) y a partir de diferentes iniciativas la Universidad se ha propuesto diseñar e implementar estrategias de enseñanza que, atendiendo tanto a la heterogeneidad social y económica como a la diversidad de trayectorias educativas previas de los ingresantes, tienen como objetivo producir algunas transformaciones en relación al modelo educativo universitario que podemos llamar tradicional y lograr una mayor retención y graduación de los estudiantes.

Estas estrategias pedagógicas, que comprenden tanto al diseño curricular como a las prácticas docentes, son consideradas centrales en la propuesta de esta universidad, porque se parte de la idea de que sin una transformación de ellas, las acciones de apoyo a los ingresantes que puedan implementarse (tutorías, clases de apoyo, etc.), no resultan suficientes para lograr su inserción en la universidad.

Como parte de ese conjunto de estrategias, se encuentra el trabajo sistemático de los equipos interdisciplinarios conformados por integrantes de las unidades académicas, en este caso el Instituto de Ingeniería y Agronomía, y el Centro de Política Educativa (CPE).

El CPE, a través de su Unidad de Asuntos Académicos (UAA) atiende, entre otros temas, el acompañamiento a los docentes de la universidad en la búsqueda e inclusión en sus clases de opciones en las prácticas pedagógicas tendientes a mejorar la enseñanza y la retención de los estudiantes. Si bien las acciones que desarrollan en la UAA están dirigidas a distintas áreas y carreras, aquí interesa distinguir particularmente aquellas orientadas a los primeros años, en las que se enmarca la experiencia que se presenta a continuación.

2. La Propuesta

Como se vio más arriba, los primeros años de pasaje por la universidad constituyen, según muchos autores, una etapa crítica que deben superar los estudiantes para llevar sus estudios a un buen puerto. Por eso, el presente estudio se enfoca en dos materias del inicio de las carreras de ingeniería.

En este sentido, un aspecto a destacar en esta problemática es que, en los años iniciales, cuando la mayoría de los estudiantes abandonan estas carreras, difícilmente han podido tener un acercamiento cabal a lo que implicaría su desempeño profesional pues prácticamente no han tenido contacto con asignaturas propias de la especialidad elegida. Así, resulta interesante proponer a los estudiantes el abordaje de contenidos de materias aparentemente ajenas a su campo profesional específico desde el punto de vista de

otras que sí parecen más enfocadas al futuro desempeño profesional.

Un antecedente que avala esta iniciativa es el estudio que realizaron Barrera Hernández, y colaboradores [8] en el cual evaluaron la relación entre la perspectiva de tiempo futura y el rendimiento académico. Los investigadores trabajaron con un centenar de estudiantes de una universidad mexicana, tomando como índice de rendimiento académico el promedio general de sus calificaciones. Así, basándose en la idea de que las personas con una orientación temporal hacia el futuro tienden a aspirar a metas y recompensas en el futuro, concluyeron que la orientación futura influye positivamente en el rendimiento académico.

En base en lo dicho hasta ahora, un grupo de docentes de la carrera de Ingeniería en Informática, con el apoyo de la UAA del CPE, se propuso generar un espacio para la articulación de contenidos de dos asignaturas de segundo año, con el propósito principal de propiciar en los estudiantes la adquisición de habilidades que les permitieran encarar adecuadamente proyectos de ingeniería y, a la vez, mejorar su rendimiento académico.

En este trabajo presentamos la experiencia inicial que se llevó a cabo a lo largo del segundo cuatrimestre del año 2016.

Se formó un equipo docente conformado por integrantes de dos asignaturas de segundo año de la carrera: Complejidad Temporal y Estructura de Datos y Algoritmos (CTEDyA), correspondiente al bloque curricular de las tecnológicas básicas, del área de Programación, y Física I, perteneciente a las ciencias básicas. Este equipo diseñó la propuesta articulada, acompañó a los estudiantes en el desarrollo de los trabajos y compartió su evaluación. Así, los informes finales fueron considerados tanto desde el punto de vista de la programación como del de la utilización de los conceptos físicos vistos en clases. Siendo ésta una prueba piloto, se invitó a participar a estudiantes que estuvieran cursando ambas materias en forma simultánea. La participación fue optativa quedando para los estudiantes la alternativa de cerrar las cursadas de las materias con exámenes finales tradicionales. En los casos en que eligieron realizar esta propuesta, los estudiantes mantuvieron la estructura normal de cursada de las materias y destinaron tiempo extra a la preparación de sus proyectos. La realización del Trabajo Final abarcó las últimas seis semanas de clase.

3. Las Asignaturas

De acuerdo a la estructura curricular de la carrera Ingeniería en Informática del Instituto de Ingeniería y Agronomía de la UNAJ, las materias CTEDyA y Física I son dos asignaturas de carácter obligatorio

correspondientes al segundo cuatrimestre de segundo año.

La primera de ellas es una asignatura perteneciente al bloque curricular de las materias tecnológicas básicas, más precisamente al área de Programación, donde se les brinda a los estudiantes las técnicas algorítmicas elementales que le permitirán abordar el desarrollo de programas correctos y eficientes para resolver problemas no triviales. En ella, se introducen los conceptos básicos de la Programación Orientada a Objetos (POO).

Por su parte, Física I es una asignatura que forma parte del bloque curricular de las ciencias básicas, las cuales están orientadas a contribuir a la formación lógico-deductiva del estudiante, adquirir el conocimiento fundamental de los fenómenos de la naturaleza, proporcionar herramientas que le permita modelar los fenómenos de la naturaleza y a brindar la formación conceptual que facilitará el aprendizaje posterior de disciplinas específicas. En esta materia los estudiantes abordan los conocimientos básicos y fundamentales vinculados con la mecánica clásica, tanto de partículas como de sistemas, fluidos, termodinámica y el estudio de los fenómenos ondulatorios.

3.1. Complejidad Temporal y Estructura de Datos y Algoritmos

La materia CTyEDA es una asignatura de 4 horas semanales, dictada una vez por semana, lo que implica 64 horas totales de cursada en el cuatrimestre. Las clases se desarrollan en los Laboratorios de Informática de la UNAJ, los cuales son aulas informatizadas que cuentan con 30 computadoras con equipamiento multimedia y acceso a Internet.

Las clases se organizan en la modalidad teórico-práctica, poniendo énfasis en la resolución de problemas tipo y de problemas abiertos de ingeniería a través de la computadora, utilizando aplicaciones de uso en la industria que permitan un contacto directo con las tecnologías actuales, para lo cual se proponen ejercicios prácticos relacionados con la implementación de una aplicación determinada en base a la POO.

3.2. Física I

Física I, por su parte, es una asignatura de 9 horas semanales, dictada dos veces por semana (144 horas totales de cursada en el cuatrimestre). Las clases son organizadas en la modalidad teórico-práctica en la cual están integradas las actividades prácticas de laboratorio de asistencia obligatoria.

Se utilizan distintas herramientas, desde pizarrón y diapositivas hasta software interactivo y videos, con los

cuales se busca reconstruir determinadas leyes y conceptos físicos relacionados. Se trabaja en la resolución de problemas tipo y con actividades de laboratorio en las cuales se pone énfasis en el desarrollo de aptitudes y habilidades para el manejo e interpretación de la lectura de instrumentos de laboratorio, en el diseño de experimentos, la toma de muestras y el análisis de resultados.

3.3. La Articulación

La facultad de encarar proyectos y diseños que resuelvan problemas es una competencia fundamental que deben adquirir los futuros ingenieros. Buscando su desarrollo, se invitó a los estudiantes que eligieron participar a abordar contenidos vistos en las materias participantes del proyecto y desarrollar para ellos soluciones informáticas. Se trabajó con un enunciado que contemplaba por un lado aspectos de la física (cinemática, trabajo y energía, leyes de Newton) y por otro uno de los temas más importantes vistos en la materia CTEDyA, como lo es la teoría de grafos. Los estudiantes trabajaron durante seis semanas en las cuales diseñaron y desarrollaron sus propuestas y mantuvieron reuniones de trabajo con los docentes de ambas materias. Finalmente, presentaron sus resultados mediante un informe escrito y en un coloquio público presencial.

El informe debió incluir los siguientes apartados:

- 1) Datos de los autores del trabajo final.
- 2) Detalles del fenómeno físico analizado:
 - Breve descripción de la teoría involucrada.
 - Esquema de la situación mediante la teoría de grafos.
 - Modelos físicos utilizados.
- 3) Detalles de la implementación:
 - Condiciones de ejecución del software: restricción sobre plataformas o alguna otra condición que quieran mencionar, formato de los datos de entrada, etc.
 - Problemas encontrados. Formas de solucionarlos.
 - Ideas o sugerencias para mejorarlo o realizar una versión avanzada del mismo.
- 4) Ejemplo de resultados de simulaciones.
- 5) Conclusiones.
- 6) Bibliografía.

3.4. Enunciado

Un viajante de comercio debe recorrer distintas ciudades de la provincia de Buenos Aires debido a su actividad. Para lo cual cuenta con un mapa de ciudades

y rutas provisto por la Agencia Provincial de Tránsito. En dicho mapa, se detallan los siguientes datos para cualquier par de ciudades adyacentes A y B:

- Distancia entre ciudades A y B.
- Velocidad máxima permitida en la ruta.
- Peso máximo permitido del vehículo en la ruta.
- Altura respecto al nivel del mar de cada ciudad.

El viajante de comercio es un asiduo aficionado a la física y lo ha contratado a Ud. para que construya un sistema informático capaz de calcular, a partir de los datos proporcionados en el mapa, las siguientes proyecciones:

1. Tiempo mínimo entre una ciudad origen y otra destino.
2. Ruta desde una ciudad origen y otra destino donde el consumo de combustible sea mínimo.
3. Variación de Energía Potencial Gravitatoria entre una ciudad origen y todas las ciudades vecinas.

3.5. Resultados

La resolución del problema implicó el diseño de un modelo para describir el problema físico (Figura 1). La Figura 1 muestra el esquema entre dos ciudades genéricas A y B.

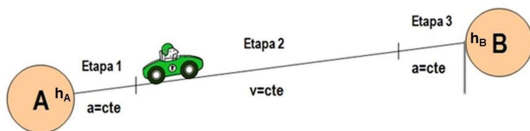


Figura 1. Representación de un análisis de la trayectoria del vehículo para calcular el tiempo que tarda en llegar de la ciudad A a la ciudad B.

Utilizando este modelo, se debió desarrollar un grafo no dirigido (mapa) para determinar o bien el camino de menor tiempo para llegar de un vértice o nodo (ciudad) a otro, o el camino en el que se consume el menor combustible. Una ciudad se conectaría con otra por medio de una arista (ruta) con un peso (o costo) de segundos o de litros de combustible a evaluar. Todos los códigos fueron elaborados utilizando la POO para representar el planteo del enunciado y escritos en el lenguaje de programación C#.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo del grafo resultante a partir de la información que se encuentra en el archivo con sus respectivos nodos adyacentes.

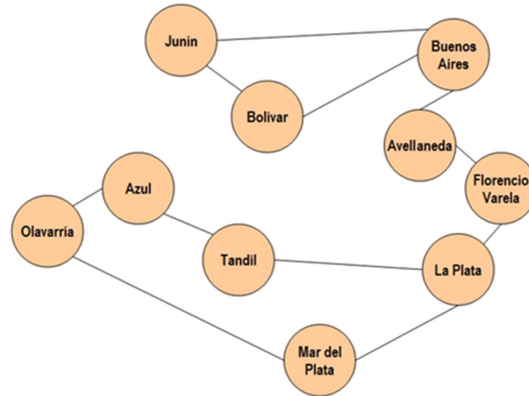


Figura 2. Ejemplo de grafo.

Los estudiantes utilizaron diferentes estrategias para encarar la misma situación problemática, demostrando así la versatilidad de herramientas adquiridas durante las cursadas de ambas materias. Por ejemplo, para buscar el mejor camino entre dos nodos (ya sea el camino más corto o el que insuma menos costo), eligieron distintos algoritmos: en algunos casos, emplearon el algoritmo de búsqueda en profundidad adaptado (DFS: Depth First Search), el cual permite recorrer todos los nodos del grafo de manera ordenada, pero no uniforme. En otros casos utilizaron el algoritmo de Dijkstra, el cual es más eficiente dado que tiene un menor tiempo de ejecución.

La Figura 3 muestra una pantalla de ejemplo del camino que recorre el vehículo para ir desde Florencio Varela hasta Olavarría con el mínimo consumo de combustible. Mientras que la Figura 4 muestra la pantalla cuando el vehículo recorre el mismo origen y destino pero en el menor tiempo.

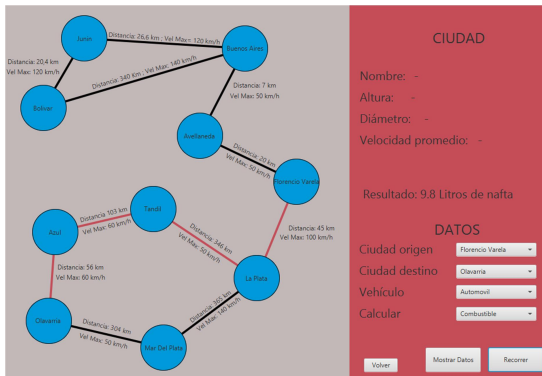


Figura 3: Ejemplo del camino que une Florencio Varela hasta Olavarría con el menor consumo de combustible.

Uno de los requisitos que debía cumplir el código era la carga de datos a partir de archivos de texto proporcionados por los docentes. Estos archivos contenían algunos datos útiles como las alturas sobre el nivel del mar de las ciudades elegidas, las velocidades medias permitidas para la circulación en sus calles, las velocidades máximas permitidas para la circulación en las carreteras que las unen y las distancias entre ciudades vecinas, entre otros datos. A partir de estos archivos se debía cargar los datos, definir las clases y armar el grafo de las ciudades.

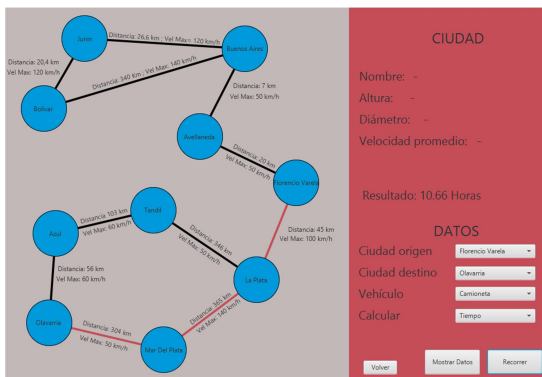


Figura 4: Ejemplo del camino que une Florencio Varela hasta Olavarría con el menor tiempo de recorrido.

3.6. Opiniones de Estudiantes

Los estudiantes se mostraron sumamente comprometidos con la realización de sus trabajos finales y las presentaciones dieron cuenta de la articulación realizada entre saberes de las dos materias, lo que implicó trabajar en un entorno complejo y

situado en la perspectiva de su futura profesión de Ingenieros en Informática.

En ese sentido, según sus propias palabras:

- *“La experiencia me resultó interesante, poder realizar esta articulación que plantea lo que ocurre en la vida, porque los problemas no van a estar divididos en materias. Entonces esto nos permite ir viendo lo que nos vamos a topa en la vida real. Tenés que mostrar tus conocimientos en una sola situación”.*
[\(https://www.unaj.edu.ar/abordar-problemas-reales-como-propuesta-de-aprendizaje/\)](https://www.unaj.edu.ar/abordar-problemas-reales-como-propuesta-de-aprendizaje/)
- *“Fue un trabajo muy interesante gracias a la articulación entre las dos asignaturas. Un trabajo bastante completo con respecto a lo estudiado durante el cuatrimestre. En lo personal fue un gran desafío que pude sortear para poder aprobar las dos materias. Y mis complicaciones más graves fueron respecto a los modelos y ecuaciones de física y no tanto con la implementación de los grafos”.*
- *“El trabajo final permite vincular los conocimientos adquiridos durante las cursadas de Física I y Complejidad Temporal, Estructuras de Datos y Algoritmos. Se requirió generar un planteo ordenado y preciso para llevar a cabo la tarea”.*
- *“Del trabajo aprendí que se puede generar un modelo informático acerca de cómo funciona la Física o que la Física se encuentra presente en cualquier lugar de la naturaleza. Del material obtenido durante las cursadas, también, los contactos con compañeros me ayudaron a resolver los enunciados. La programación orientada a objetos, resulta ser muy práctica cuando es utilizada”.*
- *“En el sentido de Física, resultó una perfecta experiencia mostrar los saberes obtenidos en la cursada. Los proyectos siempre resultan una buena experiencia tanto personal como profesional. Recalco la buena participación de los profesores, y las asistencia de cada uno de ellos”.*

4. Conclusiones

La propuesta de articulación presentada se propuso fomentar en los estudiantes el aprendizaje significativo, la integración de saberes provenientes de diferentes asignaturas y, a la vez, contribuir al desarrollo de habilidad conceptuales e interpersonales, a partir de una consigna de trabajo que los acercara a situaciones similares a las que enfrentarán en su vida profesional.

Los estudiantes diseñaron modelos y aplicaciones que resolvían con éxito el problema físico planteado por los docentes. Estas aplicaciones fueron informadas por escrito y presentadas en un coloquio público presencial en el cual los estudiantes debieron introducir al público en la problemática que habían debido resolver, el desarrollo que realizaron y la aplicación que resultó de su proyecto.

Las tareas requeridas para llevar adelante este proyecto requirieron de un fuerte compromiso y dedicación de parte de muchos actores: los estudiantes, los docentes de ambas asignaturas y el equipo del área de Grado del Centro de Política Educativa (CPE). Se generó un espacio de intercambio de ideas muy enriquecedor gracias a la muy buena predisposición de los actores involucrados. Este espacio sigue en construcción y crecimiento con el propósito de mejorar la propuesta y realizar otras experiencias.

5. Referencias

[1] Urbina JE & Ovalle G.A. (2016) Abandono y permanencia en la educación superior. Una aplicación de la teoría fundamentada *Sophia* 12 (1): 27-37.

[2] Secretaría de Políticas Universitarias (SPU). Ministerio de Educación de la Nación. Anuario de Estadísticas Universitarias Argentinas 2015. Accesible en <http://informacionpresupuestaria.siu.edu.ar/DocumentosSPU/diu/Anuario%202015%20-%20ESTAD%C3%8DSTICAS%20UNIVERSITARIAS%20ARGENTINAS%20-%20SPU%20.pdf> Fecha acceso: 10 de septiembre de 2018.

[3] Ruiz, G., Ruiz, J., & Ruiz, E. (2010). Indicador global de rendimiento. Revista Iberoamericana De Educación, 52(4), 1-11. Recuperado a partir de <https://rieoei.org/RIE/article/view/1785> Fecha acceso: 10 de septiembre de 2018.

[4] Ezcurra, A.. *Igualdad en educación superior. Un desafío mundial*. Los Polvorines, Argentina: IEC-Universidad Nacional de General Sarmiento, 2011.

[5] Cuenca Pletsch L.R., Dalfaro N.A., Maurel M.C., Soria F.H. (2011) "El desgranamiento temprano en la Facultad Regional Resistencia: Resultados y Conclusiones". Publicado en La Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N. - en el Nordeste Argentino – N.E.A. Investigación y Desarrollo en la Facultad Regional Resistencia. ISBN Nº 978-987-27897-3-3. EdUTecNe – Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/investigacion_fr/res/Maurel_Ciencias_Sociales.pdf. Fecha acceso: 10 de septiembre de 2018.

[6] Cuenca Pletsch, Liliana. (2017) "El aporte del CONFEDI al eje Mejoramiento de indicadores académicos para el incremento de la graduación en Ingeniería" Revista Argentina

de Ingeniería AÑO 5 - VOLUMEN 9 - MAYO DE 2017. Disponible en: <http://radi.org.ar/wp-content/uploads/2017/08/RADI-9-MAYO-DE-2017-WEB-2.pdf>. Fecha de última consulta: 30 de agosto de 2018.

[7] Accinelli, A. Losio, M.; Macri, A. "Acceso, rezago, deserción y permanencia de estudiantes en las universidades del Conurbano Bonaerense: análisis a partir de datos oficiales", Debate Universitario, 9, Noviembre 2016, pp. 33-52.

[8] Barrera Hernández, L. F., Sotelo Castillo, M. A., Vales García, J. J. y Ramos Estrada, D. Y. (2018). Perspectiva temporal hacia el futuro y rendimiento académico en estudiantes universitarios. Educación y ciencia, 7(49), 37-44.

Programa de Tutorías de Inicio de Carrera: Experiencia del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información *Lic. Alejandra María Odetti, Ing. Esp. Amalia Inés Haefeli, Ing. Esp. Roberto Miguel Muñoz*

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
{maaodetti, inshaefelil, robertmunioz}@gmail.com

Resumen

El Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información de la Facultad Regional Córdoba de UTN, sostenido en experiencias anteriores de tutoría para sus estudiantes, implementa desde comienzos del año 2014 un programa destinado a la retención de sus estudiantes en los dos primeros años de su carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Este artículo aborda la descripción de esta experiencia mostrando algunos resultados, limitaciones y propuestas de mejora.

Palabras Clave: Deserción, desgranamiento, tutoría.

1. Introducción

La deserción en las universidades públicas argentinas es un tema de agenda de política universitaria. Con números que indican que alrededor del 50% de los ingresantes desertan del sistema universitario, porcentaje que es mayor en carreras de ingenierías, la deserción se constituye en un fenómeno que intenta ser contenido desde las políticas de gestión universitaria [1]. Esto es evidenciado por el interés que el tema suscita en los procesos de evaluación y acreditación de carreras y por acciones de financiamiento tanto a las instituciones para mejorar la contención, como a los propios estudiantes mediante diferentes sistemas de becas universitarias [2].

Pero más allá del interés propio del sistema educativo superior en la retención de sus estudiantes, también es de destacar el papel que las universidades tienen en el desarrollo económico del país. Especialmente las carreras vinculadas a la informática y los sistemas de información tienen un destacado papel en el desarrollo tecnológico nacional y en la capacidad de creación de importante capital económico. Es por esta razón que los gobiernos, nacional y provincial, propician y fomentan el estudio de carreras

informáticas, mediante diversas becas, tanto para alumnos que comienzan sus estudios, como líneas especiales para finalización de carrera.

Por otro lado, el interés de los jóvenes en incorporarse a carreras de ingeniería es bajo. A pesar de los estímulos importantes para la selección de carreras informáticas, la matrícula permanece sin alteraciones importantes entre un año y otro.

La baja matriculación en carreras relacionadas a la informática, sumada a la deserción de los estudiantes, genera egresos de profesionales del sistema universitario que son escasos en relación a las necesidades del sistema productivo.

La deserción constituye un fenómeno susceptible de ser objeto de miradas desde diferentes ángulos y abordajes variados para su solución.

Actualmente las universidades realizan el análisis desde una mirada globalizadora y del conjunto de los estudiantes, identificando tendencias y generalidades que, en su interior, posee una variada gama de causas posibles, y por ende, variadas maneras de encarar su solución. Es por eso que se torna necesario el desarrollo de mecanismos que generen la identificación de quienes están en potencial riesgo de abandono, para, una vez detectados, ejercer sobre ellos una serie de acciones tendientes a su contención.

A su vez, es necesario también que estas señales de alerta sean visualizadas con la mayor anticipación posible, de modo de dar rápida respuesta y solución a situaciones problemáticas.

Las estadísticas de rendimiento y deserción realizadas al finalizar los períodos permiten la toma de decisiones y realización de acciones de cobertura general: modificación de regímenes de correlatividades, ajustes en sistemas y modalidades de evaluación,

modificación de contenidos y/o modalidad de dictado de los mismos [3].

Dichas medidas encaminadas hacia la totalidad de la población estudiantil son favorables en la atención de necesidades del conjunto de estudiantes de una determinada carrera, pero dejan en el camino a quienes poseen una dificultad especial o problemática de abordaje particular.

Los problemas académicos, actitudinales y motivacionales deben ser abordados de una manera específica.

Es aquí donde aparecen las tutorías como un mecanismo capaz de contener a los individuos con dificultades o problemáticas que salen de la regla de lo general.

Así mismo, las dificultades que los estudiantes presentan a lo largo de su carrera son diversas: no son las mismas para un ingresante que se enfrenta por primera vez a las aulas numerosas, a compañeros desconocidos, a una institución muchas veces inabordable y en algunos casos desarraigo del seno familiar; a las de un estudiante avanzado, afianzado en lo institucional, pero con problemáticas más cercanas a la vida laboral y con frecuencia, con un proyecto familiar propio.

El Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información puso en marcha en el año 2014 un Programa de Tutorías para estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, a la que luego incorporó el segundo año de la carrera en el año 2015, conformando así, un espacio de contención y afianzamiento que permite a los alumnos consolidarse en su vida universitaria.

2. Marco Teórico

La Carrera de Ingeniería en Sistemas de Información ha desarrollado desde el año 2010 un importante camino de mejoras, tendientes a su evaluación por parte de la CONEAU. Obtenida la acreditación y afianzada sólidamente en el contexto de las ofertas académicas de excelencia en el sistema universitario cordobés y nacional, se vienen implementado acciones en variadas direcciones tendientes a la concreción del Plan de Mejoras. El fortalecimiento de la investigación, la implementación de carrera docente, mejoras de infraestructura, recursos en laboratorios, condiciones de estudio y de trabajo para alumnos y docentes, y el

fortalecimiento de planes de tutorías para estudiantes son ejemplos de ello.

En relación a las tutorías, existían de manera afianzada experiencias para estudiantes avanzados de la carrera, con dificultades para concretar su egreso, las que han resultado altamente satisfactorias, tanto para la institución como para los alumnos. No obstante ello, el tramo inicial de la carrera se mantenía como un espacio con deudas en acciones de apoyo y contención. Si bien algunas iniciativas informales existían, resultaban insuficientes para un fenómeno complejo y de multicausalidades que debe ser abordado con una mirada de manera más integral.

El mayor porcentaje de deserción se produce en estudiantes durante el tramo inicial de la carrera, particularmente durante el transcurso del primer año [4].

De encuestas obtenidas en el marco del proyecto “Sistema de Monitoreo de la población estudiantil universitaria en riesgo de deserción con marco en el uso intensivo de tecnologías de la información” e investigaciones relacionadas [5], se identifican como las más importantes dificultades de los alumnos las siguientes:

- Inseguridad en el manejo de competencias de estudio: El egresado de nivel medio demuestra, en general, limitaciones en el manejo de herramientas y estrategias que le permitan abordar este nuevo desafío académico. Dificultades en el abordaje de competencias como: comprensión de textos, expresión oral, resolución de problemas, sumadas a escasos hábitos de estudio, dificultades en la organización del material y planificación del tiempo de estudio son una muestra de esta problemática.
- Integración al contexto estudiantil e institucional: Dificultades extras al desafío académico que implica una carrera universitaria: el ingreso a una institución numerosa, sin el acompañamiento y contención de los pares que los acompañaron en todo el ciclo educativo anterior, ni de su familia.
- Variables motivacionales y/o vocacionales: La imagen que el estudiante tiene del perfil del Ingeniero en Sistemas al momento de la elección de la carrera no es correcta, por lo general es ambigua y confusa, y en general está asociada a la de programador. El desconocimiento del mercado de trabajo, sus posibilidades de proyección
- Dificultades económicas: Las dificultades económicas son también obstáculos con los que se enfrentan algunos estudiantes ingresantes. La

existencia de programas de becas de variadas fuentes de financiamiento, que van desde becas de material bibliográfico otorgadas por la propia institución, así como becas provenientes del gobierno provincial o nacional ayudan a resolver al menos parcialmente estas situaciones, aunque muchas veces la dificultad reside en el desconocimiento de estos sistemas de becas y de los mecanismos de tramitación de las mismas.

El programa de tutoría inicia en abril del año 2014 con el objeto de abordar la problemática, intentado lograr mayor contención de los alumnos de primer año, actuando sobre algunas de las causales de dificultades de los alumnos en ese tramo de carrera.

Las tutorías iniciaron con un equipo conformado por dos docentes en funciones de coordinación y 11 monitores, estudiantes avanzados de la carrera, y docentes voluntarios de las cátedras de primer año.

A la fecha, el programa de Tutorías de Primer año de la carrera de Ingeniería en Sistemas, se ha transformado en el programa de Tutorías de Inicio de Carrera, sumando las tutorías para materias del segundo año.

El programa de Tutorías de Primer año, ha sido tomado a mediados del año 2018 como propio por las autoridades de la Facultad Regional Córdoba, resolviendo la implementación del mismo, con las adecuaciones convenientes, para el primer año de todas las carreras dictadas en la institución.

El Programa de Tutorías de inicio de Carrera se crea con la intención de ofrecer un espacio, en el que el estudiante de primer año voluntariamente puede participar y recibir el acompañamiento de estudiantes avanzados y docentes tutores quienes intentarán solucionar en parte las problemáticas anticipadas, entre otras problemáticas emergentes.[6]

3. Objetivos y Metodología

El Programa de Tutorías de Inicio de Carrera se propone contribuir en la mejora del desempeño académico y a la disminución de la deserción de los estudiantes en el tramo inicial, comprendido por los dos primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información

Como objetivos específicos podemos mencionar:

- Identificar las causas que producen la deserción estudiantil en los primeros años de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.
- Atender las necesidades de los estudiantes a través de un plan de estrategias de mejora de rendimiento académico y disminución del abandono
- Promover la participación de estudiantes en actividades de socialización que fomenten la integración y faciliten la pertenencia institucional.
- Identificar de manera temprana, las dificultades disciplinares y/o procedimentales de modo de poder realizar rápidas adecuaciones en las cátedras involucradas en Tutorías.

El programa se concibe como una propuesta de variadas actividades integradas de apoyo y acompañamiento al estudiante de los dos primeros años de la carrera.

- De apoyo: se pretende brindar apoyo a los estudiantes en los siguientes aspectos.
 - Académico: de soporte a las materias de primer y segundo año pertenecientes a Sistemas de Información.
 - Metodológico: a través del desarrollo de talleres y consultas relativas a métodos y técnicas de estudio.
 - Administrativo: orientando a los alumnos en consultas sobre trámites y procedimientos administrativos.
- De acompañamiento: actividades centradas en la contención de los estudiantes en la vida institucional. Para la realización de las actividades y tareas previstas, el Programa de Tutorías cuenta con los siguientes participantes:
 - Coordinadores: Una Ing. en Sistemas de Información y una Lic. en Cs. de la Educación. Están a cargo de la coordinación y organización del programa.
 - Docentes Tutores: Un docente por cada asignatura vinculada.
 - Monitores Estudiantes: Son cinco estudiantes avanzados de la carrera, que ofician de intermediarios en la comunicación entre los docentes y tutores.

4. La evolución del Programa de Tutorías de Inicio de Carrera

El programa de Tutorías de Primer Año de la carrera de Ingeniería en Sistemas ve la luz en el año 2014, y a lo largo del tiempo transcurrido, no solo ha evolucionado a programa de Tutorías de inicio de carrera en el Departamento para la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, sino que las nuevas autoridades de la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Facultad Regional Córdoba han adoptado la experiencia realizada estos años para hacerla extensiva a todas las carreras de la Facultad.

A continuación se presenta un breve repaso de la evolución del programa: hasta la fecha:

• 2014. Los primeros pasos

El programa fue inaugurado en abril del año 2014, y presentado a los profesores que integran las Cátedras que constituyen las asignaturas troncales de la Carrera (SOR, AED y MAD).

El proyecto aún no contaba con financiamiento acordado, de modo que los participantes trabajaban de manera voluntaria.

La estructura era la siguiente:

2 Coordinadores (una coordinadora Educadora y una Ingeniera)

- 11 Monitores estudiantes avanzados de la carrera
- 3 docentes voluntarios de MAD, AED y SOR

En ese primer momento se comienzan a tejer relaciones del programa con las cátedras bajo tutorías, de modo de identificar aspectos donde estas necesitan refuerzo para la contención de los estudiantes.

El nivel de participación de los estudiantes no es muy importante, y es dispar por materia.

Se comienzan a probar los diferentes instrumentos de recopilación de datos de actuación de los participantes de las tutorías.

Se confirman alguna hipótesis en cuanto a las dificultades que presentan los estudiantes de primer año, mencionando como las más importantes, entre otras:

- Dificultades asociadas a métodos de estudio.
- Problemas de organización del tiempo para estudiar
- Dificultades asociadas a conocimientos y herramientas débilmente adquiridos en la secundaria.
- Dificultad de visualizar claramente el futuro profesional
- Dificultades administrativas (en menor grado)

Se realizaron acciones de difusión del programa, realizando visitas en los cursos, y con cartelería en las aulas de primer año, con Facebook y Moodle.

• 2015. La consolidación de la Tutorías de Primer Año.

Para el 2015, el programa de Tutorías de primer año obtiene financiamiento a través de PROMINF, lo que permite la incorporación de Docentes Tutores a cargo del apoyo asociado al contenido de las materias.

De este modo, se modifica la composición en cuanto a los integrantes del Programa, quedando conformado de la siguiente manera:

- 2 Coordinadores (una coordinadora Educadora y una Ingeniera)
- 8 Docentes Tutores de MAD, AED y SOR, ACO y una docente de la carrera que brinda apoyo a las materias de Ciencias Básica (Análisis Matemático y Álgebra)
- 7 Monitores estudiantes avanzados de la carrera

Se reformulan, de este modo las actividades de Monitores estudiantes, de modo de concentrar exclusivamente en los docentes tutores las actividades de apoyo disciplinar y los Monitores las acciones tendientes a la difusión del programa y apoyo y acompañamiento a los estudiantes que lo requieran en aspectos de la vida universitaria.

Además de las instancias de apoyo disciplinar y acompañamiento, este año se realizan las siguientes actividades:

- **Reunión con los Coordinadores de las cátedras bajo Tutorías:** para involucrarlos, y a través de ellos en la difusión del programa a todos sus estudiantes, para definir en conjunto acciones particulares que cada una de las cátedras requiere, y para consolidar una relación que permita la inmediata notificación de problemas identificados, de modo de poder resolver las situaciones problemáticas particulares de manera temprana.
- **Presentación del programa a todo el alumnado de primer año:** se realizaron charlas en el aula magna con la asistencia de los alumnos de primer año. Se realizaron dos charlas, abarcando los tres turnos donde se dictan clases de primer año.
- **Evento: El rol del Ingeniero en Sistemas.** Se realizó una charla donde egresados de la carrera que se desempeñan con éxito en la profesión, con diferentes perfiles profesionales, comentaron y compartieron su experiencia con los estudiantes de primer año.
- **Encuestas:** se realizaron encuestas a alumnos de primer año acerca del desempeño en primer año y participación en el programa de Tutorías como demandante del mismo.

La participación de estudiantes de primer año ha sido discretamente mayor, destacándose las siguientes características de la participación:

- Los alumnos que asistieron de manera temprana a Tutorías, han sostenido durante el cursado una participación regular hasta la finalización del ciclo (semestre o año)
- La demanda de consultas a docentes ha sido dispar, con predominancia en las materias básicas y AED.
- La mayor afluencia de estudiantes se produce en momentos previos inmediatos a los parciales o entregas de trabajos evaluados.

Nuevamente, se trabaja sobre las variables de dificultad identificadas en el periodo anterior, relacionadas al proceso de estudio y aprendizaje a través de los Docentes Tutores, y los Monitores comienzan a trabajar con los estudiantes en temas como utilización de la página de la Facultad, Autogestión y aulas virtuales.

• **2016-2018(1º semestre) Evolución a Programa de Tutorías de Inicio de Carrera**

En el segundo semestre de 2016 se incorporan al Programa de Tutorías de Primer Año, las materias de segundo año, produciendo la evolución hacia el Programa de Tutorías de Inicio de carrera. La conformación del Programa es la siguiente:

- 2 Coordinadores (una coordinadora Educadora y una Ingeniera)
- 8 Docentes Tutores de MAD, AED y SOR, ACO y una docente de la carrera que brinda apoyo a las materias de Ciencias Básicas, cubriendo un total de 24 horas semanales de Tutorías.
- 8 Docentes Tutores de PPR, ASI, SOP, SSL y EST apoyo a las materias de Ciencias Básica (Análisis Matemático II), cubriendo un total de 24 horas semanales de Tutorías
- 7 Monitores estudiantes avanzados de la carrera cubriendo un total de 21 hs. semanales

En este periodo se realizaron de la misma manera que en el periodo anterior las siguientes actividades:

- **Reunión con los Coordinadores de las cátedras bajo Tutorías:** se reitera la necesidad de participación de los docentes de las cátedras en la difusión del programa, y se solicita a los coordinadores recomienden a sus docentes la importancia de la identificación en las aulas de alumnos con requerimiento para Tutorías, de

modo de apoyar y apuntalar aquellos estudiantes que lo necesiten. Se refuerza la idea del trabajo en conjunto con Tutorías como detectores de problemas generalizados de manera temprana de modo de poder implementar las acciones correctivas necesarias tanto en el abordaje de los temas, su secuencialidad, el énfasis y distintas formas de abordaje en el aula, de modo de impactar beneficiosamente en el estudiantado en general.

- **Presentación del programa a todo el alumnado de primer y segundo año:** se realizaron charlas en el aula magna con la asistencia de los alumnos de primer año, y se incorporan a los alumnos de segundo año. Se realizaron dos charlas, abarcando los tres turnos de clases de primer año.
- **Evento: El rol del Ingeniero en Sistemas.** El evento que inicia como motivador para los alumnos de primer año, deriva en una actividad de toda la carrera. Se ha producido un enorme interés por parte de alumnos de la carrera, mas allá de los alumnos que cursan materias del tramo inicial.
- **Encuestas:** se sistematizaron las encuestas a alumnos para evaluar el impacto de las tutorías.

En cuanto a la participación de los alumnos se destacan las siguientes consideraciones:

- Los alumnos de primer año tienen un nivel creciente de participación semejante al año anterior y con las mismas características: quienes asistieron de manera temprana a Tutorías, han sostenido durante el cursado una participación regular hasta la finalización del ciclo (semestre o año)
- La demanda de consultas a docentes ha sido dispar, con predominancia en las materias básicas y AED. Cabe mencionar que AED publica en su aula virtual a las Tutorías
- La mayor afluencia de estudiantes se produce en momentos previos inmediatos a los parciales o entregas de trabajos evaluados.
- Se incorporan alumnos que ya no cursan las materias bajo tutorías, pero que asisten a las mismas para la preparación de sus exámenes finales. Los alumnos con esta característica de asistencia se encuentra en franco crecimiento. Las asistencias de los mismos se verifica en las semanas previas a los exámenes finales.
- Dado que las tutorías para segundo año se implementaron en el segundo semestre, casi comenzado el mismo, aunque se realizaron

tareas de difusión, no ha tenido un nivel de participación importante.

Se refuerza el trabajo sobre las variables de dificultad identificadas en cada periodo y se ha activado de manera importante el rol de los monitores como consejeros acerca de la vida universitaria en general: procedimientos, uso de herramientas, organización del tiempo, etc.

Se trabaja también, en el refinamiento de los instrumentos de recopilación de datos de la actuación de tutores y monitores, incorporando en los mismos la identidad de quienes reciben las tutorías para realizar posteriores seguimientos a través de toda su vida académica.

5. Expansión. Tutorías de Inicio de Carrera de la Facultad Regional Córdoba- UTN - Segundo Semestre 2018

El programa implementado en el Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información ha tenido la oportunidad de llegar a escala de Facultad. Las nuevas autoridades habiendo tomado conocimiento de la actividad y su impacto, han decidido dar la oportunidad de implementarlo para todas las carreras de grado que se dictan en la casa, pero en su tramo de primer año.

De esta manera, las tutorías en el Departamento se mantienen inalterables, en cuanto a su dinámica de funcionamiento, pero la dependencia funcional y económica se traslada a la Secretaría de planeamiento, dependiente de la secretaría Académica.

De esta manera, se pretenden dotar a todos los alumnos de todas las carreras la Facultad de las mismas posibilidades de apoyo y contención de las que los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información gozaban.

Esta absorción del programa por parte de la Facultad permite la obtención de los fondos necesarios para su sostenimiento a lo largo del tiempo sin depender de fondos específicos de programas de financiamiento a plazos, y permite además el enriquecimiento fruto de compartir con experiencias y características dispares.

Los distintos Departamentos fueron involucrados en la definición de las materias a cubrir y los docentes y monitores a trabajar en el programa.

La mayor ventaja que se visualiza, es la oportunidad de brindar un fuerte apoyo sobre las materias básicas, que

son las que actualmente presentan mayores dificultades y fracasos, pudiendo los responsables del Departamento correspondiente y sus docentes, tener información sobre la que implementar mejoras.

La gestión de estas nuevas tutorías generalizadas, requiere de mayor esfuerzo, y se está dotando de personal y auxiliares a la Secretaría que lo contiene a tales efectos. De la misma manera se están realizando y probando los instrumentos de registros de actividad, a fin de refinarlos de modo de obtener valiosa información de planeamiento educativo.

Permanecerán en el Departamento de Ingeniería en Sistemas las tutorías de segundo año, mixturando ambas tutorías para mantener el soporte a los estudiantes iniciales, de modo de darles la necesaria contención, que les permita, no solo mantenerlos en el aula, sino que mejorando sus rendimientos y enriqueciendo sus experiencias de vida universitaria.

6. Conclusiones

En el tiempo transcurrido, y las acciones llevadas a cabo durante el mismo han permitido refinar y reformular las intervenciones, posibilitando la resolución de la problemática asociada a las dificultades de los alumnos en etapas iniciales de su carrera universitaria.

Sin embargo, hay mucho camino por delante. La medición real del impacto de las tutorías en la deserción y en el rendimiento académico es algo que comienza a ser visible: con los nuevos mecanismos de registro de las tutorías y el seguimiento sobre los tutorados permite poner en números el resultado del esfuerzo institucional.

La extensión del programa a nivel de Facultad permite una mejor llegada de la información de las tutorías mediante los mecanismos de aviso institucional, lo que colabora con mayor número de estudiantes informados.

Finalmente, como reflexión, la contención de estudiantes en riesgo de deserción no es menor en términos de tiempo y recursos, sin embargo es un proceso que ha comenzado y está formando parte de un plan estratégico mayor.

Las tareas de tipo tutoriales, implican funciones de orden cognitivo, social y afectivo en tanto que son al mismo tiempo un lugar para el desarrollo de estrategias intelectuales, para la contención emocional y para la socialización en un espacio nuevo [6] y que dichas tareas deben desarrollarse a lo largo de toda la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

trayectoria del estudiante, especialmente en sus comienzos.

Estamos convencidos que la intervención en esta primera etapa del trayecto de formación del estudiante, permite adelantar decisiones de abandono al clarificar elecciones vocacionales en algunos casos y en el caso opuesto permite disminuir el fracaso en el aprendizaje, evitando la desilusión, la falta de motivación y previniendo el abandono. En ese sentido, si bien el camino andado ha sido provechoso, queda mucho por aprender y construir.

Referencias

[1] Resolución 786/09 Ministerio de Educación de la Nación Argentina. Resolución para la acreditación de las carreras de grado de ingeniería en sistemas de información y afines.

[2] Programa Nacional de Becas Bicentenario para carreras científicas y técnicas. Ministerio de educación de la Nación Argentina. www.becasbicentenario.gov.ar

[3] Programa de reinserción de estudiantes avanzados. Marciszack y Otros. Weef 2012. Foro Mundial de educación en Ingeniería. Buenos Aires. 2012.

[4] Aguilar Rivera, M. La transición a la vida universitaria. Éxito, Fracaso, Cambio y Abandono. Año 2007. Versión pdf en:

<http://www.enduc.org.ar/enduc4/trabajos/t064-c36.pdf>

[5] XI Congreso Nacional de Investigación Educativa / Sujetos de la Educación / Ponencia: Análisis estadístico de las causas de estrés en estudiantes universitarios. Diagnóstico para acciones tutoriales Alicia López Betancourt, Irma Díaz Unzueta

[6] Mirian Capelari. Las configuraciones del rol del tutor en la universidad argentina: aportes para reflexionar acerca de los significados que se construyen sobre el fracaso educativo en la educación superior. Revista Iberoamericana de Educación. 2009.

Experiencias de Actividades Formativas para el Desarrollo de Competencias de Orden Superior

Elizabeth Jiménez Rey ¹, Patricia Calvo ², Arturo Servetto ³

Departamento de Computación
Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

¹ ejimenezrey@yahoo.com.ar, ² pat_calvo@yahoo.com, ³ aserve@gmail.com

Resumen

Todo diseño curricular enuncia objetivos y contenidos, y para currículos de asignaturas, también actividades y formas evaluativas. Ocurre a menudo que tanto la redacción de los objetivos como la enunciación de las actividades del currículo de una asignatura no permiten establecer la profundidad real del aprendizaje correspondiente.

Para la evaluación y aseguramiento de la calidad, se impone considerar niveles de intensidad en las competencias que deben adquirir los estudiantes en áreas específicas de cada disciplina. Se presentan actividades formativas para el desarrollo de competencias de orden superior (análisis, síntesis y creación) instrumentadas durante el segundo cuatrimestre del año 2017.

Se asume un enfoque de competencias para el diseño curricular, y la graduación de éstas en cinco niveles de intensidad en base a las taxonomías de Bloom, Anderson y Krathwohl, y Churches como innovaciones metodológicas en cursos de asignaturas de carreras de informática.

Los resultados obtenidos con la implementación de la propuesta alientan la posibilidad de incidir en la estandarización de diseños curriculares y planificaciones de asignaturas de carreras de informática de manera que, expresados los objetivos en términos de competencias, se pueda evaluar si las actividades formativas y métodos de evaluación de las planificaciones son coherentes con los mismos.

Las actividades se constituyen en puentes de unión entre el aprendizaje académico y el aprendizaje natural, creando condiciones para el aprendizaje estratégico, activo, autoconsciente, motivado e intencional, para garantizar el desarrollo de competencias de niveles superiores, así como de competencias actitudinales y genéricas.

1. Introducción

Las actividades que se presentan fueron diseñadas, planificadas y desarrolladas en sus cursos por los autores de este trabajo en el marco del Plan Integral de Mejora de Ingenierías para el Siglo XXI (FIUBA-Calidad Educativa), con financiamiento del Plan Estratégico de Formación de Ingenieros (PEFI) de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación nacional, en el eje “Propuestas de Mejora de la Enseñanza y el Aprendizaje”, y considerando también el objetivo de internacionalizar los títulos mediante diseños curriculares enfocados en competencias e incorporando niveles e indicadores.

Para el diseño curricular de carreras según estándares internacionales, se impone considerar niveles de intensidad en las competencias que deben adquirir los estudiantes en áreas específicas de cada disciplina [1]. Los objetivos y contenidos de cada asignatura deberían poder asociarse fácilmente a intensidades y a áreas según su especificación, para facilitar la mejora y el control de calidad de los planes de estudio.

Para orientar el diseño sistemático de currículos de carreras y de asignaturas al desarrollo de competencias, se debe considerar que todo diseño curricular enuncia objetivos y contenidos, y para currículos de asignaturas, también actividades formativas y sistemas de evaluación.

El enunciado de los objetivos debería hacer referencia al nivel de profundidad que se espera que el alumno adquiera sobre cada contenido, expresando claramente las competencias que se espera que el estudiante haya adquirido al finalizar el trayecto de aprendizaje correspondiente. Esto se puede lograr a través de un vocabulario adecuado a la graduación esperada.

Pero para evaluar la intensidad de contenidos, además de ponderar los objetivos, es imprescindible analizar los currículos de las asignaturas que los cubren para verificar

que las actividades planificadas y sus sistemas de evaluación sean coherentes con los mismos, por lo que un diseño curricular consistente debería comprender la planificación de cursos de asignaturas que vincule actividades con objetivos y un sistema de evaluación que permita efectivamente constatar la consecución de éstos [2].

Las competencias que deben adquirir los estudiantes al superar trayectos curriculares no sólo deben ser cognitivas (saber), procedimentales/instrumentales (saber hacer), y actitudinales (ser), sino también transversales o genéricas (aquellas que se adquieren en lo que suele denominarse “currículo oculto”), que no se asocian a contenidos sino a actividades, por ejemplo:

- capacidad para la autoorganización y planificación del trabajo individual y del proceso de aprendizaje,
- capacidad para el trabajo en grupo,
- habilidad para la comunicación oral y escrita, y
- motivación por la calidad del resultado.

Así, las actividades son puentes de unión entre el aprendizaje académico y el aprendizaje natural, que crean condiciones para el aprendizaje estratégico, activo, autoconsciente, motivado e intencional [3].

2. Caracterización de las Actividades Formativas

Se considera una taxonomía de cinco niveles de desarrollo de competencias, basada en las revisiones de Anderson y Krathwohl y de Churches de la Taxonomía de Bloom [4-5].

Los dos primeros niveles de intensidad de la taxonomía que se toma como referencia son **comprender** y **aplicar**, que implican las competencias cognitivas y procedimentales básicas que desarrollan los alumnos al cursar cualquier asignatura de tecnología básica o aplicada y resolver guías de ejercicios. Para desarrollar las competencias de mayor nivel, **analizar**, **sintetizar** y **crear**, se requieren actividades formativas más elaboradas y complejas, que implican la resolución de problemas de ingeniería y pueden contemplar simultáneamente el desarrollo de competencias actitudinales específicas del tipo de conocimiento de una asignatura o transversales o genéricas, así como sistemas de evaluación que contemplen estos aspectos o dimensiones [6-7].

2.1. Análisis

La competencia de **analizar** corresponde a la capacidad de separar o diferenciar las partes del objeto de estudio en sus componentes para expresar su estructura organizativa, cómo se organizan o se relacionan entre sí las partes. Para poder analizar se presupone la capacidad de diferenciar, organizar y atribuir funciones a las componentes.

Los requerimientos de cualquier actividad o secuencia de actividades que se propongan desarrollar esta competencia deberían expresarse en términos de verbos tales como: analizar, comparar, sondear, investigar, examinar, categorizar, diferenciar, contrastar, detectar, encuestar, clasificar, deducir, experimentar, escudriñar, descubrir, inspeccionar, discriminar, separar; y en orden a considerar las tecnologías actuales, se agrega hacer ingeniería inversa, recopilar información, hacer mapas mentales, encuestar, usar bases de datos, analizar mediante métodos de planeación estratégica, entre otras posibilidades.

2.2. Síntesis

La competencia de **sintetizar** se relaciona con la capacidad de poner las componentes juntas en la disposición adecuada para formar un nuevo todo coherente, y también con la capacidad de hacer juicios en función de criterios. Para aspirar a que los estudiantes desarrollen esta competencia, las exigencias de las actividades formativas deberían plantearse en términos de: componer, diseñar, criticar, predecir, planear, formular, generalizar, desarrollar, organizar, construir; a esto se agrega formular hipótesis, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear, moderar, validar, debatir.

2.3. Creación

La competencia de **crear** implica el nivel más profundo de cobertura de los temas, y se vincula con la capacidad de planificar, generar y reunir elementos para formar un todo coherente y funcional, pudiendo reorganizar estos elementos para generar también variantes del modelo o nuevas estructuras.

Los verbos que pueden asociarse a actividades de este nivel pueden ser: evaluar comparativamente, concluir, estimar, deducir, establecer método de elección, considerar validez, evaluar valor, inferir; también puede considerarse producir, dirigir, planear y elaborar.

3. Descripción de las Actividades y de la Evaluación, y Resultados

Las actividades formativas que se describen en las secciones siguientes se diseñaron, planificaron y llevaron a cabo en cursos del segundo cuatrimestre del año 2017, a cargo de los autores de este trabajo, de asignaturas compartidas por las carreras de Licenciatura en Análisis de Sistemas (de 9 cuatrimestres de extensión) y de Ingeniería en Informática (de 12 cuatrimestres de extensión) de la FIUBA. En esta facultad, todas las carreras se organizan en asignaturas cuatrimestrales, y los cuatrimestres tienen una duración de 16 semanas.

La actividad de análisis de desarrolló en dos cursos de la primera asignatura del área de Algoritmia y Programación (3° cuatrimestre en ambas carreras, considerando que en la UBA, los dos primeros cuatrimestres corresponden al Ciclo Básico Común); la actividad de síntesis se desarrolló en un curso de la segunda asignatura de la misma área (4° cuatrimestre), y la de creación, en un curso de la asignatura Base de Datos (7° cuatrimestre de Licenciatura en Análisis de Sistemas, y 8° cuatrimestre de Ingeniería en Informática).

3.1. Análisis

Para desarrollar en los estudiantes la competencia de *analizar*, se implementó una actividad formativa integradora (como parte del desarrollo de un trabajo práctico) compuesta por una secuencia didáctica caracterizada por distintos tipos de análisis que fue realizada en dos cursos a cargo de uno de los autores. Se constituyeron grupos de 2 o 3 integrantes. Participaron de la experiencia, en un curso, 19 estudiantes distribuidos en 8 grupos, y en otro, 15 estudiantes distribuidos en 6 grupos.

Los alumnos trabajaron en un aula virtual en Moodle (campus virtual FIUBA), “un lugar para algoritmiar”, bajo la orientación y vigilancia epistemológica de la profesora responsable de los cursos. Y luego codificaron el algoritmo en el IDE Pascal, “un lugar para programar”. Colaboró en la evaluación de los programas (aspectos funcionamiento y metodología de desarrollo) un docente auxiliar, estudiante avanzado de la carrera Licenciatura en Análisis de Sistemas.

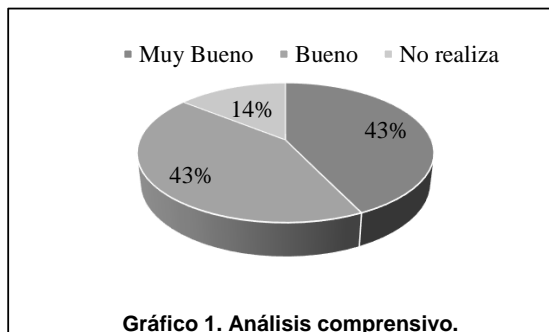
A continuación, se presenta la secuencia didáctica a través de la descripción de los tipos de análisis involucrados en el desarrollo de la actividad formativa.

3.1.1. Semanas 8-9: Análisis Comprensivo. El objetivo fue provocar la reflexión sobre los recursos que un algoritmo necesita para resolver un problema (como tiempo y espacio) y adquirir el conocimiento previo necesario para realizar en un momento posterior el *análisis experimental* de los algoritmos desarrollados por el grupo de trabajo para resolver un mismo problema.

Los alumnos realizaron un *análisis comprensivo* del contenido del texto “Introducción a la Complejidad Algorítmica” elaborado por la profesora y eligieron uno de los siguientes métodos para organizar la información y comunicarla en forma escrita: Resumen o Mapa Conceptual. Y escribieron las versiones previas de la producción escrita intercambiando ideas en un taller grupal (Wiki-Moodle) bajo la observación de la profesora, quien intervino para orientar la elaboración.

En general, se valoró la organización y comunicación de la información en forma de Resumen o Mapa Conceptual, y en especial, se tuvo en cuenta la interacción

grupal en el taller propio hasta lograr la versión final, la entrega en tiempo y forma y la calidad del informe. Los resultados se presentan en el Gráfico 1 para 14 grupos participantes.



3.1.2. Semanas 12-13: Análisis Comparativo. El objetivo fue analizar y comprender las distintas maneras en que se puede resolver un mismo problema. El trabajo grupal fue cooperativo porque supuso un proceso de división del trabajo en el que los miembros del grupo acuerdan ayudarse con el fin de alcanzar un objetivo determinado [8].

Cada integrante resolvió un mismo problema (ordenamiento en forma creciente de una lista de elementos de números enteros) con un método distinto de ordenamiento (burbujeo, selección, inserción) y trabajó en el espacio individual asignado de su taller grupal para explicar cómo pensó la solución del problema.

En el espacio individual del taller propio, cada integrante eligió una lista representativa para obtener una lista ordenada, mostró los estados de transformación de la lista que permiten resolver el problema, descompuso esquemáticamente el problema en subproblemas para expresar su solución algorítmica e identificó la naturaleza del problema. Luego comparó su propia solución con la solución implementada por los otros integrantes de su grupo y escribió sus conclusiones en el espacio individual de cada compañero, es decir, cotejó su propia solución con las soluciones de sus compañeros de grupo y adquirió el conocimiento previo necesario para llevar a cabo el *análisis experimental* en el siguiente momento didáctico. La profesora responsable acompañó el análisis individual e intervino para orientar su realización.

Se utilizaron rúbricas para valorar la *responsabilidad individual* implicada en el logro de la calidad del análisis y diseño del algoritmo de ordenamiento (Tabla 1) y, de la calidad de la codificación y prueba del programa desarrollado (Tabla 2), ambas con la siguiente escala de valoración: 0 No realiza, 1 Insuficiente, 2 Suficiente, 3 Bueno, 4 Muy bueno y 5 Excelente. Los resultados se

presentan en los Gráficos 2 y 3 para 34 estudiantes participantes.

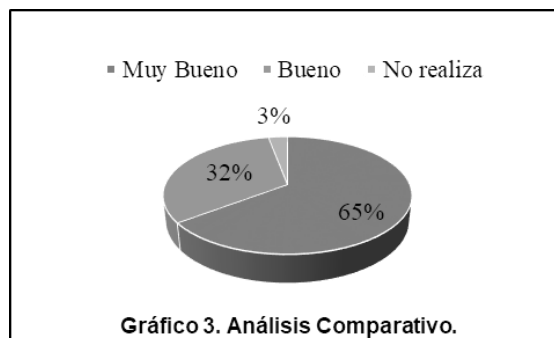
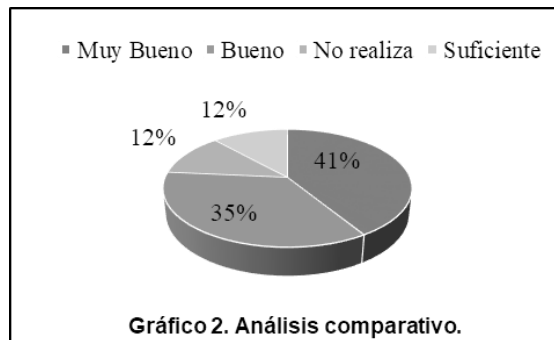
Se destaca que en todos los casos el concepto individual alcanzado al evaluar el trabajo realizado en el análisis y diseño fue igualado o superado al evaluar el trabajo realizado en la codificación y prueba de los programas.

Tabla 1. Aspectos de la evaluación de algoritmos

Aspecto	Valoración
Claridad en la explicación escrita	
Ilustración de la idea de solución	
Calidad de los datos representativos	
Precisión en exhibición estados de transformación	
Aplicación del esquema de análisis (de elementos, de relaciones, de principios de organización)	

Tabla 2. Aspectos de la evaluación de programas

Aspecto	Descripción
Funcionamiento del Programa	El alumno debe lograr un <i>programa eficaz</i> , es decir, un programa que informe los resultados correctos esperados, que cumpla con los requerimientos del enunciado y que establezca una comunicación clara y precisa con el usuario en la solicitud de datos y en la exhibición de resultados.
Metodología de Desarrollo	El alumno debe lograr un <i>programa inteligible</i> , es decir, un programa que facilite a un lector- programador la comprensión de la manera en que se resolvió el problema con el programa. Debe utilizar el Modelo de Programa Tipo que permite visualizar el diseño algorítmico y las fases del Modelo de Pólya aplicado al ámbito de solución de problemas con la computadora mediante los enunciados de documentación interna.
Calidad de Diseño	El alumno debe lograr un <i>programa eficiente</i> , es decir, un programa que permita resolver cada uno de los subproblemas mediante el descubrimiento de su naturaleza y la elección de la herramienta de programación apropiada para implementar la solución.



Semana 13-14: Análisis Experimental y Crítico. El objetivo fue ejecutar en la computadora los programas desarrollados por cada integrante del grupo de trabajo para evaluar su comportamiento en relación con el tiempo de ejecución en distintos escenarios de prueba, y elaborar un informe crítico de los resultados de la experiencia. El trabajo grupal fue colaborativo porque supuso un proceso de interacción en el que los miembros del grupo se asumen responsables de sus acciones e integran las habilidades y contribuciones de sus pares en un esfuerzo coordinado para la resolución de un determinado problema [9].

Los alumnos diseñaron los casos de prueba para los programas de ordenamiento considerando los siguientes escenarios, simultáneamente: diferentes volúmenes de datos (arreglos con pocos y muchos elementos) y diferentes disposiciones de los datos en el arreglo (ordenados en forma creciente, ordenados en forma inversa, desordenados aleatoriamente, parcialmente ordenados).

Se instrumentó un *análisis experimental* mediante la ejecución de los programas y el análisis del tiempo de ejecución en función al tamaño de la entrada (cantidad de componentes del arreglo) y la disposición de los elementos de la entrada (cuan ordenados están inicialmente los componentes del vector) para las diferentes implementaciones que resuelven el mismo problema.

Se solicitó un *análisis crítico* de los resultados de la experiencia (cantidad de comparaciones, cantidad de intercambios) para establecer una categorización de los

métodos de ordenamiento en correspondencia con los distintos escenarios y casos de prueba, y elaborar un informe escrito.

La profesora responsable acompañó el *análisis experimental* y *crítico* a través de las consultas vía un foro denominado “Un Lugar de Aprendizaje”.

En general, se valoró el logro de una categorización pertinente fundamentada en las conclusiones del grupo luego de la ejecución de los distintos programas de ordenamiento con diferentes datos de prueba en el *análisis crítico*; y en especial, la calidad del diseño de los datos de prueba, es decir, consideración simultánea de cantidades diferentes de elementos en el vector y de diferentes disposiciones de elementos en el vector en el *análisis experimental*.

Para valorar la pertinencia de la categorización propuesta se utilizó la siguiente escala: 0 No realiza, 1 Regular, 2 Bueno y 3 Muy bueno. Los resultados se presentan en el Gráfico 4 para 14 grupos participantes.

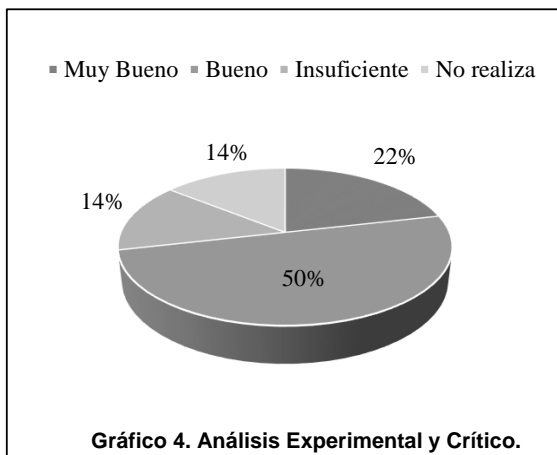


Gráfico 4. Análisis Experimental y Crítico.

3.2. Síntesis

Para desarrollar en los estudiantes la competencia de *sintetizar*, se implementó una actividad formativa integradora consistente en la resolución de un problema.

Participaron 10 grupos de entre 2 y 5 alumnos. El trabajo se desarrolló a través de la plataforma Moodle, con supervisión de la profesora responsable del curso.

Dado que se debió haber estudiado un conjunto de temas antes de proponer este trabajo de síntesis, el desarrollo de este comenzó en la semana 12 y se extendió a lo largo de dos semanas. En la tercera semana se llevó a cabo una puesta en común del trabajo realizado.

La forma de trabajo establecida fue grupal y colaborativa. En todos los casos el grupo completo debió participar en cada etapa. No se permitió dividir tareas y compaginar luego los tramos resueltos.

Se utilizó la plataforma Moodle para la publicación del material del curso y la comunicación con los alumnos mediante un foro para consultas generales, y mensajería para consultas particulares.

Se planteó la situación de una pequeña empresa con necesidades de mejoras en la eficiencia en la recuperación de datos de sus clientes. Se les pidió a los alumnos que asumieran que esta empresa trabajaba con un sistema de archivos y no deseaba implantar un software más moderno, de modo de aplicar los conceptos desarrollados en la materia de manera más directa.

Se pidió caracterizar el tipo abstracto de dato (TDA) involucrado en la resolución del problema de manera precisa en el nivel de especificación del TDA y de forma parcial en el nivel de implementación. La especificación debía indicar primitivas, pre y postcondiciones. La implementación debía describir las estructuras de datos y los algoritmos (en pseudocódigo detallado) correspondientes sólo a las primitivas de alta y recuperación. Para esos algoritmos se pidió analizarlos formalmente indicando la eficiencia espacial y temporal, y justificando las respuestas.

Las implementaciones distintas para el TDA debían ser cuatro o más. Al menos una de ellas debía tener un diseño original, o incorporar elementos originales, en el sentido de que debían presentar variaciones significativas con respecto a las estructuras de datos estudiadas en clase. No se pidió usar archivos, pudiéndose resolver la situación exclusivamente con estructuras dinámicas.

Finalmente, el grupo debía decidir cuál era la implementación más adecuada para la situación descripta, justificando con criterios apropiados.

3.2.1 Descripción de la Actividad. En un curso virtual en la plataforma Moodle los estudiantes plantearon estrategias, debatieron, contrapusieron opiniones, realizaron propuestas, críticas y desarrollos hasta llegar a resultados consensuados. Los docentes pudieron observar las discusiones, las sucesivas versiones desarrolladas y el material usado por el grupo durante el transcurso de la experiencia, realizando asimismo la orientación cuando fue necesario.

A cada grupo se le asignó un foro y una wiki privados (es decir que cada grupo tenía vedado el acceso a los foros y wikis ajenos, aunque los docentes tenían acceso a todos ellos) en el aula virtual de la plataforma Moodle. Todas las discusiones e intercambios de opiniones debían registrarse en el foro, y los documentos terminados, en la wiki.

Se dejó registro de los sitios, bibliografía y material usado (lo cual podía hacerse con enlaces, citas o referencias).

Como material inicial los estudiantes contaron con los apuntes teóricos de la materia y presentaciones elaborados por la docente a cargo del curso y la bibliografía

recomendada; también recibieron consejos para realizar búsquedas en Internet.

Se conversó con los estudiantes previamente al comienzo de la experiencia acerca de las características del trabajo colaborativo, y de la relevancia de las habilidades para negociar y debatir en el ámbito profesional. Se explicó que el trabajo se orientaba a la competencia sintetizar, y se detallaron los criterios para establecer el nivel de desempeño grupal e individual. También se consensó con los alumnos la rúbrica de evaluación del material producido.

Cada grupo debió subir a su wiki:

- la descripción de las implementaciones elegidas para el análisis y la justificación de la elección,
- el pseudocódigo detallado de las primitivas alta y recuperación de datos para cada implementación,
- el cálculo de O para el peor caso (con n grande) para cada operación de cada implementación,
- el diagrama o mapa conceptual que permitiera apreciar ventajas y desventajas de cada implementación para la situación concreta, y
- la decisión final recomendada por el grupo, con justificación.

3.2.2 Evaluación y Resultados. Para la evaluación, se consideró tanto el desempeño individual como el grupal.

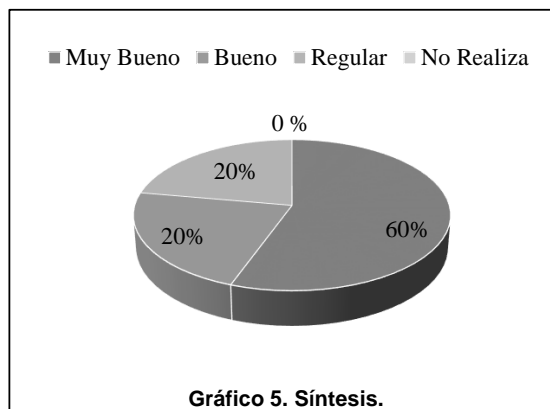
En el plano del desempeño individual de cada alumno se consideró la cantidad y calidad de los aportes al grupo de cada integrante, los cuales estaban registrados en los respectivos foros, y la participación en la exposición grupal final. Esta exposición grupal se realizó en una clase dedicada específicamente a ese fin. En ella, cada grupo presentó las soluciones desarrolladas y analizadas, y justificó la elección final. A cada grupo, el resto de sus compañeros podía realizarle preguntas libremente.

En cuanto al aspecto grupal, se consideró la producción presentada (principalmente en la wiki del curso virtual en Moodle). Para ello, se tuvieron en cuenta los ítems de la Tabla 3; en la rúbrica cada uno fue puntuado con una escala de 0 a 4 (0: sin realizar, 1: insuficiente, 2: regular, 3: bueno, 4: muy bueno).

Tabla 3. Ítems de evaluación de actividad de síntesis

Aspecto	Valoración
Cumplimiento de los objetivos	
Claridad y precisión del pseudocódigo	
Eficiencia algorítmica	
Documentación asociada (material y fuentes utilizadas)	

En el Gráfico 5 se presentan los resultados obtenidos para los 10 grupos participantes.



3.3. Creación

Para desarrollar en los estudiantes la competencia de *crear* se implementó una actividad formativa compuesta por una secuencia de tareas asociada a la primera unidad temática de la asignatura Base de Datos, Modelado Conceptual, empleando como modelo de representación el de clases entidad de análisis de UML (modelos de dominio en fase de análisis del Proceso Unificado de Desarrollo).

Participaron 23 alumnos organizados en 7 grupos de 3, y uno de 2. La actividad se desarrolló en las semanas 2 a 4 del cuatrimestre. La actividad fue supervisada y evaluada por el profesor a cargo del curso.

3.3.1 Descripción de la Actividad. Dadas la no minimalidad de UML, el solapamiento usual de representaciones de análisis y de diseño, y la falta de estándares para representar, por ejemplo, atributos compuestos, entidades con más de un identificador o identificadores compuestos, externos o mixtos en este lenguaje, se discutió con los estudiantes y ejemplificó con un caso de estudio la problemática, y solicitó propuestas de convenciones y de estándares para solucionar estos inconvenientes; luego, como tareas solicitadas a los alumnos:

Como primer tarea de la secuencia didáctica se planteó un problema de diseño conceptual de datos para resolver en grupo en forma cooperativa, con adopción de distintas variantes para representar atributos compuestos (adoptando una convención ad-hoc no definida en UML como se encuentra en bibliografía de referencia, estereotipando clases, o, tipificándolos con clases o usando composición -cuando no es propio en la fase de análisis) así como para distinguir múltiples identificadores en una clase entidad, sobre todo si son compuestos, externos o mixtos (denotando uno simple, si lo hubiera o no denotando ninguno y en cualquier caso documentando fuera del diagrama todos los posibles, usando cuadros de texto vinculados a las clases, etc.).

Cada grupo debió entregar (en el curso del campus virtual Moodle) sus resoluciones y, como segunda tarea, una evaluación de las opciones contempladas, proponiendo y justificando convenciones para el empleo de variantes de representación de atributos compuestos e identificadores (instancia de trabajo colaborativo).

En una clase, como tercera tarea, se solicitó la exposición y defensa de alternativas de distintos grupos y la evaluación grupal de las mismas, con el objetivo de definir un estándar a adoptar para la resolución de otros ejercicios y en la evaluación individual del tema.

3.3.2 Evaluación y Resultados. La evaluación de la actividad integró una calificación del trabajo grupal y otra individual, cada una con una rúbrica bien definida con la especificación de las tareas.

Para el trabajo grupal se contempló:

- el respeto a las consignas y plazos de entrega,
- la coherencia, claridad y robustez del informe de la segunda actividad, y
- la claridad y organización de la presentación para el grupo responsable o la participación en la discusión general para grupos que no presentaron su trabajo, en la tarea 3.

Y para el trabajo individual se consideró:

- la corrección y prolijidad de las resoluciones individuales, y
- la participación en la defensa de la tarea 3 o en la discusión grupal.

La evaluación parcial del curso comprende cuatro temas de promoción independiente: modelado conceptual, derivación de modelos conceptuales a lógicos relacionales, resolución de consultas en cálculo relacional de tuplas y álgebra relacional, y SQL. Con la aprobación de la actividad se aprobaba el primer módulo, quedando para evaluaciones individuales escritas los restantes 3.

Las evaluaciones comparativas de las distintas variantes propuestas fueron bastante uniformes, y las propuestas para adoptar un estándar, muy similares. La clase de puesta en común y discusión de propuestas resultó muy participativa, y hacia el final se logró rápidamente consenso para configurar una notación estándar para el curso. Todos los grupos aprobaron la actividad con calificaciones buenas o muy buenas, aunque hubo quejas bastante generalizadas en relación al tiempo extra al de cursado que demandó la actividad en los plazos establecidos y a dificultades de coordinación para trabajar en grupo, ya que prácticamente la totalidad de los alumnos que cursan la asignatura tienen trabajos de tiempo completo.

4. Análisis de Resultados

En la realización de las actividades formativas, a nivel individual y grupal, los docentes percibieron alumnos

participativos, responsables y comprometidos con su propio aprendizaje, tanto en aula presencial como virtual. Estas características actitudinales fueron muy favorables para alcanzar los resultados de aprendizaje esperados mediante una enseñanza centrada en el estudiante. El desarrollo de las actividades estimuló el aprendizaje autónomo y la construcción del conocimiento, el aprendizaje activo y colaborativo entre pares, y el pensamiento creativo, reflexivo y crítico. Se produjo una mejora de la calidad educativa más allá de la mejora del rendimiento académico reflejada en las calificaciones finales de las asignaturas.

Los alumnos fueron invitados a realizar una autoevaluación sobre el impacto de la actividad formativa *análisis* en el propio proceso de aprendizaje. Se consultó a los estudiantes sobre la manera en que creen que impactaron en el propio aprendizaje cuatro aspectos educativos involucrados en la propuesta. Se categorizaron las respuestas de los 31 alumnos participantes según las competencias implicadas y se midió la intensidad de ocurrencia de las habilidades detectadas en las respuestas.

1. *El aprendizaje activo y la construcción del propio conocimiento:* facilitó la apropiación del conocimiento (35,5%), favoreció la comprensión (25,8%), ayudó a aprender haciendo (19,4%), desarrolló el pensamiento estratégico (12,9%), permitió aprender con y de otros (9,7%), estimuló el pensamiento crítico (9,7%), posibilitó la autorregulación del aprendizaje (3,2%), ninguna (3,2%).
2. *La participación y el compromiso individual y grupal:* influyó bastante (61,3%), influyó mucho (25,8%), influyó poco (6,5%), no influyó (6,5%). Los alumnos que declararon una influencia positiva de la experiencia en el aprendizaje hicieron referencia a algunas competencias implicadas, entre otras: visibilizó las incomprendiones, entrenó para el ejercicio profesional, posibilitó la consideración de distintas perspectivas, motivó la preocupación por la eficacia y la eficiencia, facilitó el aprendizaje en profundidad, permitió aportar y recibir ideas, ayudó a aprender a consensuar, motivó la responsabilidad individual y grupal, ayudó a superar el miedo al trabajo en equipo, permitió sostener la aplicación al estudio, mejoró la capacidad de expresión, promovió el trabajo organizado y disciplinado, ayudó a aprender a administrar el tiempo. Los alumnos que declararon poca influencia mencionaron que la participación fue escasa debido a las demandas de otras asignaturas y los que mencionaron ninguna influencia declararon ser habitualmente participativos y colaborativos.
3. *El aprendizaje interactivo y colaborativo entre pares:* permitió visibilizar otras perspectivas (25,8%), facilitó la construcción del conocimiento (22,6%), favoreció la comprensión (22,6%), enriqueció el conocimiento (19,4%), motivó el compromiso y la solidaridad

(19,4%), posibilitó aclarar dudas (16,1%), fortaleció el trabajo en equipo (16,1%), motivó interés por la eficiencia (12,9%), promovió la comunicación (6,5%), contribuyó a desarrollar la capacidad de organización (6,5%), estimuló la toma de iniciativa (6,5%).

4. *La estimulación del pensamiento creativo, crítico y reflexivo*: posibilitó la aplicación de criterios (32,3%), desarrolló la creatividad (29,0%), impulsó nuevas formas de pensar (19,4%), amplió la capacidad de implementar distintas estrategias (19,4%), promovió la metacognición (16,1%), fomentó la preocupación por la eficiencia (12,9%), favoreció la comprensión de la teoría y la práctica integradas (3,2%).

Se consultó a los estudiantes sobre la manera en que creen que impactaron en la mejora del propio aprendizaje cuatro aspectos educativos involucrados en la propuesta. Se presenta en la Tabla 4 la cantidad de respuestas de alumnos que consideraron que se produjeron mejoras, que no se produjeron o que se produjeron en poca medida en relación a la cantidad total de 31 alumnos que participaron en la experiencia.

Tabla 4. Impacto en la mejora del aprendizaje

Aspecto	Valoración		
	Sí	No	Poca
Motivación propia	74,2%	22,6%	3,2%
Trabajo en equipo	87,1%	12,9%	-
Desarrollo de competencias comunicativas	80,6%	9,7%	9,7%
Proceso de enseñanza y aprendizaje propio	90,3%	9,7%	-

Entre los comentarios de los alumnos se destacan algunos: el desafío motiva la capacidad de pensar la solución de un problema y provoca sostener el intento hasta lograr el objetivo, la ayuda mutua es clave para fortalecer debilidades, la comunicación fue vital para poder hacer y mejoró la forma de aprender, se produjeron mejoras en la búsqueda de solución a problemas no sólo en este curso.

En la realización de la actividad formativa de *síntesis*, una amplia mayoría de los alumnos se mostró satisfecha con la experiencia, en cuanto a la cantidad y calidad de conocimientos aprehendidos, dado que se habían encontrado en la situación de tener que recrear o inventar estructuras, y en numerosos casos, buscar información adicional.

Los alumnos realizaron producciones de muy buen nivel; algunas estructuras creadas fueron muy originales y se acompañaron de un correcto análisis de costos.

Durante las dos semanas que duró la experiencia la mayoría de los participantes interactuó con sus compañeros de grupo a través de texto y gráficos, algunas

veces hechos “a mano” y digitalizados. La *asincronía* y la no utilización de formatos de teleconferencia ralentizó la comunicación, constituyendo un pequeño escollo en el proceso colaborativo.

De todos modos, consultados los estudiantes acerca de la experiencia, todos la valoraron como muy positiva, y varios sugirieron que quedara incorporada como práctica habitual en el curso de la asignatura.

Para los docentes, el diseño, supervisión y evaluación de actividades para e-learning requieren un gran esfuerzo adicional. La supervisión de los grupos es un trabajo arduo, en particular si se lleva a cabo exclusivamente a través de materiales escritos, y exige disponer de docentes tutores capacitados y con buena disposición para dichas labores.

Al terminar el trabajo se llevó a cabo una serie de exposiciones muy interesantes, en las que cada grupo presentó su producción y defendió su elección, percibiéndose un clima de atento interés entre sus compañeros.

En la realización de la actividad formativa de *creación*, se pudo comprobar el desarrollo de esta competencia con las tareas de evaluación comparativa y definición de estándares, y se observó mayor motivación por parte de los alumnos que en cuatrimestres anteriores.

Para la tercera tarea de la actividad, de presentación en la clase de propuestas de estándares, se tuvo que usar tiempo de clase muy valioso en el contexto de una asignatura con una gran cantidad de temas, pero la posibilidad de los alumnos de ver distintas versiones de solución de un mismo problema resultó enriquecedora para el aprendizaje en profundidad del tema abordado.

5. Conclusiones

La implementación de la experiencia demandó a los docentes y a los estudiantes participantes mucho tiempo y esfuerzo.

La metodología pedagógica habitual, tanto en aula presencial como virtual, se basa en la enseñanza centrada en el estudiante (constructor de su conocimiento) y en el aprendizaje significativo (el conocimiento nuevo se construye sobre el conocimiento previo).

El trabajo docente se intensificó con la realización de las experiencias, pero redundó en una mejora de la calidad de los aprendizajes de los alumnos. En este sentido, es deseable contar con docentes auxiliares capacitados que hagan viable la realización de actividades formativas para desarrollar competencias de orden superior en los estudiantes de ingeniería.

6. Referencias

- [1] Calvo, P., López, G., Servetto, A., Echeverría, A., Cabrera, J. L., y Jeder, I., “*Bases para el diseño curricular de*

CONAIIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

carreras de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información". Tecnología y Ciencia, revista de la Universidad Tecnológica Nacional, CABA, año 13, noviembre 2015, Edición Especial CoNaIIISI 2014: 2º Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, San Luis, Argentina, 13 y 14 de noviembre de 2014. ISSN 1666-6917. Disponible en http://conaiisi.unsl.edu.ar/Revista_UTN_2015/003-33a38.pdf.

- [2] Calvo, P., Echeverría, A., Servetto, A., y Cabrera, J. L., "*Bases para la estandarización de currículos de carreras de Ingeniería en Informática / Sistemas de Información*". CoNaIIISI 2015: 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información, 19 y 20 de noviembre, UTN, Facultad Regional Buenos Aires. ISBN: 978-987-1896-47-9.
- [3] Fernández Batanero, J. M., "*La transversalidad curricular en el contexto universitario: un puente entre el aprendizaje académico y el natural*". Revista Fuentes 5. Universidad de Sevilla, 2004.
- [4] Anderson, L. W. y Krathwohl, D. R., "*A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*". Longman, New York. 2001.
- [5] Churches, A., "*Taxonomía de Bloom para la Era Digital*". Educational Origami. 2009.
- [6] Jiménez Rey, E., Calvo, P., y Servetto, A., "*Pautas de Diseño de Actividades Formativas para el Desarrollo de Competencias Específicas de Orden Superior y Genéricas*". 2017, 27 y 28 de abril. XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Sede Distrito Tecnológico, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. ISBN 978-987-42-5143-5. Disponible en http://wicc.itba.edu.ar/pdf/Libro_WICC_2017_ISBN_978-987-42-5143-5.pdf.
- [7] Jiménez Rey, E., Calvo, P., y Servetto, A., "*Actividades Formativas para el Desarrollo de Competencias de Orden Superior*". CONAIIISI 2017: 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. 2 y 3 de noviembre de 2017, UTN, Santa Fe. Disponible en <http://conaiisi2017.frsf.utn.edu.ar/index.php/memorias/>
- [8] Panitz, T., "*Collaborative Versus Cooperative Learning. A: Comparison of the Two Concepts*". Educational Resources Information Center (ERIC). 1999. Disponible en <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED448443.pdf>
- [9] Onrubia, J., Colomina, R., y Engel, A., "*Los entornos virtuales de aprendizaje basados en el trabajo en grupo y el aprendizaje colaborativo*". Psicología de educación virtual, Coll. C. y Monereo, C. Madrid: Morata. 2008.

Estudio de Herramientas y Metodologías Disponibles para la Implementación de ChatBots como Tutores Virtuales

Martha Orozco-González^{1,2}, Pablo Pytel^{1,2} & Ma. Florencia Pollo-Cattaneo^{1,2}

¹ Grupo de Estudio en Metodologías de Ingeniería en Software (GEMIS).

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Argentina.

² Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información. Facultad Regional Buenos Aires.

Universidad Tecnológica Nacional. Argentina

{mmorozcog, ppytel, flo.pollo}@gmail.com

Resumen

En la actualidad el uso de los Agentes Conversacionales o ChatBots es muy común pues se han vuelto instrumentos de usos múltiples en disciplinas variadas. Una de estas aplicaciones es la de Tutores Virtuales para apoyar el proceso enseñanza-aprendizaje dado que ayudan a los estudiantes a avanzar en su desarrollo académico dentro de un curso o asignatura. Éstos son programas basados en Inteligencia Artificial y Procesamiento del Lenguaje Natural capaces de percibir su entorno, procesar lo que perciben y brindar una respuesta de manera racional generando una conversación coherente. No obstante, todavía no se ha encontrado una correcta correlación entre el análisis lingüístico y su procesamiento, por lo que su desarrollo no es sencillo. Por lo tanto, en este trabajo de investigación se presentan los resultados generados al estudiar herramientas y metodologías disponibles para el desarrollo de ChatBots y la viabilidad de su aplicación en una asignatura de grado.

Palabras Claves

Inteligencia Artificial, Procesamiento de Lenguaje Natural, Asistentes Virtuales, Agentes Conversacionales, ChatBot, Proceso Enseñanza-Aprendizaje.

1. Introducción

En la década del '50 Alan Turing [1] se plantea dos interrogantes “¿pueden las máquinas pensar?” y “¿existe un método objetivo que permita determinar si las máquinas piensan?”. Para intentar responder el segundo interrogante define un método de evaluación basado en “el juego de la imitación” que da inicio a un experimento que hoy día se conoce como el ‘Test de Turing’. Éste consiste en que un juez se sitúa en una habitación y comienza a realizar preguntas a un ser humano y a un ordenador, ambos situados en otra habitación. En caso de que el juez no sea capaz de distinguir con certeza cuáles son las respuestas de la máquina y cuáles las de la persona, entonces se puede considerar que la máquina presenta un comportamiento inteligente. Hasta hace poco

ninguna máquina había logrado superar el test de Turing, aunque se realizaron grandes progresos en el área [2]. Muchos de estos avances, dentro del campo de la Inteligencia Artificial (IA), se han realizado en el área de Procesamiento de Lenguaje Natural o NLP (por sus siglas del nombre en inglés, ‘Natural Language Processing’). El NLP busca que una máquina sea capaz de interpretar el lenguaje natural humano y generar una respuesta correcta y apropiada [3]. Como resultado, en un concurso de la Royal Society de Londres del año 2014, la “máquina” denominada como “Eugene Goostman” logra engañar al 33 % de los jueces del evento haciéndolos pensar que era un humano, por lo que se considera que es “la primera máquina en pasar la prueba de Turing” [2]. De todas formas, no se puede afirmar que las conversaciones hayan sido completamente coherentes por mucho tiempo y todavía quedan cuestiones por resolver.

Como indica Turing [1]: “en vez de tratar de producir un programa similar a la mente adulta, ¿por qué no tratar de producir una que simule la mente de un niño?, si ésta fuera luego sujeta al curso apropiado de educación, uno obtendría el cerebro adulto”. Algo similar a esto es lo que se debe hacer para programar el cerebro de un software conversacional, tomar su cerebro en blanco e irlo instruyéndolo hasta que sea capaz de interactuar de forma amigable. Por lo tanto, el NLP busca lograr una interacción sostenida gracias a la comprensión sintáctica y semántica del idioma lo que constituye una de las áreas más complejas dentro de la IA [3]. A partir del NLP se han desarrollado los Agentes Conversacionales o Asistentes Virtuales, más conocidos como ChatBots. El mismo es un programa o software que interpreta y responde a las declaraciones realizadas por los usuarios en lenguaje natural corriente [5]. Estas herramientas integran técnicas de lingüística computacional y la comunicación se puede establecer a través de internet, mensajes instantáneos, e-mail, foros, entre otros medios.

El término ‘Agente Conversacional’ puede ser analizado por las dos palabras que lo componen [5]. La palabra ‘agente’ indica que es un sistema software flexible que responde a los estímulos de un entorno intentando cumplir sus propios objetivos. Por otro lado,

la palabra ‘conversacional’ significa “perteneciente o relativo a la conversación” [6], es decir, la comunicación mediante algún tipo de lenguaje. Por lo tanto, un ‘Agente Conversacional’ es una entidad artificial diseñada para sostener conversaciones con seres humanos, u otros agentes. Para ello, debe ser capaz de simular una conversación inteligente por medio de texto y/o audio como si fuera una persona real [7]. Asimismo, muchos de estos ChatBots se personalizan para darle una sensación humana a través de un nombre, una apariencia (mediante una imagen o un avatar animado), una nacionalidad, una fecha de cumpleaños, aficiones, entre otras cualidades.

A pesar de las diferentes limitaciones que presentan actualmente los ChatBots, muchos de ellos son utilizados comercialmente de forma más o menos exitosa. Entre ellas se destacan áreas como la atención de clientes en sitios web comerciales (compras ventas y comercio electrónico), la explicación de manuales de instrucción, la administración de canales de IRC, actuando como moderadores o simplemente para entretenimiento, entre otros. En otras palabras, actualmente se han convertido en una herramienta fundamental para reducir los costes de atención, mientras que se incrementa la calidad de esta atención [24].

Dado que los servicios de mensajería instantánea y las redes sociales son muy populares en todas partes del mundo, especialmente entre los adolescentes [8], y que se han convertido en una oportunidad importante para generar fuentes de comunicación más amigables entre estudiantes, profesores y otros actores relacionados con el ámbito educativo [9], es cada vez más frecuente que estas herramientas sean utilizadas por los estudiantes para comunicarse entre ellos y con sus docentes. En algunos casos al comunicarse con los docentes, buscan compartir preguntas y obtener respuestas que ayuden al proceso de aprendizaje fuera del aula [8]. Mediante la utilización de un ChatBot, el proceso enseñanza - aprendizaje podría ampliarse a gran escala provocando que los estudiantes puedan debatir diferentes temas con un experto virtual. Al recibir respuestas a sus dudas, los alumnos podrían comprender y desarrollar cada tema a su propio ritmo.

En este contexto, esta investigación busca describir los principales factores que juegan un rol determinante en la implementación de Agentes Conversacionales, o ChatBots, dentro del ámbito educativo y, de esta manera, identificar las áreas de vacancia y fortalezas en las metodologías disponibles. Para ello, primero se describe la metodología de trabajo empleada (sección 2). En segundo término, se presentan algunas generalidades relacionadas con ChatBots (sección 3), indicando también su evolución (sección 4), y sus principales componentes (sección 5). Luego, se indican los principales inconvenientes presentados al momento de aplicar procesamiento de Lenguaje Natural en idioma Español (sección 6) y las características de los ChatBots

aplicados en el ámbito educativo (sección 7). A continuación, se describen y analizan las principales herramientas disponibles para el diseño de este tipo de software (sección 8). De la misma manera se describen y estudian, mediante un análisis comparativo, metodologías aplicadas en el ámbito educativo (sección 9). Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo (sección 10).

2. Metodología de Trabajo

Para llevar a cabo la presente investigación se opta por el Constructivismo Social [10] como visión filosófica. La razón de esto corresponde a que se llevan a cabo definiciones cualitativas basándose en la recolección de la información mediante un Análisis Documental, con la finalidad de analizar metodologías de desarrollo de un producto software aplicado para resolver las necesidades de un grupo de individuos. Por otro lado, la Estrategia de Investigación utilizada es Cualitativa [10], que permite interpretar las características de los elementos en estudio en un dominio específico y resolver así el problema planteado. Por último, el diseño de investigación implementado para obtener una propuesta al problema planteado es el Explicativo [11], al basarse en el estudio de conceptos y variables definidas con anterioridad por expertos en el tema, para identificar relaciones entre dichos conceptos y variables.

3. Características Generales de los ChatBots

Cada ChatBot tiene sus propias características, las cuales pueden estar definidas por el dominio en el que se aplique y las necesidades que deben suplir. No obstante, Juan Carlos Cobos, en [5], propone las siguientes características que pueden servir, de manera general, para diferenciar un ChatBot de otro:

- **Autonomía:** la autonomía de los ChatBots les permite ser capaces de actuar basándose en su experiencia. Por ello, son capaces de adaptarse aunque el entorno cambie severamente, y brindar diferentes formatos (o estilos) de respuesta, dependiendo del tipo de usuario o del tipo de pregunta realizada.
- **Sociabilidad:** un ChatBot debe poder comunicarse con otros agentes o, incluso, con otras entidades.
- **Racionalidad:** un ChatBot siempre realiza lo correcto a partir de los datos que percibe, por lo que sabe formular respuestas analizando la frase introducida, y es capaz de generar la respuesta más apropiada.
- **Reactividad:** un Agente Conversacional percibe el entorno y esos cambios dirigen el comportamiento del agente. Es decir, no tienen que limitarse a brindar frases fijas como respuestas, pueden proporcionar enlaces dentro de la web o, incluso, recursos

electrónicos como respuesta.

- **Pro-actividad:** un ChatBot se considera pro-activo cuando es capaz de controlar sus propios objetivos a pesar de cambios en el entorno. Esto significa que son programados para comprender el contexto de la conversación y situar la pregunta en el mismo.
- **Adaptabilidad:** está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y, si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- **Movilidad:** es la capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática.
- **Veracidad:** asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.
- **Personalidad:** cada agente es único y depende de sus características definidas durante el desarrollo para emular emociones y/o comportamientos no verbales.

4. Evolución de los ChatBots

El programa ELIZA [12], escrito entre 1964 y 1965 por el profesor Joseph Weizenbaum del Massachusetts Institute of Technology (MIT), es el primer programa que permitió conversar en Lenguaje Natural con una computadora [13], por lo que es considerado el primer Agente conversacional. ELIZA está desarrollada en base a los criterios expuestos por Turing en "Computer Machinery and Intelligence" [1], y su objetivo fue que las personas dialogaran con ella al igual que si lo hicieran con su terapeuta psicológico [13]. A pesar de su simplicidad, es capaz de obtener resultados muy convincentes dependiendo de las frases introducidas. Por lo tanto ha servido de modelo para los ChatBots actuales.

Más tarde, a finales de la década del '80, se genera un crecimiento exponencial en el desarrollo de interfaces textuales y de Lenguaje Natural, lo cual produjo que aparecieran muchas nuevas arquitecturas para ChatBots, entre los cuales uno de los más extendidos es A.L.I.C.E. [14], acrónimo de 'Artificial Linguistic Internet Computer Entity', desarrollado en 1995 por el Dr. Richard Wallace. Éste es un programa inteligente con el cual un usuario puede establecer una conversación sin darse cuenta de que está hablando con una computadora. Ha sido el primer ChatBot en ser desarrollado con lenguaje AIML [15], su cerebro se encuentra estandarizado, lo cual ayudó para que sea utilizado en muchos otros ChatBots. En el año 2000, este ChatBot gana el Loebner Prize, y en el 2001 se funda "The A.L.I.C.E. AI Foundation" [5], organización sin ánimo de lucro con la vocación de distribuir, promocionar, desarrollar y mantener a Alicebot para fines de investigación y formación. Asimismo, este ChatBot forma parte de PANDORABOTS, la comunidad de ChatBots más grande de Internet.

Por otro lado, Jabberwacky [16] ha sido escrito por el programador Rollo Carpenter en 1988, entró en línea en 1997 y ganó el premio Loebner en los años 2005 y 2006. Su objetivo es simular charla natural del ser humano en una forma interesante, entretenida y divertida, por lo que retiene todas las conversaciones y encuentra respuestas apropiadas haciendo coincidir los patrones en su contexto. Además, adopta un enfoque notablemente diferente a otros ChatBots dado que tiene la capacidad de aprender de cada interacción que tiene con sus visitantes.

Otro ejemplo importante es el de Jill Watson [17], que fue diseñada específicamente para manejar el alto número de mensajes en un foro de estudiantes. Su función es simular ser una profesora ayudante en un curso en línea obligatorio. Fue tanto su éxito que durante varios meses del año 2016 los estudiantes no lograron percatarse de que se trataba de un software.

Finalmente, cabe destacar que las grandes compañías como Microsoft, Google, Facebook y Amazon están invirtiendo en el desarrollo de ChatBot [8]. El auge de los dispositivos móviles inteligentes propició la integración de los asistentes virtuales con entornos web, como es el caso de SIRI desarrollada por Apple y Google Now de Google. Por su parte, Facebook ahora quiere expandir su círculo social por medio de su aplicación de mensajería Messenger, incluyendo ChatBots diseñados para que algunas marcas los utilicen para comunicarse con sus clientes [8]. Entonces, de la misma manera que se envía mensajes de texto a un amigo, ahora se puede enviar mensajes a un ChatBot para actualizar el clima, pedir flores, comprar un nuevo par de zapatos o recibir los principales titulares del día [18].

5. Principales Componentes de los ChatBot

Para la implementación del primer ChatBot, ELIZA, Joseph Weizenbaum consideró necesario resolver los siguientes cinco problemas técnicos [13]:

- La identificación de la palabra clave más importante.
- La identificación de un mínimo contexto en el que aparece la palabra clave elegida.
- La elección de una regla de transformación apropiada.
- La necesidad de un mecanismo que permita responder de forma inteligente cuando la entrada de texto no contenga palabras clave.
- La provisión de maquinaria que facilite la edición del script.

Una vez que resolvió estos problemas, la estrategia conversacional de ELIZA fue relativamente simple, como se puede ver en la Figura 1. ELIZA basa su motor de comprensión y producción del lenguaje en scripts. Un script es una estructura de datos que contiene funciones

para relacionar palabras clave con reglas de transformación [13]. De esta manera, ELIZA puede contar con una herramienta que le permite modificar las reglas aplicadas.

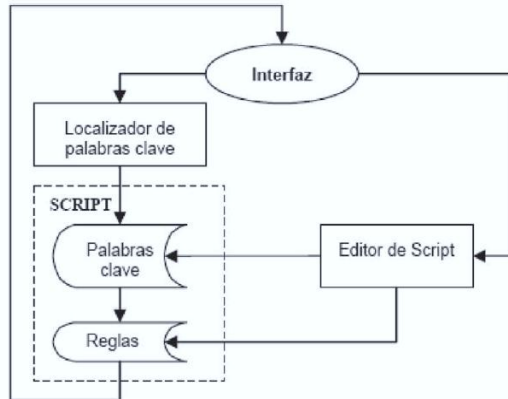


Figura 1: Esquema simplificado de ELIZA

Teniendo en cuenta el diagrama de la Figura 1, y basado en lo expresado en [5; 13], se puede afirmar que para que un ChatBot pueda dar cumplimiento a su función debe incluir los módulos indicados a continuación:

- *Base de Conocimientos*, la cual contiene la información del experto humano. Debe permitir ingresar, modificar, actualizar y recuperar el conocimiento de forma sencilla, por lo que debe ser representado en función a plantillas, patrones y/o reglas.
- *Motor de Inferencia*, el cual analiza las situaciones, establece los objetivos y obtiene las respuestas de acuerdo a lo almacenado en la Base de Conocimientos, enviándolas de vuelta a la interfaz de usuario.
- *Interfaz de usuario*, la cual recibe la entrada por parte del usuario y la envía al motor de inferencia, para posteriormente recibir el procesamiento de la respuesta la cual envía al usuario.

Por lo tanto, en la Figura 2 se puede apreciar la ilustración de los componentes básicos con los que debe contar un ChatBot para garantizar el cumplimiento de sus funciones de acuerdo a [5].

6. Inconvenientes de aplicar NLP en el Idioma Español

El idioma Español es considerado como la segunda lengua del mundo por la cantidad de personas que la utilizan

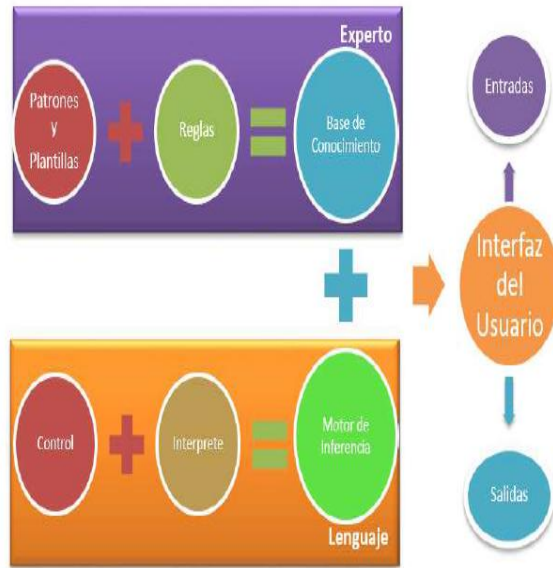


Figura 2: Estructura básica de un ChatBot

como lengua materna. Sin embargo, existen muy pocos ChatBots desarrollados en este idioma para el NLP [5] por la dificultad que implica realizar construcción de la base de conocimiento en dicho lenguaje.

El principal problema para realizar NLP en idioma Español, es la variación lingüística del lenguaje [19]: un mismo concepto se puede expresar de formas diferentes mediante modificaciones en la expresión, como el empleo de sinónimos, alteraciones en la estructura sintáctica, entre otros. Es un hecho conocido que una misma oración puede tener intenciones o interpretaciones diferentes según el contexto en el que se enuncia. Todo esto genera, que al desarrollar un ChatBot en español, uno de los problemas más importantes corresponde a la interpretación pragmática de la conversación [20]. Generalmente, los ChatBots no son capaces de seguir el hilo de una conversación por mucho tiempo, aunque pueden dar respuestas satisfactoriamente a preguntas o frases armadas, tales como “¿Qué edad tienes tú?” o, “¿Cuál es el nombre de tu creador?”.

7. Agentes Conversacionales aplicados en el Ámbito Educativo

Gil Santana Esparza expresa en su investigación [21] haber detectado que algunos alumnos, durante el proceso de aprendizaje y preparación de su carrera profesional, enfrentan dificultades emocionales y de decisión. De ello, se evidencia que las tutorías les han permitido esclarecer su rumbo y retomar a través de la asesoría sus proyectos profesionales. Sin embargo, se percibe que los tutores

humanos no cubren las expectativas de tiempo y nivel de confianza de un número importante de estudiantes, lo cual puede repercutir en los índices de aprobación y, en consecuencia, la deserción a nivel institucional. Por lo anterior, se ha estado estudiando la posibilidad de explorar nuevas formas de administrar las tutorías a estudiantes dentro de las nuevas formas de enseñar, mediante el empleo de ChatBots.

Un Asistente Virtual de Clase (ACV) es un Agente Conversacional especializado en uno o más campos del conocimiento [3]. Este tipo de ChatBot puede emplearse a modo de complemento en el proceso enseñanza-aprendizaje, y tiene la capacidad de interactuar con los alumnos para brindarles información, realizar tutorías e incluso tomar exámenes, entre otros.

Algunas variantes de éstos que se utilizan en el ámbito de la educación son mencionadas a continuación:

- **Sistemas Tutores Inteligentes:** un Sistema Tutor Inteligente o ITS (por su sigla del nombre en inglés Intelligent Tutoring System) es un sistema de enseñanza asistida por computadora que utiliza técnicas de IA, principalmente para representar el conocimiento y dirigir una estrategia de enseñanza [22].
- **Sistemas Compañeros de Aprendizaje:** son agentes pedagógicos no autoritarios que se desempeñan en actividades de aprendizaje colaborativas o competitivas y apoyan a los estudiantes desde la perspectiva de un compañero [23].
- **Objetos de Aprendizaje (OA):** no existe un consenso generalmente aceptado acerca de la noción de objetos de aprendizaje. En un sentido amplio, las nociones van desde aquellas que incluyen personas, objetivos, organizaciones y eventos, hasta las que los consideran como cualquier entidad digital que puede ser usada o referenciada durante una experiencia de aprendizaje apoyada en tecnología computacional o de telecomunicaciones [4].

Si bien se puede decir que la implementación y el uso de estos ACV han tenido un avance considerable en los últimos años [24], también se debe tener en cuenta que su desarrollo enfrenta una serie de problemas que deben ser resueltos [25]. Dichos problemas pueden ser generales para cualquier tipo de ChatBot (como es el manejo del contexto de la frase y del idioma español mencionados anteriormente) o, particulares de su aplicación en el ámbito educación (por ejemplo, la utilización de la terminología correspondientes a la asignatura donde se aplica o las formas de comportamiento para intentar generar los mejores resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje). Es por ello, que además de utilizar herramientas que permitan el desarrollo de estos agentes, también se necesita el uso de métodos ad-hoc que permitan guiar el proceso de construcción teniendo en cuenta las particularidades del ámbito.

8. Herramientas para el Diseño de ChatBots

En esta sección primero se describen las principales herramientas disponibles para el diseño de ChatBots (sección 8.1) y, luego, se presentan las principales características incluidas por todas ellas (sección 8.2). Dichas herramientas son de uso general, y no específicas para el ámbito educativo por lo que pueden presentar características que soporten, o no, las particularidades de esa área. Por lo tanto, también se identifican los requisitos deseables para las mismas al ser aplicadas en dicho ámbito (sección 8.3).

8.1. Herramientas Más Utilizadas

Dentro de las herramientas más utilizadas para el desarrollo de ChatBots se encuentran:

- **Artificial Intelligence Mark-up Language (AIML):** como se ha mencionado anteriormente 'Artificial Intelligence Mark-up Language' (o AIML como es más conocido) se encuentra basado en la tecnología de software libre ALICE desarrollada por el Dr. Richard Wallace [15]. Esta herramienta permite construir la base de conocimiento a través de un lenguaje de marcas derivado del lenguaje XML [26] que es el medio utilizado para la definición de su inteligencia, por lo que es de fácil uso para cualquier tipo de desarrollador [27].
Para ello, AIML describe una clase de objetos de datos llamados 'objetos AIML' y el comportamiento sobre el procesamiento de dichos objetos. Estos objetos están formados por unidades llamadas "Topic" y "Category", que contienen datos analizados los cuales componen los elementos AIML que encapsulan conocimiento de la forma estímulo respuesta [20]. La unidad básica de conocimiento en AIML es una "Category", la cual se compone de una pregunta de entrada, una respuesta de salida y un contexto opcional. La pregunta (o estímulo) se llama "pattern", la respuesta se llama "template", y los dos tipos de contexto opcionales se denominan "that" y "topic" [20].
El lenguaje de los patrones ("patterns") en AIML es simple al consistir solamente en palabras, espacios y los símbolos wildcard como "_" y "*" que representan tanto una palabra, como una serie de palabras o bien nada. La única diferencia entre ellos es la prioridad. Las palabras pueden contener letras y números pero no otros caracteres. El lenguaje de los patrones es "case insensitive" lo cual significa tratar o interpretar letras mayúsculas y minúsculas como si fueran las misma [29]. Además, las palabras están separadas por un espacio único [20].
- **PANDORABOTS:** es un servicio web gratuito que ofrece herramientas para la construcción, hospedaje e

implementación de ChatBots [30], incluyendo el Playground IDE y la API AIaaS. Su origen se debe al Dr. Richard Wallace que en el año 2002 forma una alianza con Franz Inc, que es un servidor AIML e intérprete implementado en Common Lisp. De esa colaboración nace la empresa independiente PANDORABOTS Inc, donde Wallace sirve como Director de Ciencia [5]. La visión de esta empresa es brindar un servicio web de código abierto, que permite de manera gratuita desarrollar y publicar ChatBots a cualquier persona.

- **BOT LIBRE:** se trata de una plataforma de código abierto basada en un motor de IA avanzado desarrollado en Java que permite crear ChatBots con la finalidad de automatizar acciones en salas de chat [31]. Los ChatBots desarrollados con BOOTLIBRE, están siendo utilizados en redes sociales como Twitter y Facebook, así como también en sistemas de correo electrónico, ellos pueden actuar como agentes virtuales con avatares 3D, formar parte de máquinas de aprendizaje, entre muchas otras opciones que irán creciendo con el tiempo [31].
- **AMAZON LEX:** es un servicio para crear interfaces de conversación en cualquier aplicación con voz y texto [32]. Ofrece funcionalidades como aprendizaje profundo avanzado del reconocimiento automático del habla para convertir habla en texto y poder comprender el lenguaje natural para reconocer la intención del texto, lo que permite crear aplicaciones entretenidas con interacciones de conversaciones realistas [32]. Es posible usar AMAZON LEX para crear ChatBots para las solicitudes diarias de los clientes, como es el caso de acceder a las novedades más recientes, puntuaciones de juegos o el pronóstico meteorológico. Estos ChatBots pueden ser implementados en dispositivos móviles, servicios de chat y dispositivos de IoT (Internet of Things), con soporte para formatos de mensaje enriquecidos [32].
- **GALAI BOT:** es un proyecto desarrollado por el grupo de Tecnologías de la Información (GTI) del departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo (España) [5]. A lo largo de los últimos años han estado desarrollando software libre y gratuito para apoyar a los ChatBots de AIML en los campos de eLearning y entretenimiento [33].
- **CHATFUEL:** nació en el verano de 2015 con el objetivo de hacer que la construcción de bot sea fácil para cualquiera [34]. Permite integrar redes sociales como Telegram, Facebook, Instagram y Twitter, no requiere programación, es de uso gratuito pero cuenta con una cuenta premium usando la versión CHATFUELPRO.
- **BOT FRAMEWORK:** es el framework para desarrollo de ChatBots de Microsoft, el cual

proporciona un entorno integrado de todo lo que se necesita para construir, conectarse, probar, implementar, supervisar y administrar ChatBots [35]. Bot Service proporciona herramientas para escribir un ChatBot, conectarlo, probarlo, implementarlo y administrarlo desde su navegador web sin necesidad de un editor o control de fuente por separado.

- **CLEVERSCRIPT:** es una herramienta de desarrollo para crear ChatBots. Permite diseñar el ChatBot en una hoja de cálculo y comunicarse con él usando la API JSON [36].

8.2. Características Generales de las Herramientas

A partir del análisis realizado a las herramientas mencionadas, se relacionan a continuación un conjunto de características comunes entre ellas:

- Desarrollo de ChatBot en múltiples idiomas, las herramientas analizadas cuentan con la funcionalidad de permitir elaborar la base de conocimiento del ChatBot en diferentes idiomas.
- Facilidad de uso, algunas de ellas cuentan con una herramienta de desarrollo basada en web, que permite diseñar y editar con facilidad ChatBot sin necesidad de contar con conocimientos avanzados de programación.
- Aunque muchas de las herramientas permiten publicación y alojamiento web gratuito de los ChatBot desarrollados en su plataforma, es de aclarar que algunas de ellas, como AMAZON LEX y CHATFUEL, ofrecen además una versión paga que cuenta con funcionalidades adicionales.
- Almacenamiento de las conversaciones, las herramientas tecnológicas mencionadas manejan registros conversacionales con la finalidad de mejorar las habilidades del ChatBot. Esto permite supervisar, controlar y corregir las conversaciones.
- Automatización de redes sociales, algunas de las herramientas mencionadas como es el caso de BOT LIBRE y BOT FRAMEWORK permiten crear ChatBots con la finalidad de automatizar redes sociales como Twitter, Facebook, o Telegram.
- Administración de versiones, la herramienta AMAZON LEX permite realizar administración de versiones a los ChatBot desarrollados.
- Las herramientas mencionadas cuentan con funcionalidades para el diseño y programación de los ChatBot utilizando diferentes técnicas de NLP. Esto les permite conocer las diversas formas de decir algo y crear un guion conversacional.
- Amplio conjunto de conocimiento con código abierto, algunas de ellas cuentan con cerebros prefabricados conformados por archivos AIML que

pueden ser modificados para producir un ChatBot de calidad.

- Algunas de las herramientas analizadas trabajan en torno a una gran comunidad de usuarios. Esto permite a los desarrolladores hacer consultas y contar con ayuda en una variedad de entornos e idiomas. Soporte e implementación en dispositivos móviles, los desarrollos realizados en las plataformas cuentan con este tipo de soporte. Para efectos de la presente investigación, es importante que la aplicación desarrollada pueda ser utilizada por los usuarios objetivos en sus dispositivos móviles.
- Las herramientas analizadas brindan una gran variedad de avatares para hacer la interfaz amigable para facilitar su utilización. También algunas incluyen funciones de reconocimiento de voz para que el producto desarrollado sea amigable y pueda captar a la población objetivo.

8.3. Requisitos de las Herramientas para su uso en el Ámbito Educativo

Para garantizar un producto ChatBot de alta calidad y aceptabilidad en el ámbito educativo, es de vital importancia la correcta selección de una herramienta acorde con las necesidades a subsanar. Se establece que una buena herramienta de desarrollo debe permitir al menos los siguientes requisitos:

- Que permita manejar múltiples idiomas y, concretamente para la presente investigación, al idioma español (latino).
- Que sea fácil de usar, incluso para personas no expertas en el desarrollo de software.
- Que sea gratuita, dado que tendrá un uso educativo e investigativo, y muchos de estos proyectos se ven afectados por el factor económico.
- Que pueda almacenar las conversaciones para su posterior monitoreo y supervisión. Esto es de mucha utilidad ya que permite mejorar las habilidades conversacionales del ChatBot, sobre todo es importante para corregir posibles errores en las respuestas referentes a su dominio educativo.
- Que permita generar interfaces con las principales redes sociales, teniendo en cuenta el auge de las mismas y que los estudiantes se sienten más cómodos utilizándolas, esto brinda un valor agregado a su aplicación.
- Que sea posible administrar versiones, dado que puede servir para llevar un control de los cambios implementados.
- Que permita aplicar diferentes tecnologías asociadas al NLP (como por ejemplo, cerebros prediseñados en AIML) con el fin de procesar y responder correctamente las preguntas realizadas por los

estudiantes. Para la presente investigación esta funcionalidad es importante debido que permite facilitar el desarrollo de la base de conocimiento, teniendo en cuenta la dificultad que genera esta tarea en idioma Español.

- Que cuente con el apoyo de una comunidad de desarrolladores expertos ya que puede ser de utilidad al creador en el momento del desarrollo y posteriormente para resolver errores con mayor facilidad y rapidez. Esto es importante ya que genera la confianza de desarrollar un producto de calidad.
- Que el ChatBot desarrollado pueda ser accedido desde dispositivos móviles, dado que hoy día las personas utilizan más sus teléfonos móviles que tabletas y computadoras de escritorio. Además, esto permite a los estudiantes utilizarlo donde y cuando quieran.
- Que la interfaz desarrollada sea fácil de usar y amigable, lo cual brinda confianza a los usuarios que usan, así como también aumenta la posibilidad de adquirir conocimiento utilizándola.

9. Metodologías para la Implementación de ChatBots en el ámbito Educativo

Para la implementación de un Asistente Virtual de Clase, además de considerar las herramientas antes mencionadas, también es necesario aplicar una metodología que guíe el proceso de implementación, desde la definición de sus objetivos hasta la transferencia a los usuarios. En esta sección se presentan cinco metodologías existentes (sección 9.1), a las que se le aplica un análisis comparativo. Para ello, primero se identifican las dimensiones consideradas (sección 9.2), y luego se presentan los resultados clasificados como una serie de fortalezas y debilidades para cada metodología (sección 9.3). Es de aclarar, que por la escasez de metodologías existentes para este tipo de proyectos, se han considerado en el análisis, tanto metodologías de desarrollo como desarrollos concretos.

9.1. Metodologías disponibles

A continuación se describe brevemente las cinco metodologías disponibles consideradas en este estudio:

A. Metodología para desarrollar Agente Virtual Inteligente de Ayuda al Aprendizaje

El objetivo de la metodología propuesta en [24] consiste en el desarrollo de un agente virtual, o ChatBot, cuyo dominio de conocimiento corresponde con el temario de la asignatura 'Procesadores del Lenguaje', dictada en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) en 4º curso de la carrera Ingeniería Informática.

De esta manera, se busca que pueda elaborar una respuesta en consonancia con lo cuestionado, y así poder resolver las dudas del alumno sobre el contenido de la disciplina.

Los autores [24] en su investigación inician argumentando el aporte de un sistema inteligente, o ChatBot, a un nuevo sistema educativo en el que se disminuyan las clases presenciales y se incrementen los trabajos prácticos. Luego, definen las características y objetivos que se deben cumplir en esta clase de sistema, entiéndase como objetivos las preguntas planteadas por el alumno, diferenciar las que atañen a la materia de las que no, y elaborar una respuesta que corresponda con lo cuestionado, permitiendo resolver las dudas del alumno sobre la materia en cuestión. Por otro lado, definen cómo realizar actividades tales como integración, arquitectura e implementación, además mencionan los módulos que conforman el sistema y las herramientas tecnológicas utilizadas para el desarrollo de los mismos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se puede decir que los autores plantean correctamente el problema a resolver y muestran en su investigación (en forma resumida) una posible solución al problema planteado. No obstante, hace falta en su documento la mención de un caso de estudio en el cual se haya aplicado y validado el sistema inteligente o ChatBot, de forma que garantice la solución a la problemática planteada para el desarrollo de este tipo de sistema.

Por último, el link relacionado en el documento para el acceso a la aplicación no está funcionando, lo cual no hace posible consultar y/o probar el producto de la investigación.

B. Metodología para Herramienta de Asistencia al Docente para Determinar el Clima Social y la Estructura del Aula

El objetivo de esta metodología [23] consiste en el desarrollo de una herramienta web denominada Agent SocialMetric que integra el Análisis de Redes Sociales y la creación de un Agente Conversacional de nombre Albert. El mismo tiene la finalidad de apoyar a los docentes en la identificación del clima social en el aula y las relaciones interpersonales entre los estudiantes.

Los autores [23] mencionan la importancia del software educativo y el aporte que le brindan a los docentes, así como también el hecho de cómo puede una herramienta de Tecnología de Información y Comunicación (TIC) ayudar a identificar las relaciones sociales existentes en el aula de clases e intervenir en ellas. Continúan detallando los conceptos de Agentes Inteligentes Conversacionales y Análisis de Redes Sociales aplicados al entorno educativo. Luego, describen el modelo de la Herramienta Agent SocialMetric, con las posibles fuentes de datos que se pueden utilizar y cuál es la seleccionada en este caso.

También definen la Arquitectura a implementar y las especificaciones de la interfaz de usuario, relacionan la especificación del agente llamado Albert y, por último, presentan la puesta en marcha del caso de estudio, relacionando los resultados arrojados.

En el documento producto de esta investigación se realiza un correcto planteamiento del problema, se muestra la investigación de los antecedentes de conceptos técnicos y del dominio abordado, se explica de manera detallada la implementación del sistema propuesto y el caso de estudio en el que se aplica la propuesta, así como también los resultados arrojados por la implementación del mismo. No obstante no realiza una definición de las fases en el que se desarrollará el proyecto, ni analiza la posibilidad de utilizar otra herramienta tecnológica para la implementación de la solución. De igual manera, no se cuenta con un link de acceso al ChatBot, esto hace imposible validar su funcionamiento y permite dudar sobre la existencia del mismo.

C. Metodología para desarrollo de Sistema Inteligente Conversacional para la Orientación Vocacional

El objetivo de la investigación realizada en [35] consiste en implementar modelos y herramientas de IA para el desarrollo de un robot virtual capacitado para pensar como un ser humano, y que pueda simular un dialogo capaz de hacer creer que se está hablando con otra persona. Este agente sostiene conversaciones con los usuarios para ayudarlos a definir su vocación profesional de acuerdo a sus capacidades e intereses personales.

En el desarrollo de la investigación, los autores [35] definen, qué son Sistemas Inteligentes Conversacionales y sus antecedentes, qué es la Orientación Vocacional y cómo este tipo de sistema puede ayudar a los jóvenes a escoger una carrera profesional acorde a sus necesidades y hacen referencia a la metodología utilizada en el desarrollo del proyecto.

Luego, indican el modelo del sistema a desarrollar en el que incluyen una definición del Agente Inteligente Conversacional en el cual se plasman los elementos que conforman el sistema, el lenguaje de programación y el intérprete utilizado en el desarrollo, explican los componentes y módulos del sistema.

Por todo lo anterior, se puede decir que en el documento resultado de la investigación se hace un correcto planteamiento del problema y la solución propuesta puede dar cumplimiento al mismo. No obstante, dedica más material a explicaciones conceptuales generales que al desarrollo del ChatBot, no plantea una justificación referente a la selección de las herramientas tecnológicas utilizadas, no presentan los resultados del test de Orientación Vocacional dominio

del agente para validar que en realidad la solución implementada da respuesta a la hipótesis planteada.

Finalmente, en este caso fue posible acceder al ChatBot e interactuar con él. Se puede apreciar que sus respuestas son muy cerradas, si se le pregunta algo para lo que no está preparado vuelve al inicio del cuestionario. Suele repetir constantemente la aclaración de cómo se debe responder a las preguntas y si se desea continuar, lo cual resulta innecesario.

D. Metodología para la Construcción de un Prototipo de Programa Personalizado de Tipo ChatBot en ambiente Java con un Lenguaje Natural

El objetivo de la investigación realizada en [38] es construir un prototipo de ChatBot unido a un sistema de consultas, que utilizando NLP permita a quien lo use extraer la información contenida en la base de datos y apoyar el proceso de toma de decisiones, sin necesidad de capacitarse para entender el funcionamiento del sistema que le proporciona la información. La autora [38] maneja el supuesto de que las consultas de datos se pueden facilitar al añadir una aplicación inteligente y personalizada que permita al usuario obtener los resultados accediendo a ellos en forma diferente.

El alcance de la investigación realizada se queda en validar si el proyecto es de interés para la comunidad educativa, de la implementación del producto de la tesis se abre una futura línea de investigación. En este sentido, se cree que se debería haber implementado por lo menos un prototipo con la finalidad de validar si en realidad es útil este tipo de ChatBot.

E. Metodología para implementar Inteligencia Artificial Aplicada a Objetos de Aprendizaje a Través de la Tecnología del ChatBot Experto en Temas Específicos

El objetivo de la investigación realizada [39] es diseñar y evaluar una metodología que permita implantar inteligencia en objetos de aprendizaje, haciéndolos más eficientes. De esta manera, se espera lograr que cuando el alumno necesite la asesoría de un experto, la pueda tener a través de un ChatBot.

Los autores [39] logran encontrar respuesta positiva a los interrogantes planteados en la definición del problema de investigación. No obstante no se hace mención del proceso de desarrollo e implementación que integra el Objeto de Aprendizaje Inteligente y el ChatBot.

9.2. Dimensiones consideradas para el análisis

Para evaluar las cinco metodologías descritas en la sección anterior, se han definido las dimensiones que se detallan a continuación:

- **Fases, Actividades y Tareas:** por cada una de las metodologías consideradas en esta dimensión se

evalúa si la misma presenta un proceso con un conjunto de pasos claros y bien delimitados para construir el ChatBot.

- **Requisitos:** esta dimensión analiza si la metodología presenta una correcta y clara definición de los requisitos funcionales y no funcionales del software; es decir si se identifican los deseos y las necesidades que debe satisfacer el producto que se va a desarrollar.
- **Arquitectura:** corresponde al estudio del conjunto de componentes del software, las relaciones entre ellos y el ambiente, así como los principios que orientan su diseño y evolución [40]. Por supuesto, que todos estos elementos del diseño arquitectónico deben ajustarse a los requisitos del proyecto.
- **Diseño:** en ella se analiza si la metodología tiene definido los módulos del producto software, incluyendo su contenido y funcionamiento, así como el diseño de la base de datos y de la interfaz de usuario.
- **Alternativas Técnicas:** en ella se determina si la metodología en análisis tiene en cuenta la comparación de varias tecnologías, con la finalidad de seleccionar la más adecuada en el desarrollo del gestor de base de datos, la interfaz gráfica y el intérprete de procesamiento de lenguaje natural del ChatBot.
- **Desarrollo del Software:** evalúa si la metodología en estudio cuenta con una sección en la que se especifique una metodología clara y definida para la programación de cada uno de los módulos del ChatBot.
- **Pruebas:** indica si la metodología define un plan de pruebas que incluya tanto pruebas unitarias como pruebas integrales del producto software.
- **Documentación:** en el análisis de cada una de las metodologías se evalúa si los autores definieron como mínimo un Manual de Usuario para documentar el funcionamiento del ChatBot.
- **Producto Software:** en ella se evalúa que la metodología analizada tenga definida una descripción del producto software desarrollado, su dominio de aplicación y disponibilidad del mismo para realizar validación de su uso.
- **Roles Requeridos:** en ella se analiza que la metodología evaluada cuente con la especificación del equipo del proyecto, y que la misma incluya los respectivos roles y el(os) responsable(s) para cada uno de ellos.
- **Competencias:** para la evaluación de esta dimensión se tiene en cuenta si la metodología analizada cuenta con una clara definición de los conocimientos, habilidades y actitudes de cada uno de los responsables de los roles definidos en la

competencia. Además, esta dimensión contempla el análisis de las competencias duras y blandas, dado que es muy importante que los integrantes del equipo del proyecto desarrollen sus capacidades para integrarse en mejores condiciones.

- **Caso de Estudio:** en ella se evalúa si la metodología cuenta con la evaluación del ChatBot mediante la implementación de un caso de estudio práctico que ha permitido a los autores validar la aplicación y utilidad del mismo.

9.3. Resultados del análisis de las Metodologías

Como resultado del análisis de las cinco metodologías en estudio, se han identificado una serie de fortalezas y debilidades que se indican a continuación:

- La **Metodología A** presenta las siguientes fortalezas:
 - ✓ Define que utiliza el Modelo de Ciclo de Vida en Espiral y explica con claridad y precisión las fases en que se desarrolla el proyecto.
 - ✓ Incluye la definición funcional y no funcional de las características que debe cumplir el ChatBot.
 - ✓ Determina la arquitectura interna, externa y especifica del ChatBot.
 - ✓ Describe los módulos implementados y su funcionamiento.
 - ✓ Lleva a cabo el análisis de diferentes tecnologías, junto con un estudio de selección de la mejor alternativa para todos los componentes del ChatBot.
 - ✓ Determina las pruebas unitarias y conjuntas.
 - ✓ Define el vocabulario técnico y manual de usuario.
 - ✓ Incluye el organigrama donde especifica el equipo de trabajo, jerarquías entre ellos y las competencias de cada uno de los roles.

Por otro lado, esta metodología desarrollada presenta las siguientes debilidades:

- ✓ No especifica cómo se ha llevado a cabo la fase de desarrollo del proyecto.
- ✓ No se ha podido probar el ChatBot, debido que el link relacionado en la investigación indicando donde se encuentra el mismo no funciona.
- ✓ No cuenta con la implementación de un caso de estudio.
- La **Metodología B** presenta las siguientes fortalezas:
 - ✓ Especifica los módulos Gestor de Diálogos y Generación de Locución que conforman a Albert. Además define que para la recopilación de la información de la base de conocimiento utiliza un cuestionario o test sociométrico.
 - ✓ Implementa el patrón Modelo Vista Controlador (MVC) para la arquitectura del ChatBot.

- ✓ Describe la implementación de una interfaz web que tiene embebido a Albert, la cual es amigable, manejable y usable.
- ✓ Especifica las herramientas para el desarrollo del motor de base de datos y la base de conocimiento.
- ✓ Define la metodología de implementación en un caso de estudio.

Entre las debilidades de esta metodología se detectan las siguientes:

- ✓ No cuenta con definición de Fases y Tareas .
- ✓ No especifica cómo se han llevado a cabo las fases desarrollo y pruebas.
- ✓ No cuenta con documentación del ChatBot.
- ✓ No se ha podido probar el ChatBot porque no hay disponible un link para accederlo.
- ✓ No cuenta con especificación de roles y competencias para los integrantes del equipo de desarrollo del proyecto.

- A la **Metodología C** se le identificaron las siguientes fortalezas:

- ✓ Define que utiliza la metodología de Rusell y explica las fases de desarrollo del proyecto.
- ✓ Relaciona los componentes del ChatBot (base de conocimiento, motor de inferencia, compilador e interfaz).
- ✓ Define los módulos implementados y su contenido.
- ✓ Relaciona las herramientas de desarrollo utilizadas para la construcción de los componentes del ChatBot.
- ✓ Define las pruebas de integración.
- ✓ Ha sido posible acceder al ChatBot e interactuar con él.
- ✓ Especifica las pruebas funcionales mediante la implementación de un caso de estudio.

Esta metodología presenta los siguientes puntos débiles:

- ✓ No especifica requisitos del ChatBot.
- ✓ No especifica cómo se ha llevado a cabo la fase de desarrollo.
- ✓ No relaciona en su investigación documentación del ChatBot.
- ✓ No cuenta con especificación de roles y competencias para los integrantes del equipo de desarrollo del proyecto.

- La **Metodología D** incluye las siguientes fortalezas:

- ✓ Define que utiliza la metodología de la ingeniería en sistemas RUP. También indica las fases y disciplinas por cada fase de desarrollo del proyecto.
- ✓ Especifica los requisitos mediante diagramas UML.

- ✓ Propone utilizar el lenguaje de programación Java para desarrollar la interfaz gráfica, el analizador léxico y el intérprete de lenguaje natural. El motor de base de datos está en MySQL.
- ✓ Se ha elaborado un prototipo que no se encuentra disponible.
- ✓ Especifica que se ha realizado la implementación de un caso de estudio.

Por otro lado, sus debilidades detectadas son:

- ✓ No especifica la arquitectura del ChatBot.
 - ✓ No especifica cómo se ha llevado a cabo las fases de diseño, desarrollo y pruebas.
 - ✓ No relaciona en su investigación documentación del ChatBot.
 - ✓ No cuenta con especificación de roles y competencias para los integrantes del equipo de desarrollo del proyecto.
- Finalmente, la **Metodología E** presenta sólo dos fortalezas:
- ✓ Hace referencia a los componentes del objeto de aprendizaje inteligente.
 - ✓ Especifica que se ha aplicado en un caso de estudio.

Por otro lado, presenta varias debilidades indicadas a continuación:

- ✓ No se relaciona, ni menciona, en su investigación alguna metodología de desarrollo de software.

- ✓ No especifica la arquitectura del ChatBot.
- ✓ No especifica cómo se han llevado a cabo las fases de diseño, desarrollo y pruebas.
- ✓ No especifica la herramienta tecnológica para el desarrollo del proyecto .
- ✓ No relaciona en su investigación documentación del ChatBot.
- ✓ No se ha podido probar el ChatBot, porque el link que relacionan en la investigación no funciona.
- ✓ No cuenta con especificación de roles y competencias para los integrantes del equipo de desarrollo del proyecto.

A modo de resumen, en la tabla 1 se presenta el grado de cumplimiento de dichas dimensiones (filas de la tabla) para cada una de las metodologías evaluadas (columnas de la tabla). En cada intersección se indica el grado de cumplimiento de la dimensión para la metodología teniendo en cuenta la codificación de colores que se presenta a continuación:

- El color verde (■) identifica cumplimiento total de la dimensión por parte de la metodología.
- El color amarillo (■) hace referencia a cumplimiento parcial por parte de la metodología.
- El color rojo (■) identifica no cumplimiento por parte de la metodología.

METODOLOGÍAS	Metodología A	Metodología B	Metodología C	Metodología D	Metodología E
DIMENSIONES					
Fases, Actividades y Tareas	■	■	■	■	■
Requisitos	■	■	■	■	■
Arquitectura	■	■	■	■	■
Diseño	■	■	■	■	■
Alternativas Técnicas	■	■	■	■	■
Desarrollo	■	■	■	■	■
Pruebas	■	■	■	■	■
Documentación	■	■	■	■	■
Producto Software	■	■	■	■	■
Roles Requeridos	■	■	■	■	■
Competencias	■	■	■	■	■
Caso de Estudio	■	■	■	■	■

Tabla 1: Tabla comparativa de las dimensiones de análisis

10. Conclusiones

En la actualidad el uso de los Agentes Conversacionales o ChatBots es muy común pues se han vuelto instrumentos de usos múltiples en disciplinas variadas. Una de estas aplicaciones es la de Tutores Virtuales para apoyar el proceso enseñanza-aprendizaje dado que ayudan a los estudiantes a avanzar en su desarrollo académico dentro de un curso o asignatura.

A partir del análisis documental realizado, se han detectado varias herramientas que pueden ser útiles para el desarrollo de ChatBots en el ámbito educativo. Se puede afirmar, que en menor o mayor medida, todas las herramientas analizadas pueden ser aplicables, quedando a criterio del equipo de trabajo seleccionar la que más se adapte a sus necesidades. Sin embargo, uno de los factores que más dificultan la utilización de ChatBot es su desarrollo en idioma Español por las falta de técnicas NLP específicas para dicho idioma. Por ello, se hace imprescindible considerar esto para al momento de la elección.

Asimismo, otro factor importante es la necesidad de incluir terminología propia del dominio de la asignatura universitaria, esto permite que el ChatBot pueda responder las preguntas de los estudiantes y, por lo tanto, cumpla con su objetivo. Para lograr esto, no alcanza con elegir una buena herramienta sino que también se debe seguir una metodología completa que considere éste y otros factores para lograr un producto que sea exitoso.

Es por ello que uno de los resultados más relevantes de esta investigación es el análisis de las metodologías disponibles para la implementación de Agentes Conversacionales aplicadas en el ambiente educativo. A partir del análisis comparativo de cinco metodologías ha sido posible establecer que aún quedan varios aspectos para seguir investigando y mejorando. Luego del análisis realizado se puede afirmar que muchas metodologías dejan de lado aspectos importantes del desarrollo del ChatBot y sólo una considera la mayoría de estas dimensiones, pero en algunos casos con limitaciones que deben ser solucionadas.

En este sentido, a continuación se indican los requisitos que debería cumplir una metodología para garantizar el éxito de un proyecto de desarrollo de un ChatBot en el ámbito educativo:

- Se debe contar con una definición clara de las fases, actividades y tareas a llevar a cabo durante su ejecución, en un orden lógico y apropiado. De lo contrario, el ChatBot desarrollado puede que no cumpla con el objetivo propuesto.
- Una clara definición de requisitos funcionales y no funcionales del ChatBot, permite desarrollar un producto de buen rendimiento y que satisfaga las necesidades del usuario final. En el caso de software utilizado en el ámbito académico es de vital

importancia que se definan claramente las funcionalidades que van a dar cumplimiento al objetivo del software.

- Para el desarrollo de un ChatBot, es de vital importancia que en la metodología de implementación se especifique una arquitectura que cuente como mínimo con una Base de Conocimiento, Motor de Inferencias y la Interfaz de Usuario en sus componentes, esto para garantizar la calidad del producto final.
- Todo proyecto de desarrollo de ChatBot exitoso, debe contar como mínimo con la definición del diseño de los módulos o funcionalidades del producto, así como también con el diseño de la base de datos y la interfaz gráfica, de lo contrario estos elementos pueden ser desarrollados de manera arbitraria generando un producto software de baja calidad.
- Teniendo en cuenta la complejidad que implica en PNL en idioma Español, se debe hacer un análisis exhaustivo al momento de seleccionar la mejor opción para el desarrollo del ChatBot. Es importante para el desarrollo de software educativo la selección de una buena herramienta de diseño ya que esto facilita un producto amigable y confiable.
- La definición de la fase Desarrollo, se deben tener en cuenta que la falta de definición de esta fase, puede ocasionar que cada desarrollador del proyecto, escriba su código de manera independiente dificultando el entendimiento del mismo a nuevos integrantes, así como también al resto de los desarrolladores.
- Para garantizar la calidad del producto software, es necesario que se incluya una fase de pruebas en la metodología de implementación. La misma debe tener en cuenta pruebas unitarias y de integración. Si se saca al mercado un producto con fallas puede hacer que se pierda el interés de los usuarios al momento de utilizarlo.
- Toda metodología de desarrollo de Chatbot deben contar con la definición de documentación que permita apoyar a quienes lo van a usar y mantener sobre cómo utilizarlo y qué hacer en caso de fallo. De lo contrario, tanto el mantenimiento como el uso del mismo puede ser complicado.
- Es de vital importancia que la metodología de implementación cuente con una clara descripción del producto generado y su dominio, así como también que se encuentre disponible para su uso. De lo contrario no es posible verificar la validez de los resultados de la investigación.
- Es importante que la metodología usada para el desarrollo del ChatBot, cuente con la especificación de una estructura jerárquica con los integrantes del proyecto, en ella se deben especificar los responsables a cada una de las fases, actividades y tareas que se llevarán a cabo. De lo contrario se pueden presentar

inconvenientes en el monitoreo de las actividades desarrolladas.

- Especificar los conocimientos, habilidades y actitudes de los integrantes del equipo. De no contar con esto, se podría incurrir en asignar tareas a individuos que no corresponda.

Por consiguiente, como futura línea de trabajo, se trabajará en la propuesta de una metodología completa que considere dichos requisitos tratando de considerar también las fortalezas de las metodologías existentes.

Referencias

- [1]. Turing, A. (1950) Maquinaria computacional e Inteligencia. Traductor: Cristóbal Fuentes Barassi, (2010). Universidad de Chile.
- [2]. Warwick, K., & Shah, H. (2016). Can machines think? A report on Turing test experiments at the Royal Society. *Journal of experimental & Theoretical artificial Intelligence*, 28(6), 989-1007.
- [3]. Dorfman, M., Grondona, A., Mazza, N., & Mazza, P. (2010) Asistentes Virtuales de Clase en la Educación Universitaria. Trabajo presentado en UBA Sep Jornada Académica Anual del Departamento de Sistemas. Buenos Aires.
- [4]. Morales, R. & Agüera, A. (2002). Capacitación basada en objetos reusables de aprendizaje. *Boletín IIE*, enero – febrero del 2002.
- [5]. Cobos, J., Fernández, J. & Martín, F. (2013) Integración de ChatBot Como Habilidad de un Robot Social con Gestor de Diálogos. Tesis de Maestría Robótica y Automatización, Universidad Carlos III de Madrid.
- [6]. DRAE. (s.f.) Real Academia Española. Publicado en <http://dle.rae.es/?w=diccionario> Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=AgWhfb7> Recuperado 20 de agosto de 2017.
- [7]. Jiménez, P. & Sánchez, J. (2015) De Eliza a SIRI: la evolución. *Revista de Ciencia, Tecnología y Medio ambiente*, Universidad Alfonso X el Sabio, Madrid.
- [8]. Franceschin, T. (2016, 17 de Octubre) Chas ChatBots: Una Tecnología que puede revolucionar el Sistema Educativo. Publicado en Edu4.me. Disponible en: <http://edu4.me/los-chatbots-una-tecnologia-que-puede-revolucionar-el-sistema-educativo/> Recuperado en Julio 2017.
- [9]. Cortés, R., Zapata, A., Menéndez, V. & Canto, P. (2015). El estudio de los hábitos de conexión en redes sociales virtuales, por medio de la minería de datos. *Universidad Autónoma de Yucatán*, ISSN 1665-2673.
- [10]. Creswell, J. W. (2002) *Research design, Qualitative, Quantitative, and mixed methods approaches*. 2a ed.
- [11]. Yin, R. (1994) Investigación sobre Estudios de Casos. *Diseño y Métodos, Applied Social Research Methods Series*, 5, pp. 1–35.
- [12]. ELIZA (2006) Disponible en <http://www.manifestation.com/neurotoys/eliza.php3>. Recuperado en junio de 2018.
- [13]. Moro-Hernández, M. (2007) ELIZA: cuarenta años de terapias virtuales, *Universidad Autónoma de Madrid*, 28(2–3), pp. 67–76.
- [14]. Pandorabots. (s.f.) A.L.I.S.E FUNDATION. Publicado en <https://pandorabots.com/> Disponible en: <http://alice.pandorabots.com/> Recuperado 20 de agosto de 2017.
- [15]. Rodríguez-Roa, S. (2016) Estudio y uso de chatbots para el aprendizaje de inglés, pp. 1–65.
- [16]. McNeal, M., & Newyear, D. (2013) *Introducing Chatbots in Libraries*.
- [17]. Georgia Profesional Tech Education (2017) Meet Jill Watson: Georgia Tech's first AI teaching assistant. Disponible en: <https://pe.gatech.edu/blog/meet-jill-watson-georgia-techs-first-ai-teaching-assistant> Recuperado 2 de septiembre de 2017.
- [18]. Jennifer Van Grove (2016) Do people want to talk to bots?. *The San Diego Union-Tribune*.
- [19]. Ferro, J. V. (2006) Aplicaciones del Procesamiento de Lenguaje Natural en la Recuperación de Información en Español, 36, pp. 57–58.
- [20]. Rodríguez, J., Merlino, H., & Fernández, E. (2014b) Comportamiento Adaptable de ChatBots Dependiente del Contexto. Tesis de grado en Ingeniería en Informática, Universidad de Buenos Aires.
- [21]. Esparza, G. S., Barrera Silva, G. y Torres Maza, M. C. (2016) “Resultados del Análisis del procesamiento de lenguaje natural en la generación de agentes inteligentes conversacionales”, *Revista Avanzada Científica*, 19(1).
- [22]. Ferrer, A., Rey, E. J. & Servetto, A. C. (2006) Modelo de sistemas tutores inteligentes multiagente. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- [23]. Kuz, A., Falco, M., Leopoldo, N. & Guiandini, R. (2015). Agent SocialMetric: herramienta de asistencia al docente para determinar el clima social y la estructura del aula, pp. 16–29.
- [24]. Gómez-Róspide, C. & Puente, C. (2012) Agente virtual inteligente de ayuda al aprendizaje, p. 178.
- [25]. Rodríguez, J., Merlino, H., & Fernández, E. (2014a) Comportamiento Adaptable de ChatBots Dependiente del Contexto. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 2(2): 115-136, ISSN 2314-2642.
- [26]. Wallace, R. (2005). *Be your own botmaster*. Segunda edición. Oakland, E.U.: ALICE A.I. Foundation, Inc.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [27]. Carpenter, R. & Fryer, L. K. (2006) Bots as language learning tools, *Language Learning & Technology*, 10(3), p. 8.
- [28]. Wallace, R., Tomabechi, H. & Aimless, D. (2003) *Chatterbots Go Native: Considerations for an ecosystem fostering the development of artificial life forms in a human world*.
- [29]. Your Dictionary. (s.f.) Disponible en: <http://www.yourdictionary.com/case-insensitive> Recuperado 15 de octubre de 2017.
- [30]. Pandorabots. (2013), *Welcome to Pandorabots*. Publicado en <https://pandorabots.com/static/html/> Disponible en <https://pandorabots.com/static/html/> Recuperado 11 de marzo de 2018.
- [31]. Tecnología, Internet y Marketing. (2018), *Bot Libre, plataforma de código abierto para la creación de bots*. Disponible en <https://www.whatsnew.com/2016/01/29/bot-libre-plataforma-de-codigo-abierto-para-la-creacion-de-bots/> Recuperado 11 de marzo de 2018.
- [32]. AWS. (2017), *AMAZON LEX*. Disponible en <https://aws.amazon.com/es/lex/>. Recuperado 11 de marzo de 2018.
- [33]. GalaiaBots (s.f.) Disponible en <https://sites.google.com/site/galaiabots/home>. Recuperado 17 de marzo de 2018.
- [34]. CHATFUEL. (2017) Disponible en <https://chatfuel.com/about-us.html>. Recuperado 17 de marzo de 2018.
- [35]. Bot Framework (2017). *About Bot Service*. Disponible en <https://docs.microsoft.com/es-es/bot-framework/bot-service-overview-introduction> tomado. Recuperado marzo de 2018.
- [36]. Cleverscript (2018). *Built a Chat Bot*. disponible en <http://www.cleverscript.com/>. Recuperado marzo de 2018.
- [37]. Ruiz-Tadeo, A., García, M. & Farias, N. (2009a) *Sistema Inteligente Conversacional para la Orientación Vocacional*. Tesis para obtener grado de maestra en computación. Colima, México – 2009.
- [38]. Limón, M. (2016) *Construir un prototipo de ChatBot unido a un sistema de consultas, que utilizando procesamiento de lenguaje natural permita a quien lo use extraer la información contenida en la base de datos y apoyar el proceso de toma de decisiones*, Tesis de grado en Licenciatura en Ciencias Informáticas. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- [39]. Meza, M. & Álvarez, F. (2010a) *Inteligencia Artificial Aplicada a Objetos de Aprendizaje a Través de la Tecnología del Chatbot Experto en Temes Específicos*. Tesis para Obtener el Título de Doctor en Ciencias de la Computación, Universidad Autónoma de Aguas Calientes, México.
- [40]. Reynoso, C. (2004) *Introducción a la Arquitectura de Software*, Universidad de Buenos Aires, pp. 1–27.

Enseñanza de programación con el método aula invertida, una experiencia motivadora

del Prado Ana María, Lara Luis R

Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UNCA, Catamarca, Argentina

anadelprado@tecno.unca.edu.ar

reolara@educ.ar

Resumen

Con el avance de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), sumado a que los estudiantes se encuentran atraídos y hacen uso de diferentes herramientas; la universidad no puede estar ajeno a ello y requiere incorporar al proceso de enseñanza aprendizaje nuevas modalidades, por ello, en la asignatura “Informática” de la carrera Ingeniería Electrónica de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca, se implementó el método de aula Invertida, que posibilita la incorporación de nuevas estrategias y recursos para motivar a los estudiantes fortaleciendo el interés por la programación, además de destinar mayor tiempo presencial a las actividades prácticas específicamente a programar situaciones reales del futuro ingeniero electrónico. Se busca también que los estudiantes puedan llevar a cabo nuevas experiencias, donde se consideren sus preferencias y posean el acompañamiento docente en todo este proceso. Para ello, se generaron materiales interactivos que resulten interesantes a los estudiantes, basándose en las opciones seleccionadas en las encuestas, se trabajó con herramientas del aula virtual y otras externas, que permitan hacer un seguimiento del estudiante y finalmente se realizó una encuesta de satisfacción, para obtener una devolución sobre la experiencia del estudiante con respecto al nuevo método.

1. Introducción

La incorporación de experiencias con TIC en las universidades implica una mejora en los procesos de enseñanza aprendizaje y requiere la aceptación por parte de los docentes, estudiantes y autoridades. Es tan importante su aprobación, como la metodología empleada para aplicarlo [1]. El empleo de las TIC debe ser para agregar valor al proceso de enseñanza aprendizaje y comprobar como modifican las prácticas educativas, mejorando la participación de los estudiantes en las

actividades, considerando las circunstancias y condiciones donde se aplican [2].

El uso constante que hacen los estudiantes de las TIC en su vida cotidiana supone la necesidad de incorporarlas a la educación, con el objeto de motivarlos en la temática. Pero no corresponde exclusivamente la responsabilidad a las tecnologías, también depende de las actividades, la comunicación e interacción entre el docente y sus estudiantes, además de la elección adecuada de las herramientas que sean acordes a sus preferencias. Es importante que el estudiante se interese por la temática, pero además que el docente este en contacto permanente, para que pueda avanzar en su proceso de aprendizaje. Allí está la ventaja de la enseñanza online y el uso de herramientas, donde el estudiante en el momento y lugar que prefiere puede continuar aprendiendo y con el acompañamiento permanente del docente, ya que esperar a la próxima clase presencial puede ocasionar la pérdida de motivación o interés en la actividad. Es decir, el uso de las tecnologías tiene un efecto positivo, por su carácter novedoso, su empleo en el aula garantiza en primera medida el interés de los estudiantes [3].

Actualmente el conocimiento se logra independientemente del lugar, puede darse en la facultad, en la casa, en el trabajo, es indistinto de un ambiente físico y se aprende de diferentes maneras, el conocimiento se adquiere mediante la colaboración entre sujetos y en diferentes ámbitos, mediante el empleo de las TIC [4]. De este modo, un estudiante puede continuar trabajando desde su casa con conexión a Internet con una consulta a su profesor, compañero o bien, realizando una actividad colaborativa, desde cualquier lugar y en cualquier momento [5].

En la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la UNCa, se dicta la asignatura “Informática”, correspondiente al segundo año de la carrera Ingeniería en Electrónica. Esta asignatura hace referencia a la programación en Lenguaje C, consta de seis horas semanales, la cual está distribuida en tres horas de teoría y luego tres horas de práctica. La metodología de trabajo era

el dictado de los temas de cada unidad en la clase teórica con la incorporación de ejemplos de códigos y durante la práctica se realizaba una guía de ejercicios sencillos de índole matemáticos, donde los estudiantes podían trabajar en grupo, pero no lo hacían de manera colaborativa. El problema de trabajar de esta manera es que los estudiantes en su ámbito laboral no pueden trabajar aisladamente o dividiéndose las tareas, deben hacerlo mancomunadamente y para ello requieren adquirir estas habilidades en la universidad. El rol que tiene el docente es de poseedor de todo el conocimiento y mediante la clase magistral lo transmite, mientras que los estudiantes con una actividad pasiva solo receptan estos contenidos. Los estudiantes tienen la posibilidad de utilizar el aula virtual, que en una instancia inicial solo era un repositorio de contenidos, trabajos prácticos, apunte de la cátedra y cuestionarios de autoevaluación, pero no era un medio atractivo para ellos, sumado a que no todas las asignaturas de la carrera emplean el aula virtual.

Para sanear esta problemática se incorporaron diversos recursos que posibilitaron la realización de actividades como crucigramas, sopa de letras, foro de discusión, presentación del grupo mediante una herramienta en línea, algunas opciones sumaban adeptos, mientras que otras ni siquiera eran consultadas.

Los estudiantes que cursan la asignatura tienen diferentes niveles de conocimiento, algunos nunca programaron y otros poseen experiencia en el tema, esto genera un problema al momento de planificar la clase, ya que no se quiere desmotivar a los de mayor conocimiento, ni filtrar a los estudiantes sin conocimientos. Por lo tanto, se busca generar un ambiente para que todos se sientan integrados, motivados y que puedan llegar a programar fluidamente, mediante la colaboración del docente y de sus pares, evitando el desgranamiento que surge en la asignatura luego del primer parcial y el elevado porcentaje de abandono en las primeras clases.

2. Método: aula invertida

Como define [6], el aprendizaje tradicional tiene como contrapartida que su modalidad de implementación es mediante una clase magistral y la aplicación de esos conceptos deben efectuarse en casa sin ayuda del docente, con lo cual deben emplear tiempo extra con una tarea, consultar con otro compañero o esperar a la próxima clase para que el docente lo oriente. En cambio, el aula invertida es una estrategia que permite a los estudiantes realizar tareas sencillas como visualizar un video y llegar al próximo encuentro preparados, quizás con algunas dudas, pero conociendo el tema y estando capacitado para realizar actividades interactivas en clases, con la presencia y ayuda del docente. De esta manera, el docente puede interactuar con los grupos de estudiantes, es factible trabajar por niveles de conocimientos, sirviendo de apoyo a los que

más lo requieren y estableciendo desafíos para aquellos que están en un nivel superior, con lo cual, los estudiantes se vuelven activos aprendices y no solo receptores pasivos como sucedía con la clase tradicional, reflexionan sobre su propio aprendizaje y comunican sus dificultades al docente. Otro aspecto importante, es la ausencia a las clases, lo que genera que el docente tenga que volver a explicar el tema o bien, que el estudiante tenga que aprenderlo por sí solo, sin embargo, esto se puede salvar con el aula invertida, ya que disponen del material en cualquier momento y lugar.

El aula invertida se está implementando e investigando con éxito en diferentes niveles educativos y lugares del mundo, esto se ve plasmado en numerosas publicaciones como así también en Flipped Global Initiative [7].

Las ventajas de la estrategia como definen [8], [9], [10], [11], [12] son:

- Permite que el estudiante trabaje y vaya preparado a la clase,
- admite un enfoque centrado en el estudiante, donde se vuelve responsable de su aprendizaje,
- aprende a trabajar en grupo en forma colaborativa y su aprendizaje es personalizado según la taxonomía de Bloom (analizar, crear y evaluar los materiales en el tiempo y lugar que el estudiante prefiera),
- se logra mayor amplitud de los temas, realizando actividades más complejas y específicas, obteniendo un aprendizaje significativo,
- el docente a su vez adquiere un rol diferente al ser guía del estudiante, acompañándolo en todo el proceso de aprendizaje, en forma individual y en grupo, tanto en forma presencial como virtual. Es decir, el docente no dedica tiempo a explicar el video, sino que se centraliza en aplicarlo a situaciones reales, más complejas y el acompañamiento docente se hace imprescindible, logrando un aprendizaje activo y participativo del estudiante.
- los estudiantes que no pueden asistir a la clase disponen de la explicación en forma virtual en el momento y lugar que deseen como define [4] los estudiantes con los dispositivos que poseen y conectados a Internet, pueden acceder a un aprendizaje ubicuo.

Las desventajas asociadas a la estrategia son:

- Los estudiantes no quieren colaborar y llegar a clases sin realizar las actividades previstas [13],
- los docentes a su vez deben ser capaces de generar videos lo cual requiere conocimiento y tiempo extra [14],
- resulta necesario que los estudiantes tengan acceso a una computadora o teléfono inteligente con acceso a Internet [15],

El modelo aula invertida, supone una fuerte dosis de motivación primeramente por incorporar nuevas herramientas y el uso de un aula virtual que permite a los estudiantes y docentes interactuar, además, en clase los estudiantes al tener información de la temática pueden reflexionar y avanzar en sus conocimientos. Así también, supone responsabilidad al asignar actividades y presentar tareas colaborativas que implica el compromiso de todos. Esto resulta apropiado para asignaturas con fuerte contenido práctico, donde los estudiantes pueden apropiarse de la teoría fuera de clase en forma autónoma y en clase, transformar en conocimiento mediante una aplicación práctica con situaciones reales y genuinas del entorno del futuro ingeniero electrónico.

3. Implementación y materiales didácticos

Como primera medida se definió un contrato didáctico donde se establecieron las pautas de trabajo sobre el nuevo método de aula invertida, es decir las obligaciones del docente y también de los estudiantes. Se estableció que los estudiantes ingresaran al aula virtual y desarrollaran las actividades establecidas y el docente proporcionaría las actividades con una semana de anticipación y las consultas o actividades tendrán su retroalimentación en el plazo de 24hs.

En la elección de herramientas se utilizó las que se encuentran en la plataforma Moodle por ser la plataforma empleada en la Institución y se incorporaron algunas herramientas de entorno abierto, tratando de generar un lugar de encuentro.

En primera instancia, se trabajó con encuestas anónimas provistas por GoogleDrive [16], para conocer los conocimientos previos y preferencias y situación de los estudiantes recurrentes.

Se explicó cómo se trabajará con el método de aula invertida, las ventajas de su aplicación y la conveniencia del empleo en la asignatura.

Por último, como evaluación de la propuesta, se realizó una encuesta de satisfacción de los materiales proporcionados, de la labor docente y del método trabajado.

Los materiales didácticos, se crearon con la intencionalidad de instruir a los estudiantes en una temática en particular, generar conocimientos nuevos o bien afianzar y relacionar los existentes, motivar a los estudiantes y en algunos casos, incluye la corrección automática de errores mediante la autoevaluación [17].

Se realizó una presentación en Prezi [18], donde se explica cómo se trabajará con la metodología de aula invertida, las ventajas de su aplicación y la conveniencia del empleo en la materia.

Se creó uno o más videos para cada unidad, con la intencionalidad de que el estudiante comprendiera la temática y pueda asistir a clases con el conocimiento

necesario para abordar la guía basada en casos de la realidad, que les permita solucionar una situación o problemática del profesional electrónico, o bien si surgen dudas en clase, solo se abordan los aspectos que resultan necesarios reforzar. Además, el video supone la ventaja de poder reproducirse en cualquier momento y lugar y la cantidad de veces que el estudiante considere necesario, como así también incrementa su motivación al ser un medio muy empleado por ellos [19]. Los videos se desarrollaron mediante la herramienta Powtoon [20], ya que es muy dinámica, sencilla, atractiva y permite grabar la voz en cada diapositiva, entonces resultó la adecuada para trabajar con los contenidos de la asignatura. El inconveniente que posee es que el video tiene un límite de grabación de diez minutos, no se puede descargar, pero se puede alojar en Youtube. Luego de reiteradas grabaciones, pruebas, cambios, se llegó a la versión definitiva que se subió en Youtube [21], con la intencionalidad no de emplearlo desde allí, porque resultaba necesario que el docente confirme además de la visualización del video, la comprensión del mismo. Por ello, se investigó las posibles herramientas que permitan que permitan lograr ese control y se eligió entre varias, la herramienta PlayPosit [22], que admitía crear una clase y colocar allí todos los videos de la asignatura, estos videos se pueden adquirir desde Youtube, por ello previamente se alojó ahí para luego seleccionarlo. Esta herramienta permite cortar el video para mostrar el segmento deseado, aunque no se utilizó esta opción en este caso, pero además permite hacer pausas en diferentes momentos del video y colocar preguntas, pudiendo ser opción múltiple o la escritura de una respuesta. Al finalizar la actividad, el docente puede visualizar los resultados de los estudiantes en una grilla.

Se trabajó con crucigramas y sopa de letras de EducaPlay [23], que son colocadas en el aula virtual y colaboran al entendimiento de la temática, es una opción muy empleada para que los estudiantes consulten sus apuntes si tienen dudas.

Se elaboraron guías de ejercicios basados en casos, con la finalidad que los estudiantes puedan aplicar sus conocimientos adquiridos en actividades relacionadas a la labor del ingeniero electrónico, el desarrollo de la misma implicó investigar y crear diferentes situaciones que podrían presentarse al profesional.

Cada semana además de incluir el material didáctico, se presenta una imagen confeccionada a través de la herramienta Piktochart [24], que permite al estudiante tener conocimiento de las acciones que se llevarían a cabo previa a la clase o en clase, esta herramienta admite insertar un video y las consignas a realizar.

4. Experiencia

La población de este estudio, la forman los estudiantes de segundo año de la asignatura "Informática" de la

carrera Ingeniería Electrónica. Al iniciar la asignatura se contaba con 14 de un total de 18 inscriptos. Se solicitó a los estudiantes completar una encuesta anónima sobre conocimientos previos y preferencias, luego una encuesta a los estudiantes recursantes para definir las falencias o requerimientos que permitan subsanar el desgranamiento que se produce a lo largo del cuatrimestre.

Para el inicio de la experiencia, se contó con 8 estudiantes, debido a que dos abandonaron al inicio de la asignatura y cuatro quedaron libre luego del primer parcial.

Previo a la primera clase con el nuevo modelo, se mostró una presentación realizada en Prezi, con la explicación a los estudiantes del método de enseñanza aula invertida y los casos exitosos en el mundo para que apoyen la propuesta y tengan conocimiento de las ventajas que genera. [25] Se explicó que se espera de ellos, como deben trabajar fuera de clases y como deben venir preparados a clase, así también porque se decidió el cambio de método, es decir, se explicó el contrato didáctico. Esto se realizó para evitar la reticencia de algunos estudiantes y que no sientan que van estar solos o que se les asigna más tareas o tiempo de estudio.

También, se explicó que materiales didácticos debían visualizarse para la siguiente semana, estando alojados en el aula virtual de la facultad de tecnología.

En la primera clase, donde se realizó la experiencia del nuevo método, los estudiantes estaban desconcertados, preguntaban mayormente sobre cómo el video reemplazaba la clase. Pero al comenzar con preguntas de la temática y al notar la participación de la mayoría, fue el momento donde se tranquilizaron y se apropiaron del método, solos preguntaban cómo se aplicaba cada situación planteada en el video. La docente también sentía un poco de ansiedad e incertidumbre de cómo se desarrollaría la clase, pero con el transcurso de las actividades se notó que era muy beneficioso para la asignatura. Por primera vez los estudiantes participaban activamente, comentaban entre ellos, incluso los que no pudieron ver el video en sus casas, se les permitió hacerlo en clases. Se pudieron sortear los obstáculos y comenzar con la actividad prevista, con el acompañamiento constante del docente en la resolución de consultas o inconvenientes al momento de programar. La mayoría de los estudiantes entendían la teoría y sabían cómo desarrollar los ejercicios entonces, las dudas solo se limitaron a la consigna o bien a errores de compilación.

Con el transcurso de las siguientes clases, los estudiantes sabían cómo era la metodología de trabajo y cumplían con las actividades previas a la clase.

En las actividades en clases, los estudiantes denotaban un entusiasmo extra, cuando querían hacer la actividad y cuando no recordaban cómo se realizaba volvían a visualizar el video en sus celulares. Lograron una autonomía en el trabajo que no sucedía en otras cohortes,

donde están permanentemente consultando inquietudes que podrían subsanarse con el apunte de clase. En este caso, con la reproducción del video, desarrollaban las consignas previstas.

En clase, se requería que los estudiantes trabajen colaborativamente en el desarrollo de los ejercicios basados en casos. Para ello, se utilizó la herramienta Collabedit [26], que permitía que varios estudiantes interactúen en un mismo entorno, codificando al mismo tiempo y con la posibilidad de mensajería interna. Es decir, podían acordar cómo abordar la problemática planteada o dudas que les surgían.

Por último, una vez concluidas las actividades los estudiantes las compartían con sus compañeros en algunos casos mediante un foro pizarra (Figura 1). En este caso en particular, como era un ejercicio realizado en clase y se lo pudo evaluar individualmente, se decidió usar el foro como consulta entre los pares y el docente colocó la resolución óptima del ejercicio realizada por un estudiante con algunos cambios mínimos.



Figura 1. Foro pizarra. Tema Estructuras

Pero al no resultar una opción muy utilizada y poco conveniente para consultar la resolución de los ejercicios de los compañeros, se decidió en la siguiente temática el empleo de la herramienta Padlet [27]. Con lo cual, todos podían visualizar los resultados de sus compañeros en forma directa y en un solo panel y mejorar su conocimiento ya que conocían otras alternativas de resolución que en muchos casos les permite entender la lógica de interpretación que poseen sus pares (Figura 2).



Figura 2. Herramienta Padlet. Tema Funciones

Como sucede todos los años, algunos estudiantes requieren más tiempo para aplicar los conocimientos en actividades prácticas. Por ello el planteo de la clase con esta nueva modalidad permitió al docente estar dedicado en los estudiantes que necesitan más apoyo, pero a su vez,

optimizar el código de los que dominan la temática y quieren seguir progresando.

Se elabora por cada unidad un foro de consultas para que los estudiantes participen en él y obtengan la ayuda del docente.

Por último, se trabajó con encuestas provistas por GoogleDrive, para conocer el nivel de satisfacción de la metodología empleada.

Como método de evaluación se trabajó con una evaluación continua a lo largo del cuatrimestre, según las actividades realizadas en el aula virtual como así también cumplimentando las actividades externas, sin definir una calificación a cada actividad sino buscando que se sumen todos los estudiantes a las propuestas definidas.

La actividad final que era considerada como evaluativa del cuatrimestre y corresponde a un trabajo de investigación basado en una situación real. Para realizar este trabajo se emplearon herramientas de codificación como Borland C, PIC-C y herramientas de simulación como Proteus que permite simular un microprocesador con los elementos como ser led, pantalla lcd, entre otros previamente codificados con PIC C. En esta actividad los estudiantes demuestran el conocimiento adquirido a lo largo de toda la asignatura, ya que para hacer funcionar los elementos que utilizan en la simulación requieren los conocimientos de cada una de las unidades estudiadas. Se les presentó la oportunidad de generar un video tutorial explicando cómo se realiza la codificación y luego la simulación de la situación planteada. Se obtuvo como resultado que la mayoría de los estudiantes optaron por esta opción, donde el docente les sugirió una herramienta, pero algunos emplearon otras con las que ya habían trabajado previamente. Algunos estudiantes se mantuvieron con la opción tradicional de asistir a clases y mediante una presentación mostraron como desarrollaron el proceso.

5. Resultados

Mediante las técnicas de evaluación cuali y cuantitativa y por la naturaleza de la experiencia se han incluido los siguientes instrumentos para el relevamiento de información: La observación del docente investigador, el análisis de las actividades planificadas en cada semana, tanto el visionado de los videos realización de cuestionarios como las actividades desarrolladas en clase y el trabajo final, con objeto de analizar la participación y trabajo de los estudiantes. Por último, se realizan diferentes encuestas: de conocimientos previos y preferencias, encuesta a estudiantes recursantes sobre las causas que consideran llevaron a recursar la asignatura y la encuesta de satisfacción de la aplicación del método de aula invertida en la asignatura Informática.

Observación del docente:

La participación en el aula virtual en cohortes previas era casi nula, mientras que, con esta nueva modalidad, quizás debido a la novedad metodológica o al grupo de estudiantes que estaban predispuestos, se percibió mayor participación en las actividades sin necesidad de recordar permanentemente lo que debían realizar, se sentían comprometidos con la propuesta. Además, en clase los estudiantes tomaban una postura activa, consultando, comentando los videos, como así también aquellos estudiantes que no se animaban a hacerlo en público, contaban con la posibilidad de consultar en forma privada y realizaban las actividades previstas para cada temática.

La percepción del docente puede hacerse visible mediante el estado de ánimo de sus estudiantes durante todo el tiempo que dura la clase, que en este caso son exhaustivas, con tres horas reloj de clase teórica y tres horas reloj de práctica el mismo día con diferentes docentes. Es por ello, que resulta imperante mantener motivado al estudiante en ese tiempo para que no se retire del aula. En esta experiencia los estudiantes se mantuvieron en clase la totalidad del tiempo y con un estado anímico positivo.

Por último, un docente de la asignatura "Materiales electrónicos" que se dicta conjuntamente a la asignatura "Informática", manifestó que los estudiantes le pedían que retrase algunas actividades propias de su asignatura ya que necesitaban concluir con algunas tareas en el aula virtual de "Informática", debido a que la docente estaba aplicando una nueva metodología de trabajo. Esta información generó gran satisfacción al tener datos externos, que certifican que el grado de compromiso de los estudiantes era real y que les agradaba esta nueva propuesta.

El docente a pesar del esfuerzo y tiempo que requiere la implementación del método también esboza la enorme satisfacción al ver que sus estudiantes hacen uso del material, lo apropian y generan trabajos significativos.

Cambia la percepción del estudiante, al modificar la función del docente y convertirse en tutor o guía en este proceso. Igualmente, la dinámica de la clase se ve alterada, ya que fluctúa según el ritmo de los estudiantes, y como logran interiorizarse de la temática y aplicarlo a problemáticas reales e inherentes a su área, esto genera más fortaleza e implicancia en la labor a desarrollar. Igualmente, los estudiantes continúan aprendiendo fuera de la clase, compartiendo o visualizando sus trabajos, interrelacionándose con sus compañeros y con el docente. En esta instancia prima el flujo de comunicación que debe mantenerse y no interrumpirse por la finalización de la clase.

Encuesta de conocimientos previos y preferencias:

Se solicitó a los estudiantes completar una encuesta anónima sobre conocimientos previos y preferencias, la cual fue completada por 11 estudiantes, donde las categorías en que se dividió la encuesta son: aspectos personales, estado actual en la asignatura, recursos que poseen los estudiantes, conocimiento de TIC, preferencia de estudio y conocimiento del Lenguaje C.

En esta encuesta se puede rescatar que un 72,7% de los estudiantes cursa por primera vez y el 27,3% es recursante, el 81,8% tiene computadora con acceso a Internet, sólo un 18,2% no posee acceso a Internet con lo cual se puede solucionar la visualización del video mediante la descarga previa y la resolución de los cuestionarios en el IDI (Instituto de Informática) en algún momento que se encuentre en la Facultad.

Normalmente, un 81,8% de los estudiantes emplean la computadora para estudiar, mientras un 18,2% la emplea para jugar, además, un 18,2% sabe programar, pero sólo 3 estudiantes tienen un nivel medio de conocimiento en lenguaje C.

Con respecto al uso del aula virtual un 91% de los estudiantes tiene conocimiento del aula virtual, pero mayormente un 90,96% los emplea como repositorio de apuntes y trabajos prácticos.

Los estudiantes expresan que prefieren para estudiar: mediante presentación de ejercicios resueltos un 81,8%, videos un 72,7% y secuencia con pasos mediante infografías un 54,5%.

Encuesta para estudiantes recursantes:

Al iniciar la asignatura se solicitó a los estudiantes recursantes completar una encuesta anónima, la cual fue completada por 2 estudiantes, donde las categorías que se dividió la encuesta son: causas por las que recursa, aspectos particulares del estudiante, temática que resultó más difícil e incorporación de TIC a las clases.

Las respuestas de los estudiantes es que volvían a cursarla porque el tiempo para realizar los ejercicios en clases es insuficiente y tienen dificultad para interpretar los ejercicios. También expresaron que les gustaría que existieran nuevas herramientas para comprender la temática en un 50% y el otro 50% estableció que quizás le gustaría. Con respecto a la temática que consideraban más difícil respondieron un 50% que el tema funciones y el otro 50% vectores y punteros.

Encuesta de satisfacción:

La experiencia de aula invertida se realizó con 8 estudiantes. Se solicitó a los estudiantes completar una encuesta anónima sobre satisfacción de la aplicación de la nueva estrategia, la cual fue completada por 7 estudiantes,

donde las categorías que se dividió la encuesta son: aspectos personales, material proporcionado, valoración del aula invertida, herramientas TIC empleadas, trabajo del docente y transversalidad de la aplicación del método a otras asignaturas.

Además, se colocó preguntas abiertas sobre ¿qué recomendaciones harías para seguir mejorando este método? ¿qué fue lo que no te agrado de este método? y ¿qué aspectos agregarías al nuevo método?

De los 7 estudiantes que participaron de la encuesta, 5 están entre los 18 y 21 años, 1 estudiante entre 22 y 25 y 1 estudiante más de 30 años. Un 14% son mujeres y un 86% de hombres.

En general se aprecia en la Figura 3 que un 71 % participó de las clases teóricas y un 29% casi siempre, con lo cual se denota una participación importante al considerar que la asignatura no requiere asistencia obligatoria a clases teóricas y una exigencia del 80% a las clases prácticas. La asignatura al poseer 3 horas de teoría y luego continuado 3 horas de práctica los días viernes, los estudiantes asisten a teoría y se quedan a las clases prácticas.

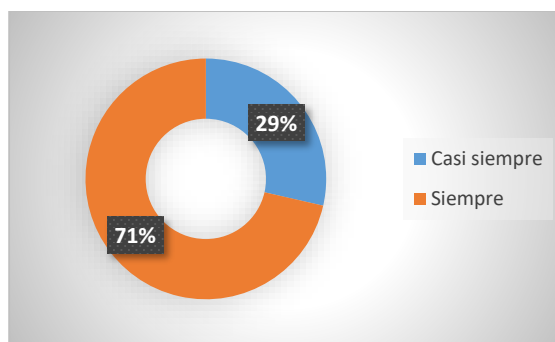


Figura 3. Frecuencia de asistencia a clases teóricas

El empleo del aula invertida propició en los estudiantes un cambio, un ambiente de motivación, donde primó la participación y esto se vio esbozado en la encuesta. Donde un 90% de los estudiantes considera que la aplicación de la nueva metodología le permitió ser más participativo en clases, aprender más e invertir mejor el tiempo, mientras que un 10% expreso que no apreció ningún cambio ante la aplicación de la metodología (Figura 4).

Es notable como los estudiantes se compenetran con las actividades, cuando se les plantea un nuevo método, están predispuestos a los nuevos aprendizajes, asistiendo a clases con una base de la temática, lo que les permite participar, opinar, consultar dudas del video y a su vez poder aplicarlo con las situaciones planteadas.

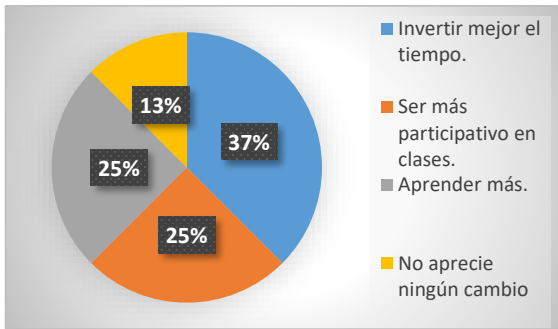


Figura 4. Resultados del empleo de la nueva metodología

Otro aspecto interesante por recalcar es que un 86% de los estudiantes consideran que no le costó adaptarse a este método, a pesar de no contar con conocimientos del uso del aula virtual, ni de herramientas web. Un 14% establece que si le costó (Figura 5). El acompañamiento docente resulta importante para que el estudiante logre cumplimentar las actividades, como así también, el empleo de herramientas que permitan realizar actividades fuera de clase.

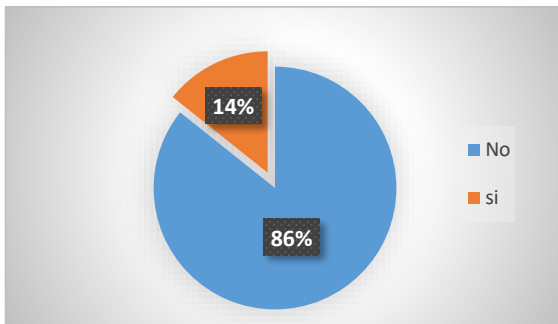


Figura 5. Resultados sobre la adaptación a la nueva metodología

Se les consultó a los estudiantes si les agradó probar nuevas herramientas, y un 72% mencionó que si, un 14% quizás y un 14% que no (Figura 6). Esto demuestra que los estudiantes al estar familiarizados con las TIC no ponen resistencia al empleo de nuevas herramientas o del uso del aula virtual, presentando un gran interés por aprender.

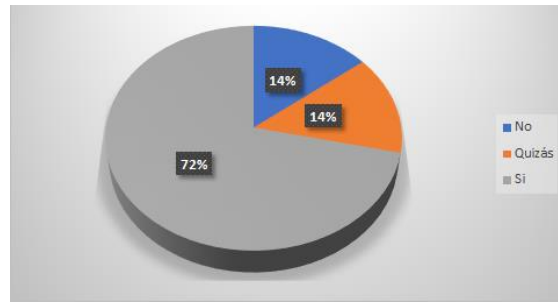


Figura 6. Herramientas web

Análisis del visionado de las actividades planificadas en cada semana:

Se puede observar que los estudiantes ingresan al aula virtual, cada una de las actividades son visualizadas 2, 3 o más veces por cada estudiante (Figura 7). Con ello, se puede establecer que los mismos tienen predisposición a realizar las consignas, cumplen con los plazos establecidos y logran cumplimentar las actividades.

Una de las actividades que no tienen muchos accesos son los foros de consulta, la causa puede corresponder a que los estudiantes prefieren consultar por mensajería interna o mensajes de WhatsApp. Mediante estos medios expresan sus dudas, envían fotos o imágenes del código que no les funciona, quizás prefieren hacerlo de manera privada, aunque se les expresa que es conveniente el uso del mismo para que la misma duda pueda ser resuelta para varios estudiantes. Aunque en esta asignatura en particular los códigos son diferentes y los errores en su mayoría son específicos.

Los foros tipos pizarra son accedidos, por ser una actividad definida y donde deben colocar sus códigos para ser evaluado por el docente y sus pares, es una buena estrategia para que los estudiantes se esfuercen por mostrar un código completo con comentarios, variables significativas y uso eficiente de variables.

Los estudiantes, además cumplen con la entrega de los trabajos prácticos que se basan en casos reales y son desarrollados en su totalidad en las clases prácticas.

implementarlo a la asignatura en su totalidad, incorporando nuevas estrategias y herramientas emergentes.

7. Referencias

- [1] Salinas Ibáñez, J. "Entornos virtuales y formación flexible". *Revista Tecnología en Marcha*, 17(3), 2004, pp. 69-80.
- [2] Coll, C. "Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades". *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 72, 2008, pp. 17-40.
- [3] Litwin, E. "Configuraciones Didácticas", *Las. Paide*'s. 1997
- [4] Burbules, N. C. "Los significados del 'aprendizaje ubicuo'". *Archivos analíticos de Políticas Educativas*, 2014, 22 (104).
- [5] Marqués Graells, P. "Algunas notas sobre el impacto de las TIC en la universidad". *Educar*, (28), 2001, pp. 83-98.
- [6] Bergmann, J., & Sams, A. "Flipping the classroom". *CSE*. 2013, 17(3), 24-27.
- [7] Flipped Learning. Flipped Learning Global Initiative. FLGI. <http://flglobal.org>
- [8] Driscoll, T. "Flipped Learning and democratic Education: The Complete Report". 2012. Recuperado de <http://www.flipped-history.com/2012/12/flipped-learning-democraticeeducation.html>.
- [9] Berrett, D. "How 'flipping' the classroom can improve the traditional lecture". *The Chronicle of Higher Education*. 2012. Recuperado de <http://chronicle.com/article/How-Flipping-the-Classroom/130857/>
- [10] Strayer, J. "How learning in an inverted classroom influences cooperation, innovation and task Orientation". *Learning Environments*, 15(2), 2012, pp.171.
- [11] Fulton, K. "Upside down and inside out: Flip your classroom to improve student learning". *Learning & Leading with Technology*, 39(8), 2012, pp.12-17.
- [12] Debbie, M. "Flip Classroom Instruction: How to Guide Part 1". 2012. Recuperado de <https://www.edtechtips.org/flip-classroom-instruction-1/>
- [13] Bristol, T. J. "Educate, excite, engage". *Teaching and Learning in Nursing*, 9, 2014, pp.43-46.
- [14] Herreid, C. F., & Schiller, N. A. "Case Studies and the Flipped Classroom". *Journal of College Ascende Teaching*, 42(5), 2013, pp. 62-66
- [15] Kordyban, R., & Kinash, S. "No more ying on auto pilot: The flipped classroom". *Education Technology Solutions*, 56, 2013, pp.54-56.
- [16] «GoogleDrive». [En línea]. Disponible en: <https://www.google.com/drive/>
- [17] Córca, J., Portalupi, C., Hernández, M. L., & Bruno, A. "Fundamentos del diseño de materiales para educación a distancia". Cap IV Editorial EVA. Argentina 2007.
- [18] «Prezi». [En línea]. Disponible en: <https://www.prezi.com/>
- [19] Aránguiz, M. B., Molina, M. B., Riquelme, A. C., & Contreras, C. M. "Propuesta de modelo tecnológico para Flipped Classroom (T-FliC) en educación superior". *Revista Electrónica Educare*, 22(2), 2018, pp. 3.
- [20] «PowToon». [En línea]. Disponible en: <https://www.powtoon.com/>
- [21] «YouTube». [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/>
- [22] «PlayPosit». [En línea]. Disponible en: <https://www.playposit.com/>
- [23] «EducaPlay». [En línea]. Disponible en: <https://es.educaplay.com/>
- [24] «PikToChart». [En línea]. Disponible en: <https://www.piktochart.com/>
- [25] Fernández, I. (coord.). "Todo comienza lejos del aula". *The flipped classroom Newsletter*. 2016, pp. 3-16.
- [26] «Collabedit». [En línea]. Disponible en: <https://http://www.collabedit.com/>
- [27] «Padlett». [En línea]. Disponible en: <https://es.padlett.com/>
- [28] Long, T., Cummins, J., & Auge, M. "Use of the flipped classroom instructional modela in higher education: instructors' perspectives". *Journal of Computing in Higher Education*, 29(2), 2017, pp. 179-200.
- [29] Zainuddin, Z., & Halili, S. H. "Flipped classroom research and trends from different fields of study". *The international review of research in open and distributed learning*, 2016, 17(3).
- [30] Martín, A. P., Martín, D. D., Aguilera, I. L., Sanz, J. M., Torner, P. S., Campión, R. S., ... & Soto, M. Á. M. "Nuevas combinaciones de aula inversa con just in time teaching y análisis de respuestas de los alumnos". *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(1), 2018, pp.175-194.

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos

Título	Autores	Institución
Validación de la Consistencia Lógica de Reglas de Negocio expresadas en Lenguaje Natural en el Desarrollo de Sistemas de Software	Guillermo Gustavo Pantaleo	Universidad de Buenos Aires
La Gestión de Conocimiento Aplicado a la Fase de Pruebas de la Ingeniería de Software - Revisión Sistemática	Mauricio Rozo Rodriguez, Inés Casanovas	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Un caso de estudio de patrones de Gobierno Electrónico para gestión de consultas de ciudadanos	Oscar Carlos Medina, Paula Agustina Cánepa, Mariano Oscar Gruppo, Mario Alberto Gruppo	UTN Facultad Regional Córdoba
Propuesta metodológica para la simulación de sistemas mediante eventos discretos	Manuel Alfredo Lascano, Miguel Angel Patti	Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, Rosario
Expressing Early Behavior Specifications with Branching Visual Scenarios	Fernando Asteasuain, Federico Calonge, Federico D'Angiolo, Federico Diaz, Pablo Gamboa	Universidad Nacional de Avellaneda, Universidad Abierta Interamericana
Diseñando una Revisión Sistemática de Literatura sobre Ontologías de Testing de Software	Luis Olsina, Guido Tebes, Denis Peppino, Juan Dameno, Pablo Becker	Universidad Nacional de La Pampa
Estimación del esfuerzo del proceso de implantación de software basada en el método de puntos de caso de uso	Pablo Daniel Vazquez, Marisa Panizzi, Rodolfo Bertone	UTN Facultad Regional Buenos Aires
Un Método de Evaluación para Modelo de Gestión de Calidad en Empresas de SSI	Mario Gabriel Peralta, Walter Adrian Lucero, Carlos Humberto Salgado, Alberto Antonio Sanchez	Universidad Nacional de San Luis
Un método para la especificación, evaluación y medición de los productos de software y los servicios de tecnología basado en ISO 25000	Carlos Humberto Salgado, Elizabeth Jeinson, Cecilia Massano, Alberto Antonio Sanchez, Mario Peralta	Universidad Nacional de San Luis
Implementación de un sistema de autenticación centralizado de alta disponibilidad utilizando tecnologías de código abierto	Matías Alberto Cassani, Fernando Gabriel Sorzana, Cristian Gabriel Jaimez	UTN Facultad Regional Villa María
Una Propuesta de Red Social para Dispositivo Tablet: Mejorando la Experiencia de los Adultos Mayores	Claudia Cardozo, Adriana Martín, Viviana Saldaño, Gabriela Gaetán	Universidad Nacional de la Patagonia Austral
Adecuación de una Propuesta Metodológica de Enfoque "Híbrido" para la Gestión de Proyectos de Ciencia de Datos	Patricia Raquel Cristaldo, Esteban Schab, Cristhian Richard, Ramiro Rivera, Anabella De Battista Soledad,	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Modelo de calidad mixto para software responsable de la gestión de la movilidad urbana en Smart Cities	Norma Edith Herrera Mario Gabriel Peralta, Alejandro Ramón Rivoira, Alberto Antonio Sanchez, Alberto Fernández Gil, Carlos Salgado Giselle	Universidad Nacional de San Luis
Un método para evaluar la Movilidad y Gestión del Tráfico para Flotas Dinámicas en una Ciudad Inteligente	Mario Gabriel Peralta, Giselle Cavallera, Carlos Humberto Salgado, Alberto Fernández Gil, Alberto Sánchez Alejandro	Universidad Nacional de San Luis
Revisión Bibliográfica de la Literatura de Ingeniería de Requerimientos para Cloud Computing	Ana Sofia Zalazar, Luciana Ballejos, Sebastian Rodriguez	UTN Facultad Regional Tucumán
Optimización organizacional basada en la aplicación del ciclo de vida BPM completo para la mejora continua de los procesos de negocio	Juan Pablo Ferreyra, Diego Cocconi, Marisa Norma Perez, Claudia Verino	UTN Facultad Regional San Francisco
La serie SQuaRE como un aporte a los procesos licitatorios de Software en el Estado Argentino	Javier Daniel Saldarini, Claudio Carrizo, Silvana Armando, Julio Trasmontana, Carlos Salgado Alberto, Mario Peralta	UTN Facultad Regional San Francisco
Una Herramienta para la Evaluación de Sistemas de Software: Aplicación a la Evaluación de Escáneres de Seguridad en Aplicaciones Web	Ayrton Marini, Enrique A. Miranda, Mario M. Beron, Miguel Bustos, Daniel Riesco, Pedro R. Henriques	Universidad Nacional de San Luis, Universidade do Minho - Braga - Minho - Portugal
ARCGEN: Hacia un Algoritmo Genético de Layout Automático para Visualización de Modelos Conceptuales	Giuliano Marinelli, Germán Braun, Laura Cecchi, Pablo Fillottrani	Universidad Nacional del Comahue-CONICET, Universidad Nacional del Sur-CIC
Modelo de análisis semántico de contenido Web	Fabián Edgardo Favret, Matías Rojas, Hernán Pfeifer	Universidad Gastón Dachary
Facilitando el Análisis Formal de Código Java Especificado con UML+OCL	Claudia Pons, Carolina Actis, Gabriel Baum	Universidad Abierta Interamericana, CIC, Universidad Nacional de La Plata
Design Sprint como marco de trabajo para la gestión de proyectos ágiles en equipos interdisciplinarios	Cristhian A. Boujon, Gilda R. Romero, Sergio Lapertosa	Universidad de la Cuenca del Plata
Evaluación de Calidad en Procesos Ágiles desde la Perspectiva del Trabajo en Equipo	César J. Acuña, Noelia Pinto, Blas Cabas Geat, Nicolas Tortosa	UTN Facultad Regional Resistencia
Detección de Clusters Ocultos en Grafos de Modelos de Ingeniería de Requisitos	Marcela Natividad Ridao, Jorge Horacio Doorn	Universidad Nacional del Oeste, Universidad Nacional de la Matanza, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Mobile-RA: Método Ágil para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles Multiplataforma	Paola D. Budán, Federico Rosenzvaig, Pablo J. Najjar Ruiz, Emanuel Saavedra, Susana I. Herrera, Carlos Sánchez, María I. Morales	Universidad Nacional de Santiago del Estero
Propuesta de Validación de Modelos Conceptuales e Interfaces a Través de Modelos Abstractos	Juan Carlos Moreno, Marcelo Martín Marciszack, Mario Alberto Groppo	UTN Facultad Regional Córdoba
Experiencia de integración de React Native en una aplicación multiplataforma existente con soporte para Android, iOS, Windows y MacOS	Leonardo Gastón Marzo, Diego Rubio	UTN Facultad Regional Córdoba
Una propuesta de análisis de problemas utilizando LEL y Escenarios en entrenamientos de equipos que gestionan situaciones de crisis.	Natalia Carolina Mira, Maria Alejandra Boggio, Sofia Beatriz Perez, Alicia Guillermina Salamon	Universidad de la Defensa Nacional, Universidad Nacional de Córdoba
Posicionamiento web: Propuesta de un método de medición	Pedro Luis Alfonzo	Universidad Nacional del Nordeste.
F-IoT Core, Una herramienta para el desarrollo de Soluciones IoT Escalables y Flexibles	Sebastián Uriel Flores, Mario Berón, Pedro Rangel Henriques, Miguel Alfredo Bustos, Daniel Riesco	Universidad Nacional de San Luis, Universidade do Minho Braga, Portugal
Medición del Nivel WCAG 2.0 de los Sitios Web de la Universidad Nacional de Catamarca	Claudia Mabel Herrera, Carolina Irene Chayle, Ana Carolina Pauletto, Sergio Daniel Blanco, María Barrera	Universidad Nacional de Catamarca
Implicit expectations on multiscreen software products	Natalia Andriano, Mauricio Silclir, Diego Rubio	UTN Facultad Regional Córdoba
Gestão da Qualidade em Ecosistemas de Software: Um Mapeamento Sistemático da Literatura	Layse Santos Souza, Guillermo Rodriguez, Fábio Gomes Rocha	Universidade Tiradentes, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires- CONICET
Un Análisis inicial de APIs REST de Aplicaciones basadas en Microservicios	Gonzalo Del Corro, Guillermo Rodriguez, J. Andrés Díaz-Pace, Ariel Monteserin	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - CONICET
Calidad de Datos como Valor Estratégico de la Información	Marta Cabrera Villafañe, Alejandra Espinosa, Sandra Rodríguez	Universidad Nacional de La Rioja
Un Enfoque semi-automático para generar Diagramas de Casos de Uso aplicando Técnicas de Minería de Textos	Laureano Gonzalo López, María Guadalupe Gramajo, Milagros Gutierrez, Luciana Ballejos, Mariel Ale	UTN Facultad Regional Santa Fe
Los Métodos Ágiles como Propuesta para el Desarrollo de Modelos de Investigación Operativa	Melina Vidoni, Laura Cunico, Aldo Vecchiatti	CONICET- UTN Facultad Regional Santa Fe

Diseñando una Revisión Sistemática de Literatura sobre Ontologías de Testing de Software

Guido Tebes, Denis Peppino, Juan Dameno, Pablo Becker y Luis Olsina
GIDIS_Web, Facultad de Ingeniería, UNLPam
General Pico, La Pampa, Argentina
guido_tebes@hotmail.com; [denispeppino92, jbdameno]@gmail.com;
[beckerp, olsinal]@ing.unlpam.edu.ar

Resumen

Actualmente, las ontologías son un tema de interés en diversos ámbitos de la Informática, y en los últimos años han sido reconocidas como instrumentos de gran utilidad a la hora de representar y gestionar el conocimiento. Por otra parte, un área que da soporte al aseguramiento de la calidad, dentro de la Ingeniería de Software, es el testing. Dado que las diferentes metodologías y procesos que involucra el testing de software implican una gran cantidad de conceptos específicos del dominio, resulta conveniente tener una base terminológica robusta (esto es, una ontología) que los defina de forma explícita y sin ambigüedades. Con el fin de establecer una base conceptual que de soporte a los diferentes métodos y/o procesos de testing, en este artículo se diseña una revisión sistemática de literatura para investigar acerca de ontologías de testing de software. Además, con el objetivo de evaluar y refinar dicho diseño, se realiza una prueba piloto utilizando solamente la fuente de información bibliográfica Scopus. Los aspectos a refinar pueden ser las preguntas de investigación, el protocolo de búsqueda, los criterios de inclusión, exclusión o de calidad, y/o los formularios de extracción de datos.

1. Introducción

Las organizaciones comúnmente establecen y persiguen metas de negocio para diferentes tipos de propósitos utilizando estrategias [1]. Las metas de negocio son las metas principales o primarias que una organización intenta alcanzar, las cuales pueden formularse a diferentes niveles organizacionales (ya sea estratégico, táctico u operativo).

En la declaración de una meta siempre subyace un propósito o intencionalidad.

El propósito de una meta es la razón para alcanzarla. Los propósitos se pueden clasificar en las siguientes cuatro categorías: de evaluación, desarrollo, mantenimiento o cambio (documentados inicialmente en [1, 2]), y de testing. Ejemplos de propósitos de evaluación pueden ser comprender, monitorear, mejorar, seleccionar una alternativa, controlar, entre otros; mientras que ejemplos de propósitos de desarrollo y/o mantenimiento son crear, agregar, eliminar o modificar una característica y/o capacidad concreta de una entidad. En tanto que propósitos de testing pueden ser revisar, verificar y validar, entre otros.

Como se mencionó anteriormente, las estrategias se utilizan para alcanzar los propósitos de las metas de negocio. Una estrategia es un recurso fundamental de una organización que define un curso específico de acción a seguir, es decir, especifica qué se debe hacer y cómo hacerlo. A su vez, las estrategias deberían integrar 3 pilares [3], a saber: i) una especificación de proceso, ii) una especificación de métodos, y iii) una base conceptual de dominio bien establecida. Este principio de una estrategia permite, entre otros beneficios, tener explícitamente definido el dominio correspondiente, saber qué actividades intervienen, y cómo llevarlas a cabo mediante métodos.

En [1, 2, 4], se discute una familia de estrategias que integran los tres pilares anteriormente mencionados para alcanzar propósitos de evaluación. Las bases conceptuales que dan soporte a dicha familia de estrategias es el marco conceptual denominado C-INCAMI v. 2.0 (*Contextual-Information Need, Concept Model, Attribute, Metric and Indicator*) [5, 6]. Este marco se construye sobre terminologías estructuradas en ontologías. En la Figura 1 se muestran los diferentes componentes de C-INCAMI v. 2.0. Los paquetes ya desarrollados se encuentran en la parte sombreada de dicha figura. Las ontologías de los componentes de Requisitos No Funcionales (RNFs), Requisitos Funcionales (RFs), meta de negocio, proyecto, contexto y vistas

de RNFs se definen en [5], mientras que las de los componentes de medición y evaluación se encuentran en [6]. El resto (es decir, los de testing, desarrollo y mantenimiento) se encuentra aún sin desarrollar.

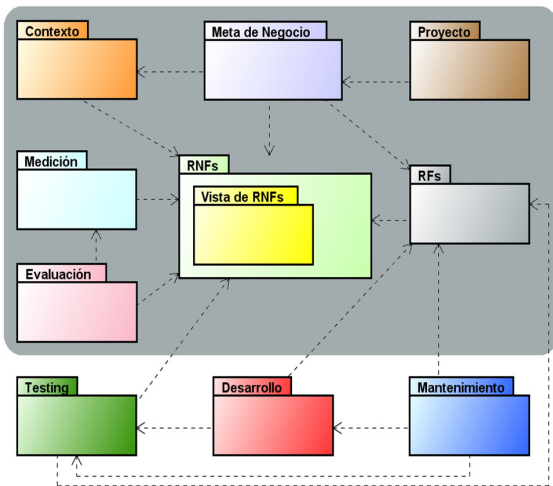


Figura 1. Componentes conceptuales del marco C-INCAMI v. 2.0 y sus relaciones. Nota: RNFs significa Requisitos No Funcionales; RFS, Requisitos Funcionales.

Teniendo en cuenta que existen estrategias que brindan soporte para alcanzar propósitos de evaluación, se podría pensar en desarrollar otras estrategias integradas dirigidas por actividades de testing que ayuden a alcanzar propósitos de desarrollo (por ejemplo, utilizando el proceso *test-driven development* [7]), mantenimiento y testing, tales como crear, modificar, validar, entre otros.

Dado que, según [3], una estrategia debería integrar una base conceptual de dominio bien establecida, consecuentemente, una estrategia de testing bien especificada debería también contar con un marco conceptual para el dominio de testing. Un beneficio de contar con la ontología de testing es que permitirá resolver o minimizar los problemas de ambigüedades que actualmente podemos observar en los diferentes conceptos que involucran a las metodologías y procesos de testing. En esta dirección, en el presente trabajo se diseña una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) [8] sobre ontologías de testing de software con el fin de establecer las bases para desarrollar (si fuera necesario) una nueva ontología de dominio para ser integrada al marco conceptual C-INCAMI v. 2.0. Es decir, como trabajo futuro, pensamos desarrollar el componente conceptual de "Testing" mostrado en la Figura 1, vinculándolo con los componentes de RFS y RNFs.

Además, con el objetivo de evaluar y refinar el diseño de la RSL, realizamos una prueba piloto utilizando solamente a la fuente *Scopus*. Los aspectos a refinar pueden

ser las preguntas de investigación, el protocolo de búsqueda, los criterios de inclusión, exclusión o de calidad, y/o los formularios de extracción de datos.

Para el diseño de la RSL se consideraron, en esta primera iteración, 2 preguntas de investigación, a saber: i) ¿Cuáles son las ontologías existentes del dominio de testing de software?, y ii) ¿Cuáles son los conceptos relevantes, sus relaciones, atributos y restricciones o axiomas necesarios para describir el dominio de testing de software?

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta el marco teórico necesario para una mejor comprensión de este trabajo. La Sección 3 describe el diseño de la RSL, siguiendo el proceso que hemos especificado en SPEM (*Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification*), el cual adhiere en gran medida al procedimiento propuesto por Kitchenham *et al.* [8]. En la Sección 4 se lleva a cabo una discusión sobre los aspectos a refinar de dicho diseño. Luego, la Sección 5 analiza trabajos relacionados, y finalmente, la Sección 6 presenta las principales conclusiones y líneas de avance futuro.

2. Marco Teórico

Esta Sección está destinada a ilustrar los fundamentos teóricos necesarios para una mejor comprensión del presente artículo. Básicamente se presenta el diseño (y su refinamiento) de una RSL sobre ontologías para el dominio de testing de software. Para llevar a cabo la RSL se utilizaron las guías desarrolladas por Kitchenham *et al.* A su vez, en [8] se presenta un glosario donde se definen, entre otros, los siguientes términos:

- *Estudio primario*: es un estudio empírico que investiga una pregunta de investigación específica.
- *Estudio secundario*: es un estudio que revisa todos los estudios primarios relacionados a una pregunta de investigación específica, y tiene como objetivo integrar/sintetizar la evidencia relacionada a dicha pregunta.

Partiendo de las definiciones de estudio primario y secundario, una RSL se define como "una forma de estudio secundario que usa una metodología bien definida para identificar, analizar e interpretar toda la evidencia disponible relacionada a una pregunta de investigación específica de una manera que es imparcial y, hasta cierto grado, repetible" [8].

Una RSL, como indica su nombre, es sistemática, y por lo tanto tiene un proceso definido a seguir. En la Figura 2, se ilustra el proceso de la RSL que hemos adaptado de [8], usando la notación SPEM [9]. El proceso cuenta con cuatro actividades principales, y para la actividad A2, hemos especificado tres sub-actividades, para una mejor comprensión del trabajo realizado. En las siguientes sub-secciones se describen cada una de las actividades.

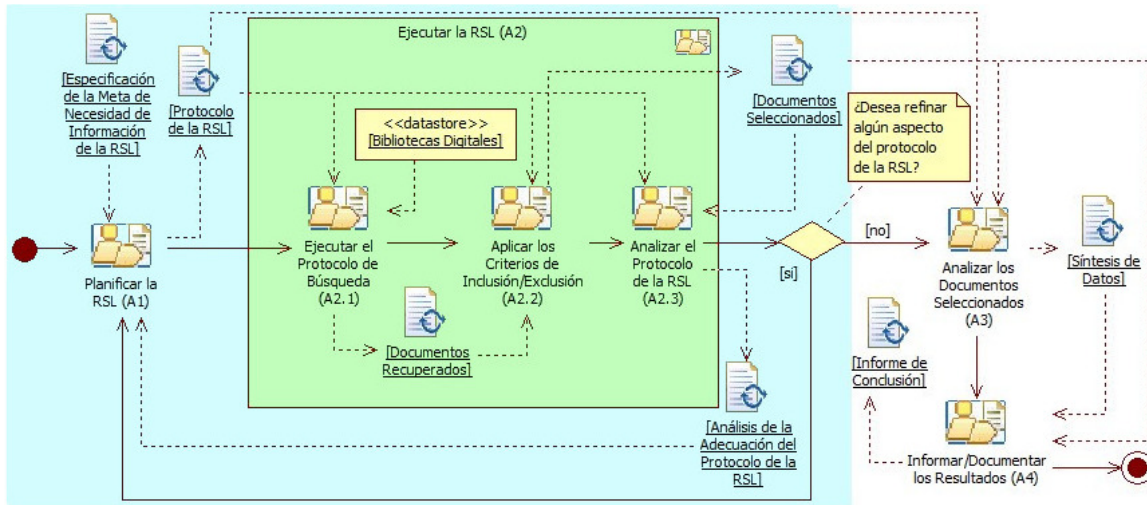


Figura 2. Proceso de la Revisión Sistemática de Literatura (RSL) adaptado de Kitchenham *et al.* Nota: el recuadro celeste resalta las actividades documentadas en este artículo.

2.1. Planificar la RSL (A1)

La primera actividad (A1) tiene como entrada la especificación de la meta de necesidad de información para la RSL, la cual se describió en la Sección 1. Esta actividad tiene como objetivo diseñar el protocolo de la revisión. Para ello se debe definir:

- La/s pregunta/s de investigación.
- El protocolo de búsqueda. El protocolo se compone de un *string* (cadena de caracteres y operadores) de búsqueda, los metadatos sobre los cuales se aplicará dicho *string* y, por último, las fuentes bibliográficas en donde se ejecutará el *string*.
- Los criterios de selección. Dentro de los criterios se tienen los de inclusión, exclusión y de calidad. En este punto, es importante definir algún criterio de exclusión que permita descartar estudios que no sean primarios (es decir, estudios secundarios o terciarios [10] –revisión de revisiones), ya que una RSL (según se define en [8]) se realiza solamente sobre estudios primarios. Asimismo, se puede definir algún criterio de inclusión para solo obtener estudios primarios, en lugar de definir uno de exclusión.
- El formulario para la extracción de datos. Para definir algunos campos de este formulario se pueden tener en cuenta la/s pregunta/s de investigación y el/los criterio/s de calidad.

2.2. Ejecutar la RSL (A2)

En esta actividad se lleva a cabo la revisión teniendo como entrada lo anteriormente planificado/diseñado. A2 se puede dividir en las siguientes sub-actividades:

2.2.1. Ejecutar el Protocolo de Búsqueda (A2.1). En esta sub-actividad se ejecuta el *string* de búsqueda en las fuentes previstas (*datastore* <<Bibliotecas Digitales>>), sobre los metadatos ya establecidos en el protocolo. Como salida de A2.1 se obtiene el conjunto de documentos recuperados a filtrar según los criterios de inclusión/exclusión.

2.2.2. Aplicar los Criterios de Inclusión/Exclusión (A2.2). Aquí se utilizan los criterios de inclusión/exclusión sobre los documentos inicialmente recuperados para obtener un conjunto más reducido y representativo de los documentos (a este subconjunto se le suele denominar estudios primarios seleccionados o documentos seleccionados).

2.2.3. Analizar el Protocolo de la RSL (A2.3). Esta sub-actividad consiste en realizar un análisis preliminar sobre una muestra del total de los documentos seleccionados (estudios primarios) con el objetivo de refinar aspectos del protocolo de la revisión. Según [8], se debe tomar una muestra aleatoria de los documentos seleccionados para probar los formularios de extracción de datos. A su vez, si hay más de un investigador que utilizará los formularios en la revisión, entonces más de uno debería participar en

la prueba de los mismos. El beneficio de que los formularios sean probados por distintos investigadores es que se facilitará el hallazgo de inconsistencias en ellos. Es importante aclarar que en [8], no se especifica el tamaño de la muestra aleatoria, ya que el mismo dependerá de los recursos destinados a la RSL. Además, es notable el gran esfuerzo que la actividad A2.3 puede involucrar, ya que la mayoría de los investigadores implicados en la revisión deben realizar la lectura completa de todos los documentos de la muestra. Por otra parte, este análisis preliminar, no solo será útil para refinar el formulario de extracción de datos de la revisión, sino que también se puede utilizar para ajustar otros aspectos del protocolo, tales como las preguntas de investigación, la estrategia de búsqueda y/o los criterios de selección. En caso de que el protocolo no sea el más adecuado (y por ende deba ser modificado), se debe volver a realizar las actividades A1 y A2 (tal como indica la Figura 2). Caso contrario, se debe realizar la actividad A3.

2.3. Analizar los Documentos Seleccionados (A3)

Una vez que se considere que el protocolo de la revisión es el más adecuado (o no se considere refinarlo más), se debe realizar un análisis detallado del total de los documentos seleccionados con el fin de contestar las preguntas de investigación. Para ello, se realiza la lectura completa de todos los estudios primarios seleccionados (en lo posible, por todos los investigadores implicados en la RSL). Cada estudio es analizado y se extraen los datos correspondientes a los formularios previamente diseñados. Una vez obtenidos todos los datos, se realiza una síntesis de los mismos.

2.4. Informar/Documentar los Resultados (A4)

Esta actividad tiene como objetivo realizar un informe que documente los resultados obtenidos durante el proceso de la RSL. Para ello, se utiliza la síntesis de datos obtenida en la actividad anterior (A3), como también los documentos seleccionados. A su vez, se pueden establecer los mecanismos de difusión. Una vez ejecutada la actividad A4 y obtenido el Informe de Conclusión, el proceso finaliza.

2.5. Ontologías

Para finalizar esta Sección de fundamentos teóricos, se describirá brevemente qué es una ontología. Gruber [11] indica que una ontología es “una especificación explícita de una conceptualización”. Actualmente, los beneficios de una ontología son bien conocidos. Una cita generalmente mencionada es “una ontología puede tomar una variedad de formas, pero necesariamente incluirá un vocabulario de términos y una especificación de sus significados. Esto

incluye definiciones y una indicación de cómo los conceptos están interrelacionados, que colectivamente imponen una estructura sobre el dominio y restringen las posibles interpretaciones de los términos. Una ontología es comúnmente la manifestación de una comprensión compartida de un dominio que es acordada entre un número de agentes. Tal acuerdo facilita la comunicación precisa y efectiva del significado, lo que a su vez conduce a otros beneficios como la interoperabilidad, reutilización e intercambio” [12].

En conclusión, una ontología es un esquema o representación conceptual de un dominio en particular, en el que cada elemento (o concepto) perteneciente a dicho dominio, sus propiedades (o atributos) están definidos explícitamente, como así también las relaciones entre ellos, y eventualmente, posibles axiomas o restricciones.

3. Diseño de la Revisión Sistemática de Literatura sobre Ontologías de Testing

En esta Sección se detallarán los pasos seguidos durante el diseño de la RSL, los cuales se realizaron teniendo en cuenta el proceso de la Figura 2. Además, se documenta la realización de una prueba piloto con el objetivo de poder refinar diferentes aspectos del diseño inicial de la RSL.

En la primera sub-sección (3.1) se presenta el diseño inicial de la RSL (actividad A1 en la Figura 2), mientras que en la sub-sección 3.2 se presenta la ejecución de la prueba piloto (actividad A2). Vale la pena resaltar que dicha prueba es utilizada para refinar el diseño inicial, por lo que el flujo del proceso regresa a la actividad A1 (según se observa en la Figura 2). Por último, en la sub-sección 3.3, se presentan los cambios propuestos sobre el diseño inicial de la RSL.

3.1. Diseño Inicial de la RSL

En el diseño de la RSL, se planifican los aspectos necesarios para la ejecución de la misma. Entre ellos, se pueden encontrar las preguntas de investigación, el protocolo de búsqueda, los criterios de selección, los indexadores sobre los cuales efectuar la búsqueda, entre otros aspectos. En las siguientes sub-secciones se documenta la primera iteración de la prueba piloto.

3.1.1. Preguntas de Investigación. A partir del objetivo principal planteado para esta RSL, se formuló la siguiente pregunta de investigación (PI):

- PI_1: ¿Cuáles son las ontologías existentes del dominio de testing de software?

La motivación de esta pregunta es poder identificar las diferentes ontologías de testing de software existentes, ya que las mismas servirán como base para un futuro desarrollo

llo de una nueva ontología de dominio de testing, o adoptar/adaptar alguna ontología existente si fuera adecuada. A partir de esta pregunta, se formuló una segunda PI:

- PI_1.1: ¿Cuáles son los conceptos relevantes, sus relaciones, atributos y restricciones o axiomas necesarios para describir el dominio de testing de software?

Para PI_1.1, la motivación es poder conocer los términos (o conceptos), sus relaciones, atributos o propiedades y restricciones, necesarios y suficientes, para poder especificar una ontología de dominio de testing. Por otra parte, en este punto es importante señalar que, como se dijo anteriormente, esta pregunta viene derivada de PI_1, ya que se pretende responder PI_1.1 una vez que se hayan identificado y analizado primero las ontologías de testing de software existentes.

3.1.2. Protocolo de Búsqueda. En cuanto al protocolo de búsqueda, y teniendo en cuenta la PI_1, se propuso el siguiente *string* de búsqueda: "*Software Testing*" AND ("*Ontology*" OR "*Conceptual Base*"). El mismo deberá ser aplicado sobre tres metadatos de los recursos digitales, a saber: *título*, *abstract* y *keywords*. Se decidió utilizar solamente el indexador de documentación científica de *Scopus*, ya que en esta iteración se pretende realizar solo una prueba piloto con el fin de ajustar aspectos del protocolo de la RSL. A su vez, la selección de *Scopus* se basa en que contiene recursos digitales de diversas fuentes, no solo de Elsevier (el cual es el principal contribuyente), sino que también de IEEE Xplore, Springer Link, ACM Digital Library, entre otras fuentes en idioma inglés.

3.1.3. Criterios de Selección. Para poder filtrar los documentos adecuados de entre todos los obtenidos por la consulta, resulta conveniente definir criterios de selección. A continuación, se listan los criterios de exclusión, inclusión y de calidad a utilizar:

- Criterios de Exclusión (CE):
 1. Que los trabajos sean prólogos, resúmenes de artículos, entrevistas, noticias, reseñas, discusiones, comentarios, cartas de lectores, tutoriales, talleres y posters.
 2. Que el trabajo no sea un estudio primario.
 3. Que los trabajos no estén escritos en inglés.
- Criterios de Inclusión (CI):
 1. Que el trabajo esté publicado en los últimos 15 años.
 2. Que el trabajo pertenezca al área de las Ciencias de la Computación.
 3. Que el trabajo documente una ontología de testing de software.
 4. Que el documento esté basado en investigación (no sea simplemente una "lección aprendida" o una opinión de experto).

- Criterios de Calidad (CC, formulados como preguntas):

1. ¿El/los objetivo/s de la investigación está/n claramente identificado/s?
2. ¿Se encuentra presente la definición del contexto en el que la investigación se realizó?
3. ¿La ontología propuesta fue desarrollada siguiendo una metodología rigurosa y/o formal?
4. ¿La ontología propuesta fue desarrollada considerando además su vinculación con conceptos de RFs y RNFs?

3.1.4. Formulario para la Extracción de Datos. En función de las preguntas de investigación y los criterios de calidad se definió un conjunto de campos para la extracción de datos. Los mismos sirven para obtener homogeneidad entre los datos extraídos de cada documento y así facilitar la tarea de análisis de los mismos. Los campos a completar para esta prueba piloto son:

- Título
- Autores
- *Journal* / congreso
- Año
- Nombre de la ontología presentada
- Conceptos relevantes utilizados para describir el dominio de testing de software
- Metodología utilizada para el desarrollo de la ontología
- Contexto de la investigación
- Objetivos de la investigación
- La ontología propuesta considera su vinculación con conceptos de RFs y RNFs
- Notas adicionales (este campo se utiliza para que el investigador tenga libertad de realizar observaciones o comentarios sobre algo que le resulte importante).

En este punto, se da por finalizada la actividad "Planificar la RSL (A1)".

3.2. Ejecución de la Prueba Piloto

Una vez finalizado el diseño inicial de la RSL, se ejecuta A2, en este caso, la prueba piloto. A partir de los trabajos resultantes de aplicar la consulta a la fuente *Scopus*, se deben aplicar los criterios de exclusión/inclusión para obtener un subconjunto conformado por los documentos representativos (o estudios primarios seleccionados). De estos últimos, según indica [8] se debe seleccionar una muestra aleatoria para que a partir de su análisis se pueda evaluar el protocolo. Dado que en este trabajo los documentos seleccionados fueron 19, se decidió analizar la población (que no es tan grande) por tres investigadores. A continuación, en las siguientes sub-secciones se detallarán


```
TITLE-ABS-KEY(("Software Testing") AND ("Ontology" OR "Conceptual Base")) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP " ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp " ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar " ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ch " ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2011 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2010 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2009 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2008 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2007 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2006 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2005 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2004 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2003 ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English " ) )
```

Figura 3. Consulta ejecutada en el indexador de documentación científica Scopus. En la misma se tienen en cuenta los criterios de exclusión CE_1, CE_3, y los de inclusión CI_1 y CI_2. Nota: "COMP" simboliza Computer Science; "cp", conference paper; "ar", article; y "ch", book chapter.

los pasos seguidos durante la prueba piloto, ejecutada entre los meses de junio/julio de 2018.

3.2.1. Ejecución del Protocolo de Búsqueda. Teniendo en cuenta el protocolo de búsqueda diseñado en la actividad A1 (ver sub-sección 3.1.2), la consulta ejecutada sobre Scopus resultó ser la siguiente: *TITLE-ABS-KEY ("Software Testing") AND ("Ontology" OR "Conceptual Base")*). La misma busca "Software Testing" de manera que ambas palabras aparezcan juntas, en orden, y además tiene en cuenta plurales y variaciones de estas. Por otra parte, también es necesario que aparezca la palabra "Ontology" o la frase "Conceptual Base" (se aplican las mismas reglas que para "Software Testing"). Esta consulta se realizó sobre los siguientes metadatos: título, *abstract* y palabras claves. Como resultado de esta consulta se recuperaron un total de 163 artículos. Vale aclarar que esta no resultó ser la consulta final, sino que, como el motor de búsqueda de Scopus permitía aplicar filtros relacionados con algunos criterios de selección, se decidió realizar una consulta más compleja. Los criterios aplicados en la consulta fueron CE_1, CE_3, CI_1 y CI_2 (ver sub-sección 3.1.3). Por lo tanto, la consulta final resultó ser la presentada en la Figura 3.

Esta última consulta dio como resultado un total de 121 artículos, es decir, permitió descartar 42 artículos respecto de la consulta inicial.

3.2.2. Selección de Trabajos. Una vez obtenidos los 121 artículos de la consulta, los cuales se consiguieron al aplicar algunos criterios de selección (CE_1, CE_3, CI_1 y CI_2), se procedió a aplicar en cada documento los criterios restantes, es decir CE_2, CI_3 y CI_4. Para ello se analizó el título, *abstract* y palabras claves, dando como resultado un total de 40 artículos a considerar. De este subconjunto, 26 trabajos requirieron la lectura completa del texto para determinar si eran incluidos o no, según el criterio CI_3, ya que la información obtenida a través del tí-

tulo, *abstract* y palabras claves no era suficiente para decidirlo. Finalmente, en la Tabla 1, se pueden ver los 19 trabajos a tener en cuenta para la extracción de datos.

3.2.3. Análisis del Protocolo. En esta actividad, se tuvo en cuenta la totalidad de los documentos seleccionados, dado que la cantidad de trabajos es más bien pequeña. La extracción de datos de los artículos fue realizada por tres investigadores. En la Tabla 2 se expone la planilla (o formulario) de extracción de datos completada para un artículo en particular, a saber: "An Ontology-based Knowledge Management System for Software Testing" (#2 en Tabla 1) y que documenta lo analizado, a modo de ejemplo, por dos investigadores.

A partir de los datos extraídos se analizó la planilla de extracción de datos, la adecuación a las preguntas de investigación, además del impacto de los criterios de selección y el protocolo de búsqueda. Como resultado del análisis se propusieron las siguientes modificaciones:

- Cambiar la palabra "relevantes" en PI_1.1 (¿Cuáles son los conceptos relevantes, sus relaciones, atributos y restricciones o axiomas necesarios para describir el dominio de testing de software?) por "más frecuentemente incluidos".
- Agregar una nueva pregunta de investigación, a saber: ¿Cómo se clasifican las ontologías existentes de testing de software?
- Agregar 2 nuevos criterios de exclusión: i) que el documento sea una versión anterior de un estudio más reciente; y ii) que un mismo documento sea resultado de más de una fuente (en otras palabras, eliminar duplicados).
- Agregar un nuevo criterio de calidad: ¿Con qué otras ontologías existentes del dominio de testing de software se relaciona la ontología propuesta?
- Modificar el campo "conceptos relevantes utilizados para describir el dominio de testing de software" por "conceptos más frecuentemente utilizados para describir el dominio de testing de software" en el formulario de extracción de datos.

Tabla 1. Trabajos seleccionados para la extracción de datos. Para cada artículo se muestra sus autores, el título, las palabras claves y el año de su publicación.

#	Autores	Título	Palabras Clave	Año
1	Vasanthapriyan S.; Tian J.; Zhao D.; Xiong S.; Xiang J.	An Ontology-based Knowledge Sharing Portal for Software Testing [13]	Ontologies, Software testing, Software, Portals, Companies, Semantics	2017
2	Vasanthapriyan S.; Tian J.; Zhao D.; Xiong S.; Xiang J.	An Ontology-based Knowledge Management System for Software Testing [14]	Software Testing Ontology, Software Testing Knowledge, Ontology based Knowledge Management System, Knowledge Sharing.	2017
3	De Souza É.F.; De Almeida Falbo R.; Vijaykumar N.L.	ROoST: Reference Ontology on Software Testing [15]	Knowledge Management, Ontology, Ontology Evaluation, Reference Ontology, Software Testing	2017
4	Li R.; Ma S.	The Implementation of User Interface Auto-generate for Spacecraft Automatic Tests Based on Ontology [16]	Depth-first Traversal, Ontology, Reasoning, Spacecraft Automatic Test, User Interface Auto-generate	2016
5	Solanki M.; Bozic B.; Freudenberg M.; Kontokostas D.; Brennan R.; Dirschl C.	Enabling Combined Software and Data Engineering: The ALIGNED Suite of Ontologies [17]	Big Data, Distributed Computer Systems, Groupware, Integration Testing, Software Engineering, Software Testing, Systems Analysis	2016
6	Zhu H.; Zhang Y.	A Test Automation Framework for Collaborative Testing of Web Service Dynamic Compositions [18]	Automation, Integration Testing, Ontology, Software Testing, Testing, Websites	2014
7	Khuiarpai P.; Senivongse T.	An Ontology-driven Visualization Tool for Software Requirements Traceability Matrix and Test Documents [19]	Ontology, Requirements Traceability Matrix, Software Defects, Software Engineering, Test Documents, Visualization	2013
8	Amicams G.; Romans D.; Straujums U.	Semi-automatic Generation of a Software Testing Lightweight Ontology from a Glossary Based on the ONTO6 Methodology [20]	Natural Language Processing, ONTO6 Methodology, Software Testing Ontology	2013
9	De Souza É.F.; De Almeida Falbo R.; Vijaykumar N.L.	Using Ontology Patterns for Building a Reference Software Testing Ontology [21]	Ontology, Ontology Design Patterns, Ontology Pattern Language, Software Testing	2013
10	Zhu H.; Zhang Y.	Collaborative Testing of Web Services [22]	Distributed/Internet Based Software Engineering Tools and Techniques, Ontology, Semantic Web Services, Service Composition, Software Engineering, Software Testing, Testing Tools, Web Services	2012
11	Nakagawa E.Y.; Barbosa E.F.; Maldonado J.C.	Exploring Ontologies to Support the Establishment of Reference Architectures: An Example on Software Testing [23]	Domain Knowledge, Reference Architecture, Software Systems	2009
12	Bezerra D.; Costa A.; Okada K.	SwTOI (Software Test Ontology Integrated) and its Application in Linux Test [24]	Evaluation, Knowledge Representation, Linux Test, Ontologies	2009
13	Nasser V.H.; Du W.; MacIsaac D.	Knowledge-based Software Test Generation [25]	Los autores no especifican palabras claves.	2009
14	Liu X.-M.; Gu G.; Liu Y.-P.; Wu J.	Research and Implementation of Knowledge Management Methods in Software Testing Process [26]	Knowledge Document, Knowledge Management, Knowledge Map, Knowledge Representation, Ontology, Software Testing Process	2009
15	Bai X.; Lee S.; Tsai W.T.; Chen Y.	Ontology-based Test Modeling and Partition Testing of Web Services [27]	Ontology, OWL-S, Partition Testing, Test Model, Web Services	2008
16	Barbosa E.F.; Nakagawa E.Y.; Riekstin A.C.; Maldonado J.C.	Ontology-based Development of Testing Related Tools [28]	Ontology, Software Testing, Testing Tool	2008
17	Ryu H.; Ryu D.-K.; Baik J.	A Strategic Test Process Improvement Approach Using an Ontological Description for MND-TMM [29]	Los autores no especifican palabras claves.	2008
18	Barbosa E.F.; Nakagawa E.Y.; Maldonado J.C.	Towards the Establishment of an Ontology of Software Testing [30]	Ontologies, Reference Architectures, Software Testing	2006
19	Huo Q.; Zhu H.; Greenwood S.	A Multi-agent Software Environment for Testing Web-based Application [31]	Semantic Web, Test Generation, Test Ontology	2003

Tabla 2: Planilla de extracción de datos para un artículo, ejemplificado con lo extraído por dos investigadores.

Investigador	Investigador_1	Investigador_2
Título	An Ontology-based Knowledge Management System for Software Testing	An Ontology-based Knowledge Management System for Software Testing
Autores	Shanmuganathan Vasanthapriyan, Jing Tian, Dongdong Zhao, Shengwu Xiong y Jianwen Xiang	Shanmuganathan Vasanthapriyan, Jing Tian, Dongdong Zhao, Shengwu Xiong y Jianwen Xiang
Journal / congreso	Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion, QRS-C 2017	Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion, QRS-C 2017
Año	2017	2017
Nombre de la ontología presentada	No especifica	No especifica
Conceptos relevantes necesarios para describir el dominio de testing de software	<i>Environment; Managing Software Testing Knowledge; Software Testing Process; Test Cases; Input Values; Expected Results; Test Result; Test; Testing Activities; Software Testing Knowledge; Software Testers.</i>	<i>Software Testing Process; Test Planning; Test Case Design; Test Execution; Actual Result; Test Result Analysis; Test Design Techniques, Test Levels, Test Type; Testing Artifacts, Test Environment; Static Testing Techniques; Test Plan; Test Case; Test-Case Design Input; Test Case Input; Expected Result; Execution Preconditions; Execution Post Conditions; Test Condition; Objective Or Test Condition; Code to be Tested; Test Code; Test Script, Driver, Stub; Programs, Modules, System; Test Result; Test Issue; Test Issue Report; Test Analysis Report; Test Environment; Testing Activities; Test Objects; Organizational Team; Hardware Environment; Tools for Testing; Test Procedure Specification; Human Resource.</i>
Metodología utilizada para el desarrollo de la ontología	Metodología documentada en <i>Grüniger and Fox methodology</i> [32]	Metodología documentada en <i>Grüniger and Fox methodology</i> [32]
Contexto de la investigación	Empresa de desarrollo de software en Sri Lanka.	Empresa de desarrollo de software en Sri Lanka enmarcan el trabajo presentado.
Objetivos de la investigación	El objetivo es el desarrollo de una ontología de testing de software, para dar soporte, mediante una herramienta, a testers de software.	El objetivo de la investigación es desarrollar un sistema de gestión de conocimiento basado en ontologías (para testing de software). Para ello desarrollan la ontología de dominio de testing y el sistema que se basa en ella. A su vez, la ontología se evalúa.
La ontología propuesta considera su vinculación con conceptos de RFs y RNFs	No	No
Notas adicionales	Es una ontología de dominio. Tanto expertos como no expertos en testing evaluaron el desarrollo de la ontología. Utilizaron tecnologías de web semántica. SPARQL es usado como lenguaje para la obtención de conocimiento de testing desde el almacenamiento semántico. La herramienta se llama: Software Testing KM Portal.	La ontología desarrollada es una ontología de dominio (lo cual se especifica en el documento). Lo que no se especifica en el documento es si utilizó o se basó en otras ontologías para el desarrollo de la ontología propuesta. No obstante, en la Sección <i>Related Work</i> se habla de otra ontología de testing, a saber: "ROoST (<i>Reference Ontology on Software Testing</i>)" la cuál menciona "difícil de reutilizar", lo cual podría llegar a dar la pauta de que se reutilizó, pero no queda claro.

- f) Agregar a la planilla de extracción de datos 2 nuevos campos: i) “ontologías con las que se relaciona la ontología propuesta”; y ii) “clasificación de la ontología propuesta”.
- g) Modificar el *string* de búsqueda por el siguiente: (“*Software Testing*” OR “*Software Test*”) AND (“*Ontology*” OR “*Ontologies*” OR “*Conceptual Base*” OR “*Conceptual Bases*”).

En este punto, se da por finalizada la actividad A2 (la cual incluía 3 sub-actividades, según la Figura 2). A seguir, se discutirán cada uno de los cambios propuestos al protocolo de la RSL.

4. Discusión

En esta esta Sección se profundiza la discusión con el fin de justificar los cambios propuestos en la sub-sección 3.2.3. Los cambios están basados en el análisis realizado sobre el diseño inicial del protocolo de la RSL. Para ello, se tuvo en cuenta la extracción de datos realizada sobre todos los documentos seleccionados por tres investigadores que trabajaron de manera aislada unos de otros. A su vez, se tuvieron en cuenta los trabajos relacionados (ver Sección 5) para proponer algunos de los cambios. A continuación, se discutirá cada uno de los cambios siguiendo el mismo orden de la lista de la sub-sección 3.2.3.

- a) Como resultado del análisis se detectó que la palabra “relevantes” en PI_1.1 (¿Cuáles son los conceptos relevantes, sus relaciones, atributos y restricciones o axiomas necesarios para describir el dominio de testing de software?) produce ambigüedad e inconsistencia entre los investigadores. Por ejemplo, como se puede apreciar en la Tabla 2, la palabra relevantes influyó en la cantidad de términos extraídos. El investigador 1 extrajo una cantidad notablemente menor que el investigador 2. En función de las ambigüedades e inconsistencias detectadas, se propuso cambiar el término “relevantes” por “más frecuentemente utilizadas”. Se consideró este cambio ya que de esta manera resulta más objetivo y fácil de interpretar que con el diseño inicial de PI_1.1.
- b) A partir del análisis de los documentos seleccionados y los relacionados (ver Sección 5), se detectó que entre los mismos se presentaban ontologías de diferentes tipos como, por ejemplo, ontología fundacional, ontología de dominio de alto nivel o *top domain*, ontología de dominio, y ontología de aplicación o instancias. Ya que el objetivo final luego de ejecutar completamente esta RSL es construir (o adoptar) una ontología de dominio, esta información resulta por ende de suma importancia.
- c) Se detectaron que algunos documentos eran versiones más actuales de otros, con lo que se analizaría dos veces contenido muy similar. Esto puede

producir un desvío en los datos estadísticos. Un claro ejemplo de esta situación se puede apreciar entre los artículos #3 y #9 (en Tabla 1). Ambos presentan la ontología denominada ROoST (y cómo fue desarrollada), pero en #3 además se discute la evaluación de la misma. Por ello se propone tener en cuenta solo el documento más actual. Por otro lado, respecto del segundo nuevo criterio (eliminar duplicados), no se tuvo en cuenta para la prueba piloto ya que solamente fue ejecutada sobre *Scopus*. Dado que pretendemos realizar una nueva iteración considerando más fuentes, resulta necesario incorporarlo.

- d) Tras la lectura de los documentos seleccionados, se observó que en algunos de ellos las ontologías propuestas fueron construidas teniendo en cuenta a otras. Esto aporta un cierto grado de calidad a las nuevas ontologías. Por ello, se consideró agregar el nuevo criterio de calidad, a saber: “¿Con qué otras ontologías existentes del dominio de testing de software se relaciona la ontología propuesta?”. Con este nuevo criterio de calidad, se intenta recuperar más información pertinente a la construcción de la ontología, datos que resultan de utilidad con el objetivo final expresado en la introducción.
- e) Este cambio en la planilla de extracción de datos (descrito en la sub-sección 3.2.3 e) surge a partir del cambio expresado en 3.2.3 a).
- f) Los nuevos campos en la planilla de extracción de datos (a saber, “ontologías con las que se relaciona la ontología propuesta”; y “clasificación de la ontología propuesta”) son necesarios ya que se ha agregado una nueva pregunta de investigación (b), y un nuevo criterio de calidad (d). Por lo que se necesitan dos nuevos campos en el formulario de extracción de datos para obtener información relacionada a estas dos nuevas entradas.
- g) Se propuso agregar más sinónimos al *string* de búsqueda porque no todos los motores de búsqueda tienen en cuenta las variaciones o sinónimos de las palabras utilizadas en dicho *string*. En la prueba piloto no se tuvieron en cuenta estos aspectos ya que *Scopus* sí los tenía previstos.

Por otra parte, resulta importante analizar el criterio de calidad 4, a saber:

“¿La ontología propuesta fue desarrollada considerando además su vinculación con conceptos de RFs y RNFs?”.

Recordemos que la meta principal de este trabajo consiste en construir (o adoptar) una ontología de testing de software y relacionarla/integrarla con las ontologías de RFs y RNFs ya desarrollada de la base conceptual C-INCAMI v. 2.0 (recordar Figura 1). De existir tal vinculación, el artículo seleccionado tendrá un mayor grado de calidad, para esta RSL, que otro que no la presente. No

obstante, se observó que en la mayoría de los estudios seleccionados no se hace mención explícita de la vinculación o la relación existente entre las ontologías propuestas y los conceptos de RFs y RNFs.

5. Trabajos Relacionados

En esta Sección se presentan estudios donde se realizaron RSL sobre ontologías de testing de software. En primer lugar, en [33], los autores presentan una RSL utilizada con el fin de identificar una ontología de testing de software que de soporte a un gestor de conocimiento de dicho dominio. Para ello, formularon 2 preguntas de investigación, a saber: i) ¿Cuál es la cobertura del dominio de testing de software en las ontologías de testing existentes?, y ii) ¿Cómo se desarrollaron esas ontologías? A su vez, las guías en las que se basaron para realizar la RSL son las que se establecen en [8], las que también son utilizadas para el presente trabajo. Además, en [33] también se realiza una prueba piloto con el fin de refinar y verificar la factibilidad y adecuación del protocolo de la RSL. A diferencia del presente trabajo, ellos toman dos muestras aleatorias del 35% de los 18 documentos seleccionados, mientras que aquí se analiza el 100% de los artículos con la misma finalidad de evaluación. Sin embargo, los autores en [33] no presentan una especificación formal del proceso utilizado, en contraste con lo representado en la Figura 2. Tampoco se realiza una discusión detallada sobre la adecuación del diseño del protocolo de la RSL.

Por otra parte, en [34], se presenta una ontología de dominio de alto nivel para testing de software. En dicho trabajo se plantean las siguientes preguntas de investigación: i) ¿Cuáles son los marcos de trabajo u ontologías de testing de software existentes, sus propósitos y sus evaluaciones?, y ii) ¿Cuáles son los conceptos relevantes, sus relaciones y restricciones que se necesitan para describir el conocimiento de testing de software de un modo general? En este punto, es importante notar que esta última pregunta resulta muy similar a la pregunta PI_1.1 que se propone en el presente artículo. La diferencia radica en que la pregunta propuesta en [34] no tiene en cuenta los atributos de los conceptos, los cuales son un aspecto de relevancia para una ontología (recodar sub-sección 2.5). Adicionalmente, la ontología propuesta por los autores es una ontología de dominio de alto nivel, a diferencia de este trabajo donde se intentan identificar los diferentes tipos de ontologías con el fin de desarrollar (o adoptar) una ontología de dominio más específica.

También, en [35], se presenta otra RSL relacionada. Su principal objetivo es evaluar el impacto y proporcionar una visión global sobre el uso de ontologías en el dominio del testing de software y testing de rendimiento (*performance testing*). En ella se plantean 3 preguntas de investigación, a saber: i) ¿Cuál es el estado del arte en el uso de

ontologías de testing de software?, ii) ¿Pueden las ontologías representar el conocimiento de testing de rendimiento?, y iii) ¿Qué inferencias pueden ser posibles a través de una ontología de testing de rendimiento? En cuanto al procedimiento seguido para realizar la RSL, es el presentado en [10], el cual es muy similar al utilizado en este trabajo. No obstante, estos autores tampoco presentan una especificación formal del proceso. Además, en [35], no se hace mención alguna de si se realizó alguna prueba piloto para refinar aspectos del protocolo de la revisión, o si de alguna manera evaluaron su protocolo.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

La meta principal de este trabajo es poder establecer las bases para desarrollar o adoptar una ontología de testing de software y vincularla al marco conceptual C-INCAMI v. 2.0 (en particular, con los componentes de RFs y RNFs representados en la Figura 1).

Para poder alcanzar esta meta, se requiere de una meta de necesidad de información que de soporte a la misma. En este sentido, la meta de necesidad de información que se especifica establece que se deben analizar sistemáticamente los artículos de las fuentes bibliográficas digitales que documenten ontologías de testing de software. Por lo tanto, para poder alcanzar esta necesidad de información, en este artículo se presentó, por un lado, un diseño inicial de una RSL sobre ontologías de testing de software. Por otra parte, se realizó una prueba piloto para poder evaluar y adecuar dicho diseño.

Para realizar el diseño preliminar de la RSL se siguió el proceso ilustrado en la Figura 2, el cual adhiere en gran medida con las guías y procedimientos propuestos por Kitchenham *et al.* [8]. A su vez, se tuvieron en cuenta las recomendaciones que se proponen en [36, 37] para realizar una revisión de literatura. Entre ellas, se recomienda asegurar que otros investigadores puedan repetir la búsqueda. Para lograr este fin, se especificó un *string* de búsqueda genérico que incluye las palabras claves “*software testing*” y “*ontology*”, como así también los metadatos en los cuales buscar estas palabras. Además, se mostró la consulta ejecutada en la fuente *Scopus* (recordar Figura 3). Otra recomendación es que se deben definir criterios de exclusión. Para el diseño preliminar de esta RSL se definieron tres criterios de exclusión (ver sub-sección 3.1.3). Los autores en [36, 37] también recomiendan buscar y analizar otras revisiones de literatura previas. Por ello, en la Sección 5 se analizaron algunos trabajos relacionados que incluyen RSL sobre ontologías de testing de software.

En este punto es importante aclarar que en los trabajos relacionados [33, 34, 35] analizados en la sección previa, como así también en los documentos de Kitchenham *et al.* [8, 10], no se presenta una especificación formal del proceso de una RSL. Por lo tanto, el proceso especificado mediante la notación SPEM (ver Figura 2) representa una

contribución de este artículo. Contar con la especificación de su proceso en SPEM permite que la comprensión de la RSL sea más rápida y eficaz frente a la simple lectura de guías especificadas sólo de modo textual. Además, modelar el proceso desde las perspectivas funcional y de comportamiento -tal como se modela en dicha figura- permite identificar los artefactos consumidos y producidos en cada actividad como así también el orden en que deben realizarse. Consecuentemente, una especificación formal simplifica la repetitividad y reproducibilidad del proceso.

En la realización de esta primera iteración de la RSL se propusieron inicialmente 2 preguntas de investigación, a saber:

- i) ¿Cuáles son las ontologías existentes del dominio de testing de software?; y
- ii) ¿Cuáles son los conceptos relevantes, sus relaciones, atributos y restricciones o axiomas necesarios para describir el dominio de testing de software?

La primera pregunta, evidentemente, tiene el objetivo de poder identificar las ontologías del dominio de testing de software existentes en la literatura. Por otra parte, la segunda, está orientada a poder analizar los trabajos seleccionados con el objetivo de identificar cuáles son los conceptos (y sus relaciones, atributos y restricciones) más importantes que involucra el dominio de testing de software.

Además de realizar el diseño preliminar del protocolo de la RSL, se llevó a cabo una prueba piloto. El objetivo general de esta prueba era poder refinar aspectos del diseño, tales como las preguntas de investigación, el protocolo de búsqueda, los criterios de selección y/o los formularios de extracción de datos. Como resultado de ejecutar el protocolo de búsqueda y aplicar los criterios de exclusión e inclusión, se obtuvieron un total de 19 artículos a analizar (recordar Tabla 1). Para poder ajustar el protocolo de la RSL, se analizaron la totalidad de los estudios seleccionados y se propusieron modificaciones al mismo, las cuales se encuentran listadas y discutidas en las secciones 3.2.3 y 4, respectivamente. Vale la pena aclarar que, en esta prueba piloto, para agilizar la misma, sólo se extrajeron los términos relevantes (ver Tabla 2, campo “Conceptos relevantes necesarios para describir el dominio de testing de software”) y no a sus atributos, relaciones y posibles restricciones o axiomas. En la ejecución final del proceso estos aspectos sí serán tenidos en cuenta.

Por otra parte, es importante notar que la evaluación del protocolo de la RSL y las modificaciones propuestas a partir del análisis de su adecuación (sub-actividad A2.3 en la Figura 2) influye en la calidad de los resultados de la RSL. Esto sucede debido a que, tras el análisis de los documentos seleccionados y los datos extraídos, se pueden descubrir aspectos y/o detalles que no se tuvieron en cuenta en el diseño inicial, como así también inconsistencias. Estos cambios seguramente impactarán positivamente en la calidad de la RSL ya que la prueba piloto es una iteración

preliminar de la misma. Por lo tanto, los cambios propuestos ayudan a guiar a los investigadores, de una manera más justificada y precisa, tanto en la selección de trabajos como en la extracción de datos hacia el objetivo principal de la RSL.

Dicho lo anterior, queda pendiente como trabajo inmediato continuar con el proceso de la RSL (es decir, recomenzar el proceso desde la actividad A1, según se indica en la Figura 2). Además, se planifica realizar esta RSL teniendo en cuenta ahora no sólo a *Scopus* como fuente digital científica, sino también a *IEEE Xplore*, *ACM Digital Library*, y *SpringerLink*.

Una vez finalizada la actividad A4 de la RSL, como trabajo futuro se desarrollará, adoptará o adaptará una ontología de dominio de testing de software. La misma será integrada con el resto de las ontologías del marco conceptual C-INCAMI v. 2.0 (principalmente con los componentes de RFs y RNFs), con el objetivo de dar soporte a una familia de estrategias de testing que ayuden a alcanzar diferentes propósitos.

7. Agradecimientos

Este trabajo y línea de investigación están soportados por el proyecto titulado “*Enfoque Integrado de Evaluación y Mejora de Calidad en Organizaciones de Software, con soporte Multinivel a Necesidades de Información*” (09/F067) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa. Además, esta investigación está soportada por la Agencia Argentina de Ciencia y Tecnología en el proyecto PICT 2014-1224 ejecutado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Pampa. En este contexto, el Ing. Guido Tebes cuenta con soporte económico de Beca Doctoral de Iniciación a la Investigación.

8. Referencias

- [1] Olsina, L., y Becker, P., “Family of Strategies for different Evaluation Purposes”, *Actas de la XX Conferencia Iberoamericana en Software Engineering (CIBSE'17)*, CABA, Argentina, 22-23 de mayo 2017, pp. 221–234.
- [2] Tebes, G., Peppino, D., Becker, P., Rivera, M. B., y Olsina, L., “Estrategia de Comparación y Adopción de Fortalezas: Caso aplicado a Redes Sociales para Smartphones”, *Actas del 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información (CoNaiisi'17)*, Santa Fe, Argentina, 2-3 de noviembre 2017, pp. 239–250.
- [3] Papa, M. F., “Toward the Improvement of a Measurement and Evaluation Strategy from a Comparative Study”, *Lecture Notes in Computer Science, Springer: Current Trends in Web Engineering, ICWE Int'l Workshops, M. Grossniklauss M. and M. Wimmer M. (Eds.)*, 2012, vol. 7703, pp. 189–203.
- [4] Peppino, D., Tebes, G., Nicolau, S., Papa, M. F., Becker, P., y Olsina, L., “Aplicación de una Estrategia Integrada de Mejora

que considera Requisitos Funcionales y No Funcionales”, *47avo Jornadas Argentinas de Informática (47 JAIIO)*, CABA, Argentina, 3-7 de septiembre 2018.

[5] Olsina, L., y Becker, P., “Linking Business and Information Need Goals with Functional and Non-functional Requirements”, *Actas de la XXI Conferencia Iberoamericana en Software Engineering (CIBSE'18)*, Bogotá, Colombia, 2018.

[6] Becker, P., Papa, M. F., y Olsina, L., “Process Ontology Specification for Enhancing the Process Compliance of a Measurement and Evaluation Strategy”, *CLEI Electronic Journal*, 2015, vol. 18:(1), pp. 1-26.

[7] Fraser, S., Beck, K., Caputo, B., Mackinnon, T., Newkirk, J., y Poole, C., “Test driven development (TDD)”, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2003, vol. 2675, pp. 459-462.

[8] Kitchenham, B., y Charters, S., “Procedures for Performing Systematic Reviews”, *EBSE Technical Report, Software Engineering Group, School of Computer Science and Mathematics Keele University and Department of Computer Science University of Durham*, UK, v. 2.3., 2007.

[9] Object Management Group (OMG), “Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification”, v. 2.0, abril 2008.

[10] Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O.P., Turner, M., Niazi, M., y Linkman, S., “Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study”, *Information and Software Technology*, 2010, vol. 52:(8), pp. 792-805.

[11] Gruber, T. R., “Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing”, *International Journal of Human-Computer Studies*, 1995, vol. 43:(5-6), pp. 907-928.

[12] Uschold, M., “Knowledge level modelling: Concepts and terminology”, *The Knowledge Engineering Review*, 1998, vol. 13:(1), pp. 5-29.

[13] Vasanthapriyan, S., Tian, J., Zhao, D., Xiong, S., y Xiang, J., “An Ontology-Based Knowledge Sharing Portal for Software Testing”, *Actas de la 2017 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C'17)*, 2017, pp. 472-479.

[14] Vasanthapriyan, S., Tian, J., Zhao, D., Xiong, S., y Xiang, J., “An ontology-based knowledge management system for software testing”, *Actas de la International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE)*, 2017, pp. 230-235.

[15] De Souza, É. F., De Almeida Falbo, R., y Vijaykumar, N. L., “ROoST: Reference ontology on software testing”, *Applied Ontology*, 2017, vol. 12:(1), pp. 59-90.

[16] Li, R., y Ma, S., “The implementation of user interface autogenerate for spacecraft automatic tests based on ontology”, *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'15)*, 2016, pp. 2676-2681.

[17] Solanki, M., Bozic, B., Freudenberg, M., Kontokostas, D., Brennan, R., y Dirschl, C., “Enabling combined software and

data engineering: The ALIGNED suite of ontologies”, *CEUR Workshop Proceedings*, 2016, vol. 1690.

[18] Zhu, H., y Zhang, Y., “A test automation framework for collaborative testing of web service dynamic compositions”, *Advanced Web Services*, 2014, vol. 9781461475354, pp. 171-197.

[19] Khuiarphai P., y Senivongse, T., “An ontology-driven visualization tool for software requirements traceability matrix and test documents”, *Actas de la 8th IASTED International Conference on Advances in Computer Science (ACS'13)*, 2013, pp. 307-313.

[20] Arnicans, G., Romans, D., y Straujums, U., “Semi-automatic generation of a software testing lightweight ontology from a glossary based on the ONTO6 methodology”, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 2013, vol. 249, pp. 263-276.

[21] De Souza, É. F., De Almeida Falbo, R., y Vijaykumar, N. L., “Using ontology patterns for building a reference software testing ontology”, *Actas del IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOC)*, 2013, pp. 21-30.

[22] Zhu, H. y Zhang, Y., “Collaborative testing of web services”, *IEEE Transactions on Services Computing*, 2012, vol. 5:(1), pp. 116-130.

[23] Nakagawa, E. Y., Barbosa, E. F., y Maldonado, J. C., “Exploring ontologies to support the establishment of reference architectures: An example on software testing”, *Joint Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture and European Conference on Software Architecture (WICSA/ECSA'09)*, 2009, pp. 249-252.

[24] Bezerra, D., Costa, A., y Okada, K., “SwTOI (Software Test Ontology Integrated) and its application in Linux test”, *CEUR Workshop Proceedings*, 2009, vol. 460, pp. 25-36.

[25] Nasser, V. H., Du, W., y MacIsaac, D., “Knowledge-based software test generation”, *Actas de la 21st International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'09)*, 2009, pp. 312-317.

[26] Liu, X.-M., Gu, G., Liu, Y.-P., y Wu, J., “Research and implementation of knowledge management methods in software testing process”, *WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering (CSIE'09)*, 2009, vol. 7, pp. 739-743.

[27] Bai, X., Lee, S., Tsai, W. T., y Chen, Y., “Ontology-based test modeling and partition testing of web services”, *Actas de la IEEE International Conference on Web Services (ICWS'08)*, 2008, pp. 465-472.

[28] Barbosa, E. F., Nakagawa, E. Y., Riekstin, A. C., y Maldonado, J. C., “Ontology-based development of testing related tools”, *20th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'08)*, 2008, pp. 697-702.

[29] Ryu, H., Ryu, D.-K., y Baik, J., “A strategic test process improvement approach using an ontological description for MND-TMM”, *Actas de la 7th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (IEEE/ACIS*

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

ICIS'08, in conjunction with *2nd IEEE/ACIS Int. Workshop on e-Activity (IEEE/ACIS IWEA'08)*, 2008, pp. 561–566.

[30] Barbosa, E. F., Nakagawa, E. Y., y Maldonado, J. C., “Towards the establishment of an ontology of software testing”, *18th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE'06)*, 2006, pp. 522–525.

[31] Huo, Q., Zhu, H., y Greenwood, S., “A Multi-Agent Software Environment for Testing Web-Based Application”, *Actas de la IEEE Computer Society's International Computer Software and Applications Conference*, 2003, pp. 210–215.

[32] Gruninger M., y Fox, M., “Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies”, *Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, 1995.

[33] De Souza, É. F., De Almeida Falbo, R., y Vijaykumar, N. L., “Ontologies in software testing: A Systematic Literature Review”, *CEUR Workshop Proceedings*, 2013, vol. 1041, pp. 71–82.

[34] Asman A., y Srikanth, R. M., “A Top Domain Ontology for Software Testing”, Real Instituto de Tecnología, Estocolmo, Suecia, Tesis de Master, 2015.

[35] Freitas A., y Vieira, R., “An ontology for guiding performance testing”, *Actas de la 2014 IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Workshops (WI-IAT'14)*, 2014, vol. 1, pp. 25–36.

[36] Pautasso, M., “Ten simple rules for writing a literature review”, *PLoS Computational Biology*, 2013, vol. 9:(7), pp. 1-4.

[37] Murphy, C.M., “Writing an effective review article”, *Journal of Medical Toxicology*, 2012, vol. 8:(2), pp. 89-90.

Estimación del esfuerzo del proceso de implantación de software basada en el método de puntos de caso de uso

Pablo Vazquez^{1,2}, Marisa Panizzi², Rodolfo Bertone³

¹Programa de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Información. Escuela de Posgrado.
Universidad Tecnológica Nacional. Regional Buenos Aires (UTN-FRBA)
Castro Barros 91. (C1178AAA). CABA. Argentina.

²Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional.
Regional Buenos Aires (UTN-FRBA).

Medrano 951. (C1179AAQ). CABA, Argentina.

³Instituto de Investigaciones en Informática LIDI. Facultad de Informática. Universidad Nacional
de La Plata (UNLP)
50 y 120 – La Plata, Argentina.

vazpablo@gmail.com, marisapanizzi@outlook.com, bertone@lidi.unlp.edu.ar

Resumen

La estimación precisa del esfuerzo es esencial en cualquier tipo de proyecto de software; esta afirmación se la considera para el proceso de implantación de sistemas informáticos. Si esta estimación falla o se presenta un cambio en la misma puede afectar al proceso de implantación, lo que implicaría incorporar recursos adicionales impactando en el costo del mismo. Una subestimación del proceso puede generar una asignación menor de recursos para cumplir los requisitos del proceso de implantación. Esto generaría la disminución de la calidad o fracaso del proceso. En este trabajo, se presenta una revisión documental de diferentes clasificaciones de métricas. Se plantea y justifica la propuesta de una clasificación de métricas para el proceso de implantación. Se desarrolla la construcción de la métrica "esfuerzo" para el proceso en estudio, la cual se basa en el método de puntos de caso de uso. Por último, se presenta un caso de estudio que sirve como validación inicial para la métrica propuesta.

1. Introducción

En Ingeniería de Software, para obtener un software de calidad es necesario realizar mediciones al inicio del proceso, estimar el tamaño del proyecto, sus costos y el tiempo que requerirá la construcción del producto software. Estas mediciones deben realizarse de manera constante durante todas las fases del proceso de construcción. Las métricas ayudan a comprender estos procesos [1].

Las métricas ayudan a comprender tanto el proceso técnico utilizado para desarrollar el producto, como el propio producto.

En este sentido se puede decir que es habitual confundir el término *métrica* con los términos *medición* y *medida* y tratarlos como sinónimos.

Fenton define *medición* como "el proceso por el cual los números o símbolos son asignados a atributos o entidades en el mundo real tal como son descriptos de acuerdo a reglas claramente definidas" [2].

Pressman sugiere que una *medida* "proporciona una indicación cuantitativa de extensión, cantidad, dimensiones, capacidad y tamaño de algunos atributos de un proceso o producto" [3].

En IEEE 610 "Standard Glossary of Software Engineering Terms", se define *métrica* como: "una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado" [4].

Según Pressman, las métricas son escalas de unidades sobre las cuales puede medirse un atributo cuantificable [3].

Lascano define *indicador* como una métrica o la combinación de varias de ellas. Este indicador proporciona información objetiva que sumados a criterios de decisión definidos, permiten a los participantes de un proyecto medir la ejecución y realizar ajustes tanto en el producto como en los procesos que se emplean [5].

Según Lopez et al. [6], para usar las métricas adecuadamente, no es suficiente con medir los atributos cuantitativamente, sino que es necesario tener en cuenta consideraciones como las unidades que se aplican, el tipo de software al que es aplicable y las condiciones en que se deben recoger los datos.

En Kan [7] y en Basso [1] se propone una de clasificación de métricas, la cual se basa en el contexto o dominio de aplicación y las características o atributos del software. Dicha clasificación define:

- **Métricas del producto:** describen características del producto tales como tamaño, complejidad, características de diseño, rendimiento y nivel de calidad.
- **Métricas del proceso:** pueden ser utilizadas para mejorar el proceso de desarrollo y mantenimiento del software. Algunos ejemplos son: la efectividad de la remoción de defectos durante el desarrollo y el tiempo de respuesta en el proceso de corrección de defectos.
- **Métricas del proyecto:** describen las características y ejecución del proyecto. Algunos ejemplos son: el número de desarrolladores de software, el comportamiento del personal durante el ciclo de vida del proyecto, el costo, el cronograma y la productividad.

Kan [7] menciona que existen métricas que pertenecen a múltiples categorías; por ejemplo, las métricas de calidad del proceso de un proyecto se pueden aplicar tanto a métricas del proceso como a métricas del proyecto.

Beltrán et al. [8] propone una clasificación de métricas con el fin de describir la conducta del software. Estas métricas miden aspectos como: competencia, calidad, desempeño y complejidad del software.

Tamayo Osorio [9] propone una clasificación de métricas en función de la funcionalidad, complejidad y eficiencia del desarrollo del software, organizándolas en: técnicas, de calidad, de productividad, orientada a la persona, orientada al tamaño, orientada a la función.

Según la norma ISO/IEC 9126 [10][11][12] se pueden clasificar en tres categorías, según sea su naturaleza:

- **Métricas básicas:** son métricas que se obtienen directamente del análisis del código o la ejecución del software. No involucra ningún otro atributo ni depende de otras métricas. Estas métricas se denominan directas. Entre las métricas básicas se tiene la cantidad de líneas de código del programa o de cada módulo, la cantidad de horas de desarrollo, la cantidad de fuentes de datos o tablas a utilizar, la cantidad de atributos y registros de una tabla, entre otras [3].
- **Métricas de agregación:** son métricas compuestas a partir de un conjunto definido de métricas básicas (o directas), generalmente mediante una suma ponderada.
- **Métricas derivadas:** son métricas compuestas por una función de cálculo matemático, que utiliza como variables de entrada el valor de otras métricas. Estas métricas se denominan indirectas. Entre las métricas

derivadas se tiene la cantidad de líneas de código producidas por hora y por persona, el porcentaje de completitud del proyecto, el tamaño promedio de los módulos del software, el tiempo promedio que una persona dedica a corregir los defectos de un módulo, entre otras [3].

En esta línea de investigación, los autores consideran al proceso de implantación de sistemas informáticos como una de las fases o etapas que se realizan en la construcción del software. Esta fase contempla un conjunto de actividades y tareas necesarias que permiten la transferencia del producto software finalizado a su ambiente de utilización.

La investigación realizada por los autores en [13][14] sobre el proceso de implantación o instalación de sistemas informáticos, ha evidenciado la ausencia de métricas como elemento del proceso.

El presente trabajo, se desarrolla bajo la hipótesis propuesta de que las metodologías o estándares de desarrollo de sistemas informáticos proponen, de manera incompleta, los elementos necesarios de un proceso de implantación de software. De esta hipótesis se deriva la pregunta de investigación: ¿Se puede lograr cubrir la vacancia de Métricas del Proceso de implantación de un sistema informático de manera que se integre como parte del proceso? En respuesta a esta pregunta, este trabajo presenta la métrica "esfuerzo".

2. Elementos de trabajo y metodología

Para el desarrollo de este trabajo, se seguirá un enfoque de investigación clásico propuesto por Riveros et al. [15] y Creswell [16] con énfasis en la producción de tecnologías según Sabato y Mackenzie [17]; identificando métodos y materiales necesarios para desarrollar el trabajo:

- **Métodos.** Se utilizarán revisiones sistemáticas y Prototipado Evolutivo Experimental (Método de la Ingeniería). Las revisiones sistemáticas propuestas por Argimón, de artículos científicos siguen un método explícito para resumir la información sobre determinado tema o problema. Se diferencia de las revisiones narrativas en que provienen de una pregunta estructurada y de un protocolo previamente realizado [18]. El prototipado evolutivo experimental expuesto por Basili, consiste en desarrollar una solución inicial para un determinado problema. Esto genera un refinamiento de manera evolutiva por prueba de aplicación de dicha solución a casos de estudio (problemáticas) de complejidad creciente. El proceso de refinamiento concluye al estabilizarse el prototipo en evolución [19].

- **Materiales:** Se ha utilizado la bibliografía existente, la cual ha sido obtenida de repositorios digitales y de libros.

3. Desarrollo

Para la propuesta de métricas del proceso de implantación, se definió una clasificación basada en la propuesta de ISO/IEC 9126 [10][11][12] y la propuesta definida por Basso [1] y Kan [7]. De la última clasificación se consideran solo las categorías: métricas del proceso y métricas del producto. Se consideran las métricas del proceso debido a que resulta de interés las tareas, actividades y roles que comprenden al proceso de implantación de sistemas informáticos. La métrica del producto se la considera por la necesidad de contemplar características como la complejidad del producto software a instalar, los requisitos de instalación para el producto software, la integración con la infraestructura del cliente, entre otras; estas tendrán impacto en el proceso de implantación estudiado. En la clasificación propuesta se adiciona una tercera categoría: "Persona", dado a la existencia del peoplware y su impacto en el proceso en estudio.

De la clasificación antes mencionada, se define una matriz que permite visualizar como resulta la intersección de las métricas que se propondrán en esta línea de investigación, (Tabla 1).

Tabla 1. Matriz de clasificación propuesta.

Métrica	Proceso	Producto	Persona
Básica			
Agregada			
Derivada			

En este trabajo se presenta la métrica de "Esfuerzo" del proceso de implantación de sistemas informáticos. Esta se clasifica como métrica Derivada y métrica del Proceso.

Dapozo et al. [20] en su trabajo menciona que, los métodos para estimar el esfuerzo de desarrollo se clasifican en: métodos paramétricos donde el proceso de cuantificación del resultado está basado en un proceso mecánico, por ejemplo, la aplicación de una fórmula derivada de los datos históricos. Dentro de este conjunto se encuentran métodos como COCOMO y COCOMO II de Boehm, SLIM de Putnam, y Puntos de Caso de Uso propuesto por Karner. La segunda categoría, representa a los métodos heurísticos, en los cuales la cuantificación del resultado se produce a partir del juicio y/o la experiencia de un experto.

Como método de cálculo del esfuerzo requerido para la implantación del software, se toma como base el método de estimación por Puntos de Caso de Uso propuesto por Karner [21]. La ventaja de estimar sobre Puntos de caso de uso se debe al logro de una estimación temprana sobre un conocimiento cierto de los requerimientos a desarrollar. Esta forma de estimar el esfuerzo medido en horas hombre (HH) requerido para el desarrollo de un determinado producto software, resulta de interés para las empresas que se dedican a la construcción de software. Esto se debe a que es uno de los principales factores para la determinación del costo del producto.

A continuación se describen los pasos propuestos en el método:

1. Se identifican y clasifican los casos de uso según la cantidad de transacciones en tres tipos: simple, medio y complejo con su respectivo factor de peso (ver Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de Caso de Uso y sus pesos

Tipo de Caso de Uso	Descripción	Peso
Simple	Menos de 3 transacciones	5
Medio	de 4 a 7 transacciones	10
Complejo	Más de 7 transacciones	15

2. Se clasifican los actores que interactúan con el sistema informático según la complejidad de la interacción en tres tipos: simple, medio y complejo, con su respectivo factor de peso (ver Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de actores y sus pesos

Tipo de actor	Descripción	Peso
Simple	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante una interfaz de programación (API, Application Programming Interface)	1
Medio	Otro sistema que interactúa con el sistema a desarrollar mediante un protocolo o una interfaz basada en texto	2
Complejo	Una persona que interactúa con el sistema mediante una interfaz gráfica	3

3. Para el cálculo del total del peso de los casos de uso sin ajustar (UUCW) se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{UUCW} = \Sigma \text{ Casos de uso simples} * \text{WF} + \Sigma \text{ Casos de uso medios} * \text{WF} + \Sigma \text{ Casos de uso complejos} * \text{WF}$$

4. El peso total de los actores (UAW) se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{UAW} = \Sigma \text{ Actor simple} * \text{WF} + \Sigma \text{ Actor medio} * \text{WF} + \Sigma \text{ Actor complejo} * \text{WF}$$

5. Una vez obtenidos los valores de UAW y UUCW se los utiliza para calcular los puntos de caso de uso sin ajustar (UUCP) por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{UUCP} = \text{UAW} + \text{UUCW}$$

6. Se calcula los puntos de caso de uso ajustados (AUCP) por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{AUCP} = \text{UUCP} * \text{TF} * \text{EF}$$

Donde TF es el factor de Complejidad Técnica (ver Tabla 4) y EF es el factor del Entorno (ver Tabla 5).

Tabla 4. Factores de complejidad técnica y pesos propuestos (TF).

Factor	Descripción	Peso
T1	Sistema distribuido	2
T2	Objetivos de performance o tiempo de respuesta	1
T3	Eficiencia del usuario final	1
T4	Procesamiento interno complejo	1
T5	El código debe ser reutilizable	1
T6	Facilidad de instalación	0.5
T7	Facilidad de uso	0.5
T8	Portabilidad	2
T9	Facilidad de cambio	1
T10	Concurrencia	1
T11	Incluye objetivos especiales de seguridad	1
T12	Provee acceso directo a terceras partes	1
T13	Se requieren facilidades especiales de entrenamiento a usuarios	1

Tabla 5. Factores del entorno y pesos propuestos (EF).

Factor	Descripción	Peso
E1	Familiaridad con el modelo de proyecto utilizado	1.5
E2	Experiencia en la aplicación	0.5
E3	Experiencia en orientación a objetos	1
E4	Capacidad del analista líder	0.5
E5	Motivación	1
E6	Estabilidad de los requerimientos	2
E7	Personal part-time	-1
E8	Dificultad del lenguaje de programación	-1

A continuación se observa la ecuación correspondiente al Factor de complejidad Técnica (TF):

$$\text{TF} = 0.6 + (0.01 * \text{TWF})$$

$$\text{TWF} = \Sigma (\text{Peso}_i * \text{Valor asignado}_i)$$

El Factor del Entorno se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$\text{EF} = 1.4 + (-0.03 * \text{EWF})$$

$$\text{EWF} = \Sigma (\text{Peso}_i * \text{Valor asignado}_i)$$

Se cuantifica cada uno de los factores con un valor de 0 a 5, donde 0 significa un aporte irrelevante y 5 un aporte muy importante.

7. Una vez calculados los puntos de caso de uso ajustados (AUCP), se obtiene el esfuerzo (E) del proceso de desarrollo por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{E} = \text{AUCP} * \text{CF}$$

Donde CF corresponde a las horas por persona por punto de caso de uso.

Karner [21] originalmente sugirió que cada Puntos de Caso de Uso requiere un esfuerzo de 20 horas-hombre.

Para el cálculo del esfuerzo del proceso de implantación, se considera un registro histórico de proyectos desarrollados en los últimos 12 años en una consultora de la República Argentina. En esta organización se desarrolló el caso de estudio que se presenta en la sección 4 de esta comunicación.

Como resultado del análisis de la base de proyectos, se propone una distribución del esfuerzo expresado en un rango de porcentajes para las actividades genéricas que conforman un proyecto de software (ver Tabla 6).

Tabla 6. Distribución de esfuerzo para desarrollo de software (rango de porcentajes).

Etapas	Rango
Relevamiento inicial	(2%-5%)
Especificación de requerimientos y análisis	(15%-25%)
Arquitectura y diseño	(10%-15%)
Desarrollo	(25%-40%)
Testing	(10%-20%)
Implantación	(6%-8%)

Es necesario destacar que cada equipo de desarrollo ajusta los porcentajes y las definiciones de las etapas en base a su marco de trabajo, características del producto y proyecto asociado.

8. Como propuesta para el cálculo del esfuerzo requerido para el proceso de implantación se presenta la siguiente ecuación:

$$EPI = (E * \% \text{Implantación}) / \% \text{Desarrollo}$$

Donde,

EPI: Esfuerzo Proceso de Implantación (HH)

4. Caso de estudio

Se presenta un caso de estudio para realizar una validación inicial de la métrica "esfuerzo" para el proceso de implantación de software. Esta se obtiene a partir de la aplicación de un método de estimación basado en puntos de caso de uso. El caso de estudio corresponde a la implantación de un desarrollo de tipo mejora; esta impacta sobre un sistema de gestión de agencias del rubro de la publicidad para Latinoamérica ya implantado. La consultora en la que se desarrolló la experimentación de la métrica de esfuerzo, es una empresa multinacional que se encuentra en la República Argentina y ofrece servicios de consultoría.

El sistema de gestión es un ERP (en inglés, Enterprise Resource Planning), el cual fue desarrollado a medida para la gestión de empresas de publicidad; este cuenta con los siguientes módulos:

- Clientes
- Proveedores
- Contabilidad
- Tesorería
- Administración y parametrización
- Rendiciones de gastos
- Seguridad

La mejora a implementar tiene impacto sobre los módulos de Clientes y Administración y Parametrización. Esta incorpora la modalidad de facturación electrónica,

que requiere de la emisión de un archivo de texto, la generación automática de un archivo XML y un PDF en la generación de cada factura y nota de crédito. Este desarrollo también incorpora un proceso de solicitud de creación de notas de crédito y su posterior aprobación.

Los requisitos funcionales de la mejora a desarrollar han sido capturados en 15 casos de uso, los cuales se enuncian a continuación:

- Modificar información de la empresa
- Generar archivo para ente regulador
- Generar factura automática
- Generar factura manual
- Generar nota de crédito
- Generar factura automática de medios
- Generar factura manual de medios
- Generar nota de crédito de medios
- Generar factura de varios
- Generar nota de crédito de varios
- Generar factura por volumen
- Generar nota de crédito por volumen
- Regenerar archivo para ente regulador
- Solicitud de generación de nota de crédito
- Aprobar de notas de crédito.

A continuación se aplicó el método de estimación del esfuerzo de desarrollo propuesto por Karner al caso de estudio:

1. Se clasificó cada Caso de Uso según el número de transacciones (ver Tabla 7).

Tabla 7. Casos de Uso clasificados.

Tipo de Caso de Uso	Peso	Cantidad de transacciones
Simple	5	8
Medio	10	5
Complejo	15	2

2. Se identificaron y clasificaron los Actores que intervienen en los Casos de Usos detectados. Estos son:

- *Administrador*: encargado de la administración y parametrización de los datos.
- *Facturista*: encargado de generar las facturas y notas de crédito
- *Aprobador de notas de crédito*: encargado de aprobar las solicitudes de notas de crédito.

En este caso, los usuarios constituyen actores de tipo complejo, ya que se trata de personas utilizando el sistema mediante una interfaz gráfica, al cual se le asigna un peso 3. (Ver Tabla 8)

Tabla 8. Actores clasificados.

Tipo de actor	Peso	Cantidad
Simple	1	0
Medio	2	0
Complejo	3	3

3. Se calculó el factor de peso de los Casos de Uso sin ajustar (UUCW).

$$UUCW = 5*8 + 10*5 + 15*2$$

$$UUCW = 120$$

4. Se calculó el factor de peso de los Actores sin ajustar (AUW).

$$AUW = 3*3$$

$$AUW = 9$$

5. A partir de los valores obtenidos de UUCW y AUW, se obtienen los puntos de caso de uso sin ajustar (UUCP).

$$UUCP = UUCW + AUW$$

$$UUCP = 120 + 9 = 129$$

6. Se valorizaron los factores técnicos (ver Tabla 9).

Tabla 9. Factores técnicos valorizados (TF).

Factor	Peso	Valor
T1	2	0
T2	1	1
T3	1	1
T4	1	3
T5	1	2
T6	0,5	3
T7	0,5	3
T8	2	2
T9	1	3
T10	1	2
T11	1	2
T12	1	0
T13	1	1

7. Se calculó el valor TF (Factores de complejidad técnica) con los factores técnicos valorizados:

$$TF = 0.6 + (0.01 * TWF)$$

$$TF = 0.6 + (0.01 * 23)$$

$$TF = 0.6 + 0.23 = 0.83$$

8. Se valorizan los factores del Entorno (ver Tabla 10).

Tabla 10. Factores del entorno valorizados (EF).

Factor	Peso	Valor
E1	1,5	5
E2	0,5	5
E3	1	4
E4	0,5	5
E5	1	2
E6	2	2
E7	-1	0
E8	-1	0

9. Se calculó el valor EF (Factor del Entorno) con los factores de entorno valorizados:

$$EF = 1.4 + (-0.03 * EWF)$$

$$EF = 1.4 + (-0.03 * 22.5)$$

$$EF = 1.4 - 0.675 = 0.725$$

10. Con los valores de UUCP, TF y EF obtenidos, se calculó los Puntos de Caso de Uso ajustados (AUCP).

$$AUCP = UUCP * TF * EF$$

$$AUCP = 129 * 0.83 * 0.725$$

$$AUCP = 77.62$$

11. Se calculó el Esfuerzo (E) del desarrollo con los Puntos de Caso de Uso ajustados (AUCP). Para la variable CF se tomó el valor propuesto por Karner.

$$E = AUCP * CF$$

$$E = 77.62 * 20$$

$$E = 1552.4 \text{ HH}$$

12. Se calculó el esfuerzo del proceso de implantación, para el cual se utilizó el porcentaje real (7%) definido para el caso de estudio (ver Tabla 11).

Tabla 11. Porcentajes definidos para el caso de estudio.

Etapas	Rango	Porcentaje caso de estudio
Relevamiento inicial	(2%-5%)	3%
Especificación de requerimientos y análisis	(15%-25%)	20%
Arquitectura y diseño	(10%-15%)	15%
Desarrollo	(25%-40%)	35%
Testing	(10%-20%)	20%
Implantación	(6%-8%)	7%

$$EPI = (E * \% \text{Implantación}) / \% \text{Desarrollo}$$

$$EPI = (1552.4 * 7\%) / 35\%$$

$$EPI = 310.48HH$$

En la tabla 12, se presentan los valores resultantes de la aplicación del método de Karner [21]. Los valores de la estimación de esfuerzo están expresados en horas/hombre. Se comparan los valores de estimación del esfuerzo real y los obtenidos por la aplicación del método.

Tabla 12. Comparación del esfuerzo real estimado vs esfuerzo estimado por el método

Caso de estudio	Esfuerzo Real Estimado	Esfuerzo Estimado por el método
Esfuerzo desarrollo	590	1552,4
Esfuerzo Implantación	118	310,48

La estimación del esfuerzo para el proceso de implantación de sistemas informáticos con el método de cálculo del esfuerzo por puntos de caso de uso, presenta un desvío significativo respecto del esfuerzo real estimado. Se puede considerar que, un factor de influencia en el desvío se debe al nivel de experiencia de los responsables en la aplicación del método. La falta de experiencia y subjetividad del estimador impacta en los valores asignados a los factores técnicos y del entorno, como así también en el momento de clasificar los niveles de complejidad de los casos de usos y los actores.

Si bien se ha utilizado un método paramétrico para la estimación del proceso en estudio, los autores reflexionan sobre la necesidad de evaluar otros métodos de estimación mediante cálculos que permitan aproximar brecha detectada entre la estimación real y la obtenida.

5. Conclusiones

Se logró definir una matriz de clasificación de métricas aplicable a la fase de implantación de proyectos

de software en organizaciones de la República Argentina, la cual permite avanzar en la propuesta de otras métricas para el fortalecimiento del proceso en estudio.

Para el cálculo del esfuerzo del proceso de implantación, se tomó como base el método por puntos de caso de uso propuesto por Karner, este método en comparación con otros permite realizar una estimación temprana del esfuerzo del desarrollo.

La disponibilidad de datos de proyectos anteriores, contribuyó a la determinación de la distribución del esfuerzo total requerido para el ciclo de vida del proyecto, y por medio de una extrapolación porcentual se obtuvo el esfuerzo necesario para llevar a cabo el proceso de implantación.

Se presentó una validación inicial de la métrica de esfuerzo en un caso de estudio de un proyecto de desarrollo, la cual presentó una desviación considerable en la estimación. Esta se debe a la sensibilidad de los factores técnicos y del entorno, donde se pone en evidencia la subjetividad introducida por el estimador, aunque esta no invalida el método.

Como trabajo futuro se identifica: (a) refinar la métrica de "esfuerzo" basándose en otros métodos de estimación (b) experimentar la métrica de "esfuerzo" en otros casos de estudio; (c) avanzar con la construcción de otras métricas para el proceso de implantación de sistemas informáticos considerando la clasificación propuesta en la sección 3 de este artículo (básicas, agregadas y derivadas).

6. Referencias

- [1] Basso, D., *Propuesta de Métricas para Proyectos de Explotación de Información*, 2014. <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/redisla/ReLAIS/relais-v2-n4-157-218.pdf>. Último acceso el 14/12/2017.
- [2] Fenton, E., *Software Metrics A Rigorous approach*, Chapman & Hall, Primera Edición, 1991.
- [3] R. Pressman, *Ingeniería del software: Un enfoque práctico*, Mc Graw Hill, 7ma Edición, 2010.
- [4] IEEE 610. *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*. IEEE Std 610.12-1990, 1990.
- [5] Lascano, N., *Un Conjunto de Métricas para Proyectos de Transición de Software Offshore*, Tesis Magíster en Ingeniería de Software, Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, 2013. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/32513>. Página vigente al 26/06/2017.
- [6] López, A., Sánchez, A., Montejano, G., *Definición de Métricas de Calidad para Productos de Software*. XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina). Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). ISBN: 978-950-698-377-2, 2016. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53444>. Página vigente al 16/12/2017.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [7] Kan, S., *Metrics and models in software quality engineering*, second edition, Addison Wesley, 95-456, ISBN 0-201-72915-6, 2002, Referenciado en 126, 128, 135
- [8] Beltrán, N., Castro León, G., *Gestión de calidad en desarrollo de software*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática. ISSN 1816-3823, 2011.
- [9] Tamayo Osorio, P., *Métricas de calidad para esquemas conceptuales Una revisión crítica*. Revista Reune No. 1 pp. 35-60, 2016.
- [10] ISO/IEC 9126-2, *Software engineering - Product quality - Part 2 External metrics*, 2003, <http://www.iso.org/iso/home.html>.
- [11] ISO/IEC 9126-3. 2003. *Software engineering - Product quality - Part 3 Internal metrics*. <http://www.iso.org/iso/home.html>.
- [12] ISO/IEC 9126-4. 2004. *Software engineering - Product quality - Part 4 Quality in use metrics*. <http://www.iso.org/iso/home.html>.
- [13] Panizzi, M., Bertone R., Hossian A., *Proceso de Implantación de Sistemas Informáticos – Identificación de vacancias en Metodologías Usuales*, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Actas de las conferencias Iadis Iberoamericanas (CIACA 2017), ISBN: 978-989-8533-70-8, 2017.
- [14] Vazquez, P., Panizzi, M., *Implantación de Sistemas Informáticos – Identificación de Elementos del Proceso*, 5º Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información Ing. de Sistemas, Ing. de Software y Gestión de Proyectos (CONAIISI 2017), ISSN: 2347-0372, 2017.
- [15] Riveros, H. y Rosas, L., *El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales*, Editorial Trillas, México, ISBN 96-8243-893-4, 1985.
- [16] Creswell, J., *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*, Prentice Hall, ISBN 10: 01-3613-550-1, 2002.
- [17] Sábado, J. y Mackenzie, M., *La Producción de Tecnología*, Editorial Nueva Imagen, México, ISBN 968-429-348-8, 1982.
- [18] Argimón, J. 2004. *Métodos de Investigación Clínica y Epidemiológica*. Elsevier España. 84-8174-709-2.
- [19] Basili. *The Experimental Paradigm in Software Engineering*. En *Experimental Software Engineering Issues: Critical Assessment and Future Directions* (Ed. Rombach, H., Basili, V., Selby, R.). Lecture Notes in Computer Science, Vol. 706. (1933). ISBN 978-3-540-57092-9.
- [20] Dapozo, G., Greiner, C., Medina, Y., Ferraro, M., Pedrozo Petrazzini, G., Lencina, B., *Métodos de estimación de software. Un análisis desde un enfoque evolutivo*, de III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes, Resistencia, 2014.
- [21] Karner, G., *Metrics for Objectory*, Degree thesis, Universidad de Linkoping, Suecia, 1993.

Un Método de Evaluación para Modelo de Gestión de Calidad en Empresas de SSI

Walter A. Lucero, Carlos Salgado, Alberto Sánchez, Mario Peralta
Departamento de Informática Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
Ejercito de los Andes 950 – C.P. 5700
San Luis - Argentina
walteradrianlucero@gmail.com - {csalgado, alfanego, mperalta}@unsl.edu.ar

Resumen

En los últimos años se evidenció un significativo incremento en la cantidad de empresas del sector de Software y Servicios Informáticos (SSI) en la República Argentina, según datos oficiales, actualizados por el Observatorio de Empleo y Dinámica Empresarial del Ministerio de Trabajo, el número de empresas creció un 132% en 10 años consecutivos. Debido a este fenómeno, las empresas SSI se ven en la necesidad de diferenciarse de la competencia para captar nuevos clientes, como así también mantener el crecimiento al ritmo de los avances tecnológicos y los requerimientos del mercado. Muchas empresas del sector no se encuentran aplicando un modelo de gestión integrado que esté orientado a los clientes, el liderazgo, los procesos, los resultados y la mejora continua, lo cual las aleja de la excelencia y, por ende, pueden ver su productividad afectada. Si bien un importante porcentaje de empresas de software, alrededor del 60% según los últimos resultados publicados, poseen algún tipo de certificación, no cuentan con un modelo a seguir para su éxito a largo plazo. La aplicación de modelos de calidad y métodos de evaluación busca aportar a las empresas una visión general de su situación actual, como de cada uno de los aspectos principales que hacen a su desarrollo, elementos clave para su desempeño. El objetivo del presente trabajo es evaluar, mediante un método englobado en las herramientas prospectivas como lo son el método Delphi, estándares, técnicas y herramientas, las características del Modelo de Gestión de la Calidad orientado a empresas de SSI de la República Argentina.

1. Introducción

Los modelos de calidad son referencias que las organizaciones utilizan para mejorar su gestión. Los modelos, a diferencia de las normas, no contienen requisitos que deben cumplir los sistemas de gestión de la calidad, sino directrices para la mejora. Existen modelos de calidad orientados a la calidad total y la excelencia, modelos orientados a la mejora, modelos propios de determinados sectores e incluso modelos de calidad que

desarrollan las propias organizaciones [2].

Dentro de la línea de investigación en la que se enmarca el presente trabajo, se propuso un modelo de Gestión de la Calidad orientado a empresas del Sector Software y Servicios Informáticos, basado en los **7 principios de la calidad de las organizaciones** [2]: Enfoque al cliente, Liderazgo, Enfoque a procesos, Compromiso de las personas, Mejora, Toma de decisiones basada en la evidencia y Gestión de las relaciones [3]. Cabe destacar que la Cámara de la Industria Argentina del Software (CESSI, [1]), posibilitó la validación empírica del modelo de gestión de la calidad. El objetivo del modelo es brindar a las empresas de desarrollo de software de la región una herramienta que les permita posicionarse en un nivel altamente competitivo en el mercado actual, mediante la producción de software de calidad.

En el ámbito de la gestión/administración se toman decisiones diariamente que pueden afectar a la economía de todo el país, el futuro de la organización/institución, el impacto en el mercado, etc. ¿Cómo se toman estas decisiones? ¿Son decisiones buenas o malas? La meta de una evaluación es informar sobre los efectos de las reglas de negocio y políticas actuales y potenciales. Existen varios métodos de evaluación con diferentes niveles de fiabilidad. La calidad de la evaluación es de suma importancia para poder entregar resultados correctos.

Los métodos pueden seguir metodologías cuantitativas o cualitativas. Algunos ejemplos de métodos: Matching y PSM (Propensity Score Matching) [4], Regresión Discontinua [5], Diferencias en Diferencias (DIFF-IN-DIFF) [6], Evaluación Aleatoria [7, 8], etc.

Desde el punto de vista de la calidad, y dentro de la línea de investigación en la que se trabaja en el grupo, en [9], se presenta un método para la evaluación de modelos de Procesos de Negocio (PN) sin importar su representación. El método propuesto en [9] permite evaluar las principales características de calidad que se considera que todo modelo de PN debe satisfacer. Sin embargo, y como argumentan Huang y Wu en [10], “la condición difusa de los pensamientos humanos puede ejercer cierta influencia en la respuesta de los expertos sobre sus preferencias con respecto a los factores, criterios y alternativas, y de sus cálculos y juicios subjetivos”. Respecto del modelado de PN, esta condición difusa del

pensamiento humano, ejerce una influencia muy importante en cuanto a la percepción de las reglas del negocio, y por ende en la definición y construcción de los modelos que representan dichas reglas. Desde este punto de vista, el método no permite evaluar con certeza estas características difusas del razonamiento que pueden llevar a ambigüedades en los modelos.

Muchos problemas de decisión se sitúan en un entorno complejo e implican sistemas contradictorios de criterios, incertidumbre e información imprecisa. Se han propuesto numerosos métodos para resolver problemas de criterios cuando la información disponible es precisa. Sin embargo, la incertidumbre y la incertidumbre inherentes a la estructura de la información hacen que el modelo matemático riguroso resulte adecuado para resolver problemas multi-criterios con información imprecisa [11, 12, 13, 14]. Desde este punto de vista en [15], se propone un método para evaluar modelos conceptuales de PN basado en la Lógica Difusa. El objetivo de la propuesta, es brindar un medio que ayude en la toma de decisión a la hora de evaluar la calidad de los modelos de PN en las organizaciones. El método es de utilidad tanto para el análisis de los modelos de nuevos procesos, como para evaluar la adecuación de las modificaciones, ya sea debido a cambios en el proceso o a corrección de errores, que se puedan realizar a modelos existentes. Esta propuesta surge de la necesidad de cubrir las falencias mencionadas del método propuesto en [9].

En base a estas propuestas, y siguiendo esta línea de investigación, surge la necesidad de contar con un método de evaluación que permita la instanciación de un modelo de Gestión de Calidad en empresas SSI. Es decir, poder evaluar el grado en que una empresa u organización cumple con un modelo de calidad.

El método propuesto tiene sus bases en modelos matemáticos y estadísticos que permitan que los procesos sean sistemáticos y repetibles. Para definir el método propuesto se tuvieron en cuenta diversas herramientas, técnicas, modelos y métodos. Se parte eligiendo un modelo de gestión de calidad, en particular se tomó como base de partida el modelo definido en el proyecto de investigación [3]. Cabe aclarar que dicho modelo, se plantea como inicio para el método, pero no es de ninguna manera estático, es decir, se define de manera que sea aplicable a otros modelos de calidad. Se puede ajustar a las distintas situaciones, tecnologías o reglas de negocio/mercado a medida que vayan surgiendo.

El objetivo del método es poder validar/verificar si el modelo de la empresa se ajusta, y en qué medida, al modelo de gestión de la calidad. En este sentido, un objetivo básico de este trabajo es obtener información para construir las tablas que permitan categorizar las empresas de Software y Servicios Informáticos. Para ello, la identificación de los principales ítems permite plantear la estimación de estas tablas a partir del conocimiento

exhaustivo de sus funciones. Dicho conocimiento, requiere un conjunto de información amplia y compleja. En este sentido, tradicionalmente se utiliza un sistema de encuestas a las empresas para satisfacer estas necesidades de información. Las ventajas de este sistema son que es un método estandarizado, generalizado y de fácil implementación. Pero también presenta al menos tres inconvenientes relevantes: 1) La información que se necesita no siempre se puede obtener directamente. 2) Se debe considerar que la información que se demanda puede ser delicada para la empresa, ya que proporciona detalles de la misma. 3) En las tablas es muy importante la agregación de asociaciones directas a cada ítem a cumplir. Así pues, si es necesario garantizar la calidad de la información, una opción alternativa es recurrir a la consulta a expertos en la materia mediante la utilización de un método para tal fin. En este sentido, el método Delphi [16] es una técnica de investigación social que tiene como objeto la obtención de una opinión grupal fidedigna a partir de un grupo de expertos. Es un método de estructuración de la comunicación entre un grupo de personas que pueden aportar contribuciones valiosas para la resolución de un problema complejo.

En función de lo expresado, en base al modelo, y usando el método Delphi [16], se definen las preguntas de la encuesta que va a servir para la recolección de los datos de cómo cada empresa estudiada se acerca/aleja del modelo de la gestión de la calidad. Para la ponderación de las preguntas que conforman la encuesta se utiliza una escala LIKERT [17].

Como paso siguiente se procede a la toma de la encuesta sobre la población motivo de estudio. Con las respuestas de la encuesta se procede a evaluar la fiabilidad y validez del modelo en las empresas. Para ello, se utiliza el método de Cronbach [18] y el análisis factorial [19]. Ambos métodos ampliamente probados en distintos ámbitos. Por último, en base a estos resultados se procede a hacer un reporte de sugerencias y recomendaciones. Ese reporte permite a la empresa, acondicionar sus procesos/productos/servicios y luego, como un paso hacia la mejora continua, volver a evaluar la fiabilidad o validez del modelo de gestión.

2. Método Propuesto

A continuación, se muestran las fases con las respectivas etapas del método propuesto.

Fase I

En esta fase se elige el modelo de gestión de calidad. Los expertos que llevarán a cabo la evaluación y se determina el periodo de repetición de esta fase en base a los objetivos o metas de negocio, presupuesto, etc.

Etapas 1. Estructura: El éxito del funcionamiento del método radica en establecer, en forma precisa, la

estructura del Modelo de Gestión de Calidad para empresas de SSI. En este punto, cabe aclarar que la elección del modelo no es algo estático sino, por el contrario, dinámico. Podría optarse por distintos modelos de gestión que puedan surgir por cambios tecnológicos o definición de nuevos estándares que se adapten a las nuevas reglas de negocio o condiciones del mercado.

Etapa 2. Determinación del Grupo de Expertos: El objetivo principal en esta etapa es la elección del grupo de expertos. La etapa es importante en cuanto a que el término experto es “indeterminado”. Con independencia de sus títulos, función o nivel jerárquico, la elección del experto estará basada en la capacidad de encarar el futuro y el conocimiento profundo del tema.

Etapa 3. Periodicidad: La periodicidad está íntimamente relacionada con los recursos existentes en la organización y es decisión directa de la alta dirección. Es decir, la elección del modelo de gestión de la calidad y la selección de los expertos tiene un determinado costo y tiempo. Ese periodo lo determinan los recursos con los que cuente en cada caso en particular cada organización/institución.

Fase II

Esta fase consiste en la definición y toma del cuestionario derivado del modelo de calidad que se esté aplicando. Para corroborar la fiabilidad del cuestionario se tiene que validar, al igual que las respuestas de los encuestados. Dichas validaciones se realizan acorde a las siguientes etapas.

Etapa 4. Diseño y aplicación del cuestionario: Como se menciona en la introducción, para la confección del cuestionario se utiliza el método Delphi [16], que se engloba dentro de los métodos de prospectiva que estudian el futuro, en lo que se refiere a la evolución de los factores del entorno tecno-socio-económico y sus interacciones. Es un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo [21].

En un artículo de Cabero e Infante [22] se señala que: [...] el método Delphi es, posiblemente, uno de los más utilizados en los últimos tiempos por los investigadores para diferentes situaciones y problemáticas, que van desde la identificación de tópicos a investigar, especificar las preguntas de investigación, identificar una perspectiva teórica para la fundamentación de la investigación, seleccionar las variables de interés, identificar las relaciones causales entre factores, definir y validar los constructos, elaborar los instrumentos de análisis o recogida de información, o crear un lenguaje común para la discusión y gestión del conocimiento en un área científica. Es, por tanto, de verdadera utilidad para los investigadores de ciencias sociales en general, y los de educación y comunicación en particular.

Etapa 5. Determinación de la escala de valoración: El cuestionario elaborado debe ser ponderado, para ello se utiliza la tabla de Likert [17]. La **escala de Likert** es una de las herramientas más utilizadas por los investigadores del mercado cuando desean evaluar las opiniones y actitudes de una persona. Se debe recordar que para el presente trabajo la interacción va a estar dada con las personas.

Etapa 6. Toma de la encuesta: En esta etapa se debe encuestar a los interesados en evaluar el modelo de gestión que aplica en su organización/institución. Para ello, se recopila en una tabla la contabilización de las respuestas del cuestionario de acuerdo a la escala asociada.

Etapa 7. Validación de la efectividad de los resultados por técnicas estadísticas: Para el análisis de las respuestas del cuestionario de la etapa anterior, es decir, estudiar el grado de cumplimiento por parte de cada organización/institución respecto del modelo de gestión de la calidad utilizado, se vale de una técnica estadística conocida como Alfa de Cronbach [18].

El cálculo del Alfa de Cronbach permite determinar la FIABILIDAD de la encuesta diseñada anteriormente, es decir, si realmente podemos confiar en la información que se extrae de la misma. De no ser fiable es necesario el rediseño de la encuesta.

Para comprobar la fiabilidad se toma una muestra piloto de 18 clientes y se calcula el coeficiente ALFA, para cuyo cálculo, es necesario que la encuesta esté diseñada bajo la escala de Likert [17]. Dicho coeficiente está dado por la fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right]$$

Donde:

K = número de ítems.

α = coeficiente de Crombach

σ_i^2 = Varianza del ítem i

σ_x^2 = Varianza de la suma de todos los ítems

Etapa 8. Reporte: Recomendaciones y/o Acciones Sugeridas

Esta etapa es un punto importante de la gestión de calidad y la mejora continua. La empresa debe acondicionar sus procesos/servicios/productos a los ítems del modelo de gestión de la calidad utilizado. Luego de la evaluación se genera un reporte con los valores para cada uno de los ítems del modelo de gestión de calidad que se obtuvieron en la evaluación. De esta manera, cada actor/cliente pueda tener una aproximación de en cuánto se acerca o aleja de lo esperado. Con esa información, y las sugerencias efectuadas en esta etapa, se puede ajustar o adaptar los procesos de la organización/institución para ajustarse al modelo de gestión de la calidad. Todas las *no conformidades* encontradas vuelven al modelo para ser replanteadas.

3. Caso de Estudio

Como se establecen en las distintas fases del método, en la primera etapa, se debe determinar el modelo a evaluar y la componentes del mismo. En este sentido, como punto de partida para la validación del método, se utiliza el modelo de Gestión de Calidad en empresas de SSI propuesto en [20].

En función de dicho modelo, se analizó una muestra de **una encuesta con un cuestionario de 37 preguntas realizada sobre 18 empresas** de la región centro-norte de la Argentina.

A continuación, algunas consideraciones tenidas en cuenta a la hora de realizar el estudio

3.1. Objetivos de la medición

Ya definida la necesidad de medir la aplicación del Modelo de Gestión de Calidad para las empresas de Software y Servicios Informáticos, se deben establecer los objetivos de dicha medición y, de esta manera, tener claro los objetivos que se quieren alcanzar con este estudio.

3.1.1. Objetivo General: Determinar el nivel de aplicación del Modelo a las empresas de SSI.

3.1.2. Objetivos Específicos: *i)* Identificar los elementos críticos que inciden en la satisfacción de las empresas. *ii)* Analizar los datos obtenidos por medio de implementación de cuestionarios bajo el Método Delphi.

3.1.3. Población objeto del estudio: Empresas de software y servicios informáticos interesadas que demanden algún servicio o producto dentro de la Provincia de San Luis y/o Provincias vecinas. Además, se contó con la colaboración de empresas de Buenos Aires y San Francisco, Córdoba.

3.1.4. Periodicidad de la medición: Dada la amplia variedad de servicios y/o productos, es difícil determinar una frecuencia que sea igualmente válida para todos ellos. Es por eso que, a la hora de definir la periodicidad de la medición, se debe tener en cuenta al menos los dos siguientes aspectos: *i)* El ciclo de vida y tipo de servicio. *ii)* Los costos que acarrea el proceso de medición.

3.1.5. Elección de la Herramienta: A la hora de seleccionar el método de recolección de datos, juega un papel importante el número de encuestados y la elección de los expertos que conformarán el grupo. Para este estudio se utilizó: El Método Delphi.

3.1.5.1. Características: El método Delphi pretende extraer y maximizar las ventajas que presentan los métodos basados en grupos de expertos y minimizar sus inconvenientes. Para ello, se aprovecha la sinergia del debate en el grupo y se eliminan las interacciones sociales indeseables que existen dentro de todo grupo. De esta forma, se espera obtener un consenso lo más fiable posible

del grupo de expertos. Este método presenta tres características fundamentales: *Anonimato:* ningún experto conoce la identidad del resto del grupo de debate. Esto impide la posibilidad de que un miembro del grupo sea influenciado por la reputación de otro de los miembros, o por el peso que supone oponerse a la mayoría, la única influencia posible es la de la congruencia de los argumentos, permite que un miembro pueda cambiar sus opiniones sin que eso suponga una pérdida de imagen, el experto puede defender sus argumentos con la tranquilidad que da saber que, en caso de que sean erróneos, su equivocación no va a ser conocida por los otros expertos. *Iteración y realimentación controlada:* La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario. Como, además, se van presentando los resultados obtenidos con los cuestionarios anteriores, se consigue que los expertos vayan conociendo los distintos puntos de vista y puedan ir modificando su opinión si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos. *Respuesta del grupo en forma estadística:* La información que se presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.

En la realización de un Delphi aparece una terminología específica:

Circulación: Cada uno de los sucesivos cuestionarios que se presenta al grupo de expertos. En un Delphi clásico se pueden distinguir cuatro circulaciones o fases.

Primera circulación: El primer cuestionario es desestructurado, no existe un guion prefijado, sino que se pide a los expertos que establezcan cuáles son los eventos y tendencias más importantes, referentes al área en estudio, que van a suceder en el futuro. Cuando los cuestionarios son devueltos, se realiza una labor de síntesis y selección, obteniéndose un conjunto manejable de eventos, en el que cada uno está definido de la forma más clara posible. Este conjunto formará el cuestionario de la segunda circulación.

Segunda circulación: Los expertos reciben el cuestionario con los sucesos y se les pregunta por la fecha de ocurrencia. Una vez contestados, los cuestionarios son devueltos al moderador, que realiza un análisis estadístico de las previsiones de cada evento. El moderador confecciona el cuestionario de la tercera circulación que comprende la lista de eventos y los estadísticos calculados para cada evento.

Tercera circulación: Los expertos reciben el tercer cuestionario y se les solicita que realicen nuevas previsiones. Si se reafirman en su previsión anterior y ésta queda fuera de los márgenes entre los cuartiles inferior y superior, deben dar una explicación del motivo por el que creen que su previsión es correcta y la del resto del panel no. Estos argumentos se realimentarán al panel en la siguiente circulación. Cuando el moderador recibe las

respuestas, realiza de nuevo el análisis. El cuestionario de la cuarta circulación va a contener el análisis estadístico y el resumen de los argumentos.

Cuarta circulación: Se solicita a los expertos que hagan nuevas previsiones, teniendo en cuenta las explicaciones dadas por los expertos. Se pide a todos los expertos que den su opinión en relación con las discrepancias que han surgido en el cuestionario. Cuando el moderador recibe los cuestionarios, realiza un nuevo análisis y sintetiza los argumentos utilizados por los expertos. En este punto, se considera terminado el Delphi, quedando tan sólo la elaboración de un informe a partir del análisis de las respuestas de los expertos y los comentarios realizados por los panelistas. Sin embargo, si no se hubiese llegado a un consenso, existiendo posturas muy distantes, el moderador debería confrontar los distintos argumentos para averiguar si se ha cometido algún error en el proceso.

Cuestionario: Documento que se envía a los expertos. No es sólo un documento que contiene una lista de preguntas, sino que es el documento con el que se consigue que los expertos interactúen, ya que en él se presentarán los resultados de anteriores circulaciones.

Panel: Es el conjunto de expertos que toma parte en el Delphi.

Moderador: Es la persona responsable de recoger las respuestas del panel y preparar los cuestionarios.

3.2. Aplicación del Método

3.2.1. Fase 1.

3.2.1.1. Etapa 1: Como se especificó previamente, en esta etapa se establece el Modelo de Gestión de Calidad, así, se seleccionó el modelo de Gestión de Calidad en empresas de SSI propuesto en [20], el cual se utilizó como referencia para el otorgamiento de la mención en calidad del Premio Sadosky 2017.

3.2.1.2. Etapa 2: El grupo de expertos surgió de la evaluación de los curriculum vitae, realizado por el comité del Premio Sadosky. Como parte del análisis de los evaluadores participantes se buscó la mezcla de experiencia, tanto en años como en áreas de calidad de empresas del sector de Software y Servicios Informáticos socias de CESSI. Así, Se identificaron 20 posibles candidatos de los cuales se descartó la mitad por falta de disposición a participar o tener contacto habitual con otros posibles miembros del grupo. Del total inicial quedaron 10 expertos en informática y ciencias de la computación a los cuales, y como segundo paso, se los indujo respecto al modelo y se les entregó las tablas a utilizar para la evaluación de las empresas postulantes.

3.2.1.3. Etapa 3: El cuestionario fue respondido por un grupo de empresas del sector Software y Servicios Informáticos de la República Argentina los cuales se

sumaron a la convocatoria y brindaron la información solicitada, en los cuestionarios, a través de la interfaz provista por el Premio Sadosky. Se destaca que, para este caso, se requirió de una sola circulación, la cual resultó suficiente en función que los expertos seleccionados no manifestaron objeciones con relación al modelo de encuesta propuesto.

3.2.2. Fase 2.

3.2.2.1. Etapa 4: Antes de iniciar un Delphi para la definición de la encuesta, se realizan una serie de tareas previas, como delimitar el contexto y el horizonte temporal en el que se desea realizar la previsión sobre el tema en estudio, seleccionar el panel de expertos y conseguir su compromiso de colaboración, y explicar a los expertos en qué consiste el método.

Una vez conformado el grupo de expertos, se procedió a la definición de las encuestas. Para ello se analizaron las componentes del modelo de calidad bajo estudio y sus componentes y objetivos. En base a ello, y a la ejecución de las distintas circulaciones que establece el método utilizado para su definición, se arribó a un modelo de encuesta conformado por 37 preguntas, el cual es detallado en las Figuras 1 a 6.

1. POLÍTICA Y ESTRATEGIA
1. La Misión y la Visión de la empresa de SSI, ¿se ven claramente reflejadas en una política y estrategia definidas, en los planes, programas, objetivos y en la asignación de recursos?
2. ¿La empresa de SSI planifica sus actuaciones utilizando la información necesaria? Esto incluye las opiniones de los empleados, usuarios, empresas y organizaciones, la situación del entorno y la comparación con otras.
3. ¿Las líneas estratégicas se despliegan en planes operativos consistentes y viables, que son conocidos, aceptados y desarrollados por los empleados de la empresa de SSI?
4. ¿La empresa de SSI revisa y, si es preciso, cambia la política y la estrategia en relación al servicio que está ofreciendo, siguiendo un modelo planteado en forma rigurosa, como por ejemplo sabiendo cuándo y cómo debe hacerlo, quién ha de llevar la iniciativa, quién tiene que intervenir, quién se responsabiliza de su aprobación?

Figura 1. Ítem de política y estrategia del Modelo de Gestión de Calidad.

2. GESTIÓN DE LOS RECURSOS.
5. ¿La empresa de SSI tiene un enfoque sistemático para garantizar que la asignación y la utilización de los recursos económicos responden a su política y estrategia y a los valores y criterios de calidad?

6. ¿Se recopila información suficiente y de forma sistemática y fiable a fin de que la empresa de SSI la pueda utilizar para la toma de decisiones?
7. ¿Se gestionan de forma óptima los medios materiales –espacios, equipos, materiales, nuevas tecnologías- y todo el capital intelectual, para mejorar los servicios que ofrece la empresa de SSI?
8. Las relaciones exteriores ¿derivan, cuando es necesario, en alianzas con otras organizaciones, que ayudan a mejorar el servicio que se ofrece?

Figura 2. Ítem de gestión de los recursos del Modelo de Gestión de Calidad.

3. GESTIÓN DE PROCESOS.
9. El manual de procesos, ¿tiene definidos sus objetivos entre los que se encuentran los conocimientos y las capacidades que los empleados deben tener al comenzar y concluir el mismo?
10. El plan propuesto , ¿es coherente con los objetivos del manual de procesos?
11. La revisión y actualización , si procede, de no conformidades internas ¿se realiza de manera regulada y sistemática?
12. Los ítems del modelo y las técnicas utilizadas en los procesos de implementación , ¿permiten la consecución de los objetivos del modelo?
13. ¿Dispone la empresa de SSI de un Plan de Acción Tutorial que permita orientación del empleado a lo largo de la implementación del modelo?
14. ¿Existe un compromiso claro de mejora continua de los procesos, a partir del análisis de la información de los clientes, de los resultados conseguidos y de la comparación con otras organizaciones de referencia?
15. ¿La empresa de SSI controla el grado de aplicación del modelo establecido y tiene un método para valorar su eficacia?

Figura 3. Ítem de gestión de procesos del Modelo de Gestión de Calidad.

4. ENTORNO DE LA ORGANIZACIÓN.
16. ¿El ambiente de trabajo en la empresa de SSI es confortable?
17. ¿En la empresa de SSI se vivencia un clima de continuidad laboral?
18. ¿La empresa de SSI permite a su gente su desarrollo personal, profesional y satisfacción del personal?
19. ¿Los clientes de la empresa de SSI reconocen la calidad, precio, compromiso en los productos y servicios?
20. ¿Los proveedores ofrecen continuidad de sus servicios y/o productos?
21. ¿La empresa de SSI cumple con las Normativas vigentes dentro de la sociedad donde se encuentra?

22. ¿La empresa de SSI presenta un comportamiento social, con pensamiento sustentable y eco-eficiente?
--

Figura 4. Ítem de entorno de la organización del Modelo de Gestión de Calidad.

5. SEGUIMIENTO, MEDICIÓN, ANÁLISIS Y REVISIÓN
23. ¿La empresa de SSI mide periódicamente de forma sistemática y directa el grado de satisfacción de sus clientes, mediante encuestas o entrevistas ?
24. ¿Los resultados de las encuestas o entrevistas presentan una tendencia positiva desde hace tres años como mínimo?
25. ¿Se comparan los resultados de las encuestas o entrevistas con los de otras empresas y se puede demostrar que son parecidos o mejores ?
26. ¿La empresa de SSI tiene un sistema de indicadores que le orienta respecto a los resultados?
27. ¿Se realiza una evaluación periódica de la satisfacción de los clientes mediante estos indicadores de referencia?
28. ¿Los resultados de estos indicadores presentan una tendencia positiva desde hace tres años como mínimo?
29. ¿La empresa de SSI fija algunos estándares de referencia para determinar los objetivos que quiere alcanzar tanto en las encuestas como en los indicadores?
30. ¿La empresa de SSI mide periódicamente, de forma sistemática y directa mediante encuestas o entrevistas la percepción de las personas, sobre el clima laboral, el entorno de trabajo, las perspectivas del producto o servicio, la comunicación, el estilo de dirección, el reconocimiento, las oportunidades de formación, la participación?
31. ¿De los resultados obtenidos en las encuestas anteriores, la empresa de SSI realiza mejoras e innovación?

Figura 5. Ítem de seguimiento, medición y análisis del Modelo de Gestión de Calidad.

6. MEJORA, INNOVACIÓN Y APRENDIZAJE.
32. ¿La empresa de SSI tiene procedimiento de mejora continua en sus productos?
33. ¿La empresa de SSI tiene procedimiento de mejora continua en sus procesos?
34. ¿La empresa de SSI permite que las personas que forman parte de ella, en cada uno de sus niveles; se involucren en actividades de mejora continua?
35. ¿La empresa de SSI realiza innovación de acuerdo a la lectura de su entorno?
36. ¿La empresa de SSI ofrece herramientas para desarrollar el pensamiento creativo?
37. ¿Es política de la empresa de SSI el aprendizaje continuo?

Figura 6. Ítem de mejora, innovación y aprendizaje del Modelo de Gestión de Calidad.

3.2.2.2. Etapa 5: Determinación de la escala de valoración

Como lo establece el método, el siguiente paso es definir una escala de valoración para las preguntas de la encuesta. En este sentido, aunque se puede, y en algunos casos se debe incluir respuestas en formato Checklist (Si/No), lo más habitual es incluir respuestas que correspondan a una valoración por parte del encuestado. Este tipo de valoración puede ser cualitativa y cuantitativa, siendo esta última la que más se recomienda dado que resulta mucho más cómodo trabajar con cifras cuando se quiere realizar un análisis.

Para este caso en particular se propone trabajar con una escala tipo **LIKERT** [17], ya que este Método ofrece ventajas como:

- Desde el punto de vista del diseño del cuestionario, es una escala fácil de construir.
- Desde el punto de vista del encuestado, ofrece la facilidad de poder graduar su opinión ante afirmaciones complejas.
- Este esquema de escala propuesto cumple, a su vez, con todas las características que se exponen en el modelo de Likert:
- **Simetría:** Tienen el mismo número de categorías positivas y negativas (2 de cada una).
- **Punto medio:** Es necesario incluir un punto medio para aquellas empresas encuestadas que se muestren indecisas o con neutralidad (Indiferente).
- **Escala iguales o parecidas entre sí:** Si se van a utilizar diferentes escalas a lo largo de la encuesta, estas deberán ser iguales o muy parecidas entre sí, es decir, que las valoraciones positivas siempre están en la misma zona y que siempre se tenga el mismo número de niveles para evitar confundir a las empresas encuestadas; para este caso se maneja la misma escala y nivel para todas las preguntas del cuestionario.

Bajo estas consideraciones, para esta etapa se ha definido la siguiente escala: **TED:** Totalmente En Desacuerdo; **PED:** Parcialmente En Desacuerdo; **I:** Indiferente (no puede indicar acuerdo ni desacuerdo en forma precisa); **PDA:** Parcialmente De Acuerdo y **TDA:** Totalmente De Acuerdo.

Resumen de procesamiento de casos

	N	%
Casos Válido	18	100,0
Excluido	0	,0
Total	18	100,0

Figura 7. Resumen de procedimiento.

3.2.2.3. **Etapa 6. Toma de la encuesta:** En la siguiente etapa, una vez establecida la escala de valoración, se llevó a cabo la encuesta. En ella participaron 18 empresas de software y servicios informáticos interesadas dentro de la Provincia de San Luis y Provincias vecinas. Además, se contó con la colaboración de empresas de Buenos Aires y San Francisco, Córdoba. Así, la Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Como criterio general, George y Mallery [24] sugieren las recomendaciones siguientes para evaluar los coeficientes del Alfa de Cronbach:

- Coeficiente Alfa > .9 es excelente
- Coeficiente Alfa > .8 es bueno
- Coeficiente Alfa > .7 es aceptable
- Coeficiente Alfa > .6 es cuestionable
- Coeficiente Alfa > .5 es pobre
- Coeficiente Alfa < .5 es inaceptable

La validez hace referencia al grado en que un determinado procedimiento de traducción de un concepto en variable registra efectivamente el concepto en cuestión. **La validez se suele asociar al error sistemático (es difícil de identificar, ya que el error sistemático está presente en todas las observaciones) [17].**

En este punto se hace necesario la validación del cuestionario para ver la interrelación entre las preguntas. Para ello se utilizó el Cálculo del Alfa de Cronbach, que es una herramienta estadística cuyo índice otorga la certeza para evaluar el grado en que los ítems de un instrumento están correlacionados. Para ello, es necesario tener presente que existen tres procedimientos para determinar el coeficiente Alfa que conducen al mismo resultado:

- 1) Sobre la base de la varianza de los ítems,
- 2) Sobre la base de la matriz de correlación de los ítems,
- 3) Por medio del promedio de las correlaciones (\bar{P})

Cabe destacar que, para el trabajo propuesto, se utilizó un paquete informático estadístico: SPSS Statistic 22, [25], el cual calcula el coeficiente en base a la varianza de los ítems. Con el uso de este software, se calcula el coeficiente Alfa de toda la encuesta para verificar su consistencia interna. Así las Figuras 7 y 8 muestran que la misma cae dentro de un rango fiable.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N° de elementos
0,924	37

Figura 8. Coeficiente Alfa.

Índice que oscila entre 0 y 1: Se considera fiable con puntuaciones superiores a 0,85 (hay otros autores que consideran a partir de 0,70).

Tabla 1. Tablas de frecuencias y porcentajes por columnas o sea por respuestas

PREGUNTAS REALIZADAS * RESPUESTAS OBTENIDAS tabulación cruzada

Recuento		RESPUESTAS OBTENIDAS					Total
		Totalmente En Desacuerdo	Parcialmente En Desacuerdo	Indiferente	Parcialmente De Acuerdo	Totalmente De Acuerdo	
PREGUNTAS REALIZADAS	P1	0	2	2	11	3	18
	P2	0	2	3	8	5	18
	P3	0	1	4	9	4	18
	P4	0	2	4	9	3	18
	P5	0	0	4	11	3	18
	P6	0	0	2	9	7	18
	P7	1	0	5	7	5	18
	P8	0	2	5	9	2	18
	P9	0	4	4	7	3	18
	P10	2	5	2	5	4	18
	P11	2	4	0	11	1	18
	P12	0	4	4	8	2	18
	P13	2	3	3	3	7	18
	P14	0	4	1	7	6	18
	P15	0	2	1	10	5	18
	P16	3	4	2	6	3	18
	P17	3	4	3	7	1	18
	P18	2	3	6	5	2	18
	P19	1	5	3	7	2	18
	P20	2	5	2	6	3	18
	P21	0	2	5	7	4	18
	P22	3	3	3	6	3	18
	P23	0	6	2	8	2	18
	P24	0	3	4	8	3	18
	P25	0	6	4	7	1	18
	P26	1	4	5	6	2	18
	P27	2	5	5	4	2	18
	P28	1	1	8	7	1	18
	P29	1	2	5	7	3	18
	P30	1	3	4	7	3	18
	P31	1	3	3	9	2	18
	P32	2	2	1	11	2	18
	P33	3	3	3	7	2	18
	P34	1	1	5	9	2	18
	P35	0	0	3	12	3	18
	P36	0	0	4	12	2	18
	P37	0	0	1	11	6	18
Total		34	100	125	293	114	666

Considerando que las recomendaciones indican que el tamaño de la muestra debe ser mayor que el número de preguntas de la encuesta, y a pesar de que el resultado dio dentro del rango de valores que hace que el cuestionario sea fiable y valido con una encuesta con mayor cantidad de preguntas que encuestados, se hizo una validación adicional a través del análisis factorial [19] para verificar los resultados obtenidos en la aplicación de Cronbach. A continuación, se detallan los resultados obtenidos de aplicar dicho análisis.

3.3. Análisis factorial exploratorio

El análisis factorial [19], es un método cuyo propósito principal es definir la estructura subyacente de una matriz de datos. Atiende el problema de analizar la estructura de

las interrelaciones (correlaciones) entre un gran número de variables (Respuestas de cuestionarios) al definir un conjunto de dimensiones subyacentes comunes, conocidas como factores. Con el análisis factorial se identifican las dimensiones separadas de la estructura y después se determina qué tanto cada variable es explicada por cada dimensión. Una vez que se determinan las dimensiones y se explican las variables por cada dimensión, se puede hacer un resumen y reducción de datos.

Es una técnica de interdependencia en la cual todas las variables son consideradas de manera simultánea, cada una relacionada a las otras, y empleando el concepto de *composición lineal de variables*. De hecho, la *composición lineal de variables* (factores), se forma para maximizar su explicación de todo el conjunto de variables, no para

predecir una variable dependiente. Una *composición lineal de variables* (factor) es una variable dependiente que es función del conjunto total de variables.

El énfasis en el análisis factorial es la identificación de los “factores subyacentes” que pueden explicar las dimensiones asociadas con la gran variabilidad de los datos.

Se pueden tener tres tipos de datos de entrada:

- Columnas de datos unitarios.
- Una matriz de correlaciones o covarianzas.
- Columnas conteniendo ponderaciones de factores

En el presente trabajo, el interés está en investigar qué “factores” pueden explicar la mayor parte de la variabilidad. Como primer paso del análisis factorial, se utiliza la extracción de componentes principales y se examinan los autovalores para decidir el número de factores.

3.4. Análisis de Resultados

En esta sección se presenta un análisis en función de los resultados presentados en la tabla 1.

3.4.1. Análisis Factorial Exploratorio del ítem Política y Estrategia

Existe varios contrastes que pueden realizarse para evaluar si el modelo factorial (o la extracción de los factores) en su conjunto es significativo.

El test KMO (Kaiser, Meyer y Olkin) [26] relaciona los coeficientes de correlación r_{jh} , observados entre las variables X_j y X_h , y a_{jh} son los coeficientes de correlación parcial entre las variables X_j y X_h . Cuanto más cerca de 1 tenga el valor obtenido del test KMO, implica que la

relación entre las variables es alta. Si $KMO \geq 0.9$, el test es muy bueno; notable para $KMO \geq 0.8$; mediano para $KMO \geq 0.7$; bajo para $KMO \geq 0.6$; y muy bajo para $KMO < 0.5$.

La prueba de esfericidad de Bartlett [26] evalúa la aplicabilidad del análisis factorial de las variables estudiadas. El modelo es significativo (aceptamos la hipótesis nula, H_0) cuando se puede aplicar el análisis factorial.

Prueba de esfericidad de Bartlett:

- Si Sig. (p-valor) < 0.05 aceptamos H_0 (hipótesis nula) > se puede aplicar el análisis factorial.

1. Si Sig. (p-valor) > 0.05 rechazamos H_0 > no se puede aplicar el análisis factorial.

De los datos obtenidos (Tabla 2) se puede concluir que el análisis factorial es factible ya que el **p-valor (Sig.) < 0.05** , aunque la correlación entre todas variables es baja (el valor obtenido por el test de **KMO es 0,507**).

Tabla2 . Prueba de KMO / Bartlett para política y estrategia.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,507
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	39,509
	gl	6
	Sig.	,000

La Tabla 3 muestra la varianza total explicada por los cuatro primeros componentes. La matriz de componentes nos informa de la relación entre las variables, agrupándolas y, por lo tanto, reduciendo la cantidad de datos originales.

Tabla 3. Método de extracción: Análisis de componentes principales para política y estrategia.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	2,160	53,996	53,996	2,160	53,996	53,996	1,926	48,148	48,148
2	1,515	37,876	91,872	1,515	37,876	91,872	1,749	43,725	91,872
3	,234	5,854	97,726						
4	,091	2,274	100,000						

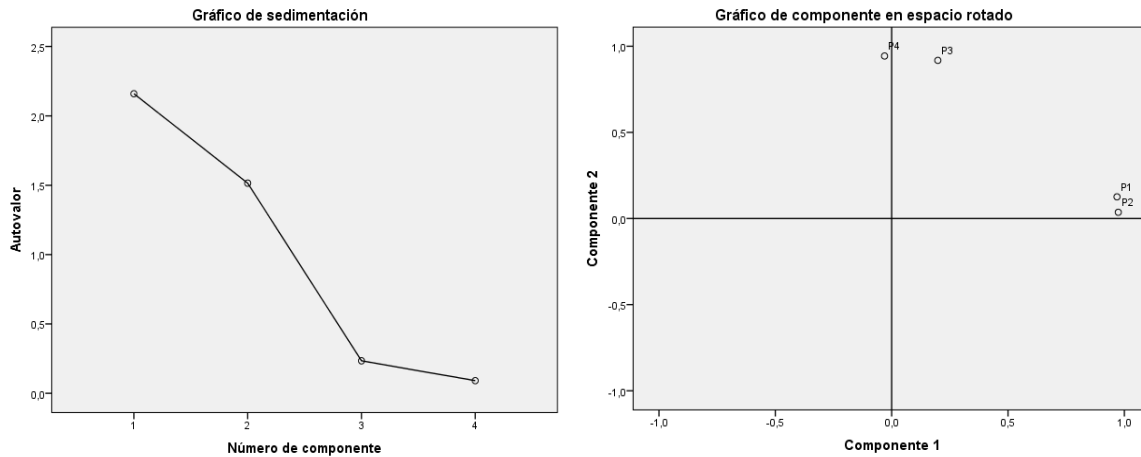
Los valores propios (también llamados valores característicos o raíces latentes) son las varianzas de los componentes principales. Entendiendo por varianza la medida de tendencia central. Esto quiere decir que ayuda a determinar qué tan alejados o cercanos están los datos del centro; es decir, del promedio o de la media. En estos resultados, los dos primeros componentes principales tienen valores propios mayores que 1. Estos dos

componentes explican 53,996 % y 37,876 % respectivamente de la variación en los datos. La gráfica de sedimentación (Figura 9 (a)) muestra que los valores propios comienzan a formar una línea recta después del segundo componente principal. Si los % mostrados en la Figura 9c- es una cantidad adecuada de variación explicada en los datos, entonces debe utilizar los dos primeros componentes principales.

El gráfico de la figura 9 (b) muestra las componentes 1, 2, 3 y 4 rotadas. Las coordenadas de cada variable, tal como hemos dicho, son las correlaciones entre variable y componente. Una variable próxima a un eje y alejada del origen indica alta correlación con la componente.

De la misma manera se analizan el resto de las componentes principales. Así, las Tablas 4 a 9 y las

Figuras 10 a 12, muestran un resumen de las componentes: *Gestión de los Recursos*, *Gestión de Procesos* y entorno de la organización. El Análisis Factorial Exploratorio del ítem *Seguimiento, Medición, Análisis y Revisión* y del ítem *Mejora, Innovación y Aprendizaje* se llevaron a cabo de la misma manera



(a) Gráfico de componentes de sedimentación.

(b) Gráfico de componentes de espacio rotado.

Figura 9. Política y Estrategia.

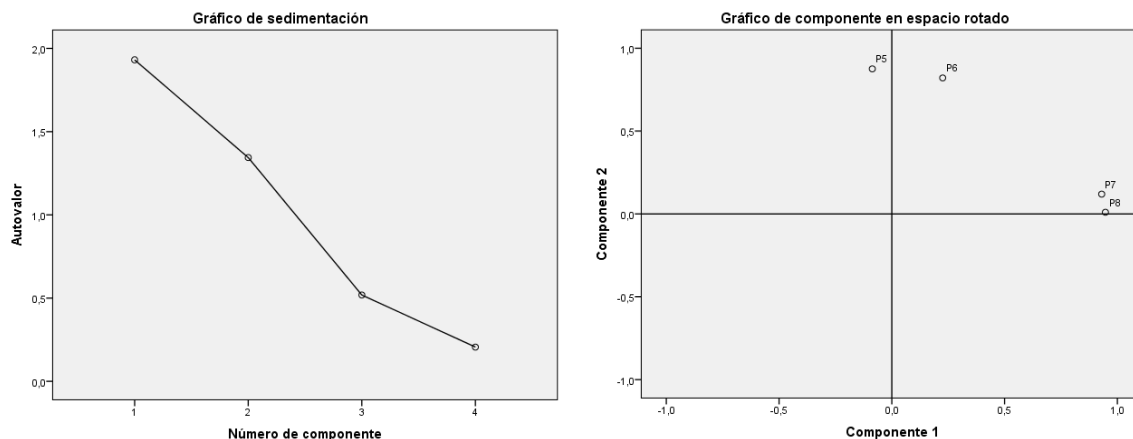
3.4.2. Análisis Factorial Exploratorio del ítem de Gestión de los Recursos

Tabla 4. Prueba de KMO / Bartlett para gestión de los recursos.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,511
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	19,046
	gl	6
	Sig.	,004

Tabla 5. Método de extracción. Análisis de componentes principales para gestión de los recursos.

Componente	Varianza total explicada								
	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	1,931	48,287	48,287	1,931	48,287	48,287	1,821	45,517	45,517
2	1,344	33,605	81,892	1,344	33,605	81,892	1,455	36,375	81,892
3	,519	12,967	94,859						
4	,206	5,141	100,000						



(a) Gráfico de componentes de sedimentación.

(b) Gráfico de componentes de espacio rotado.

Figura 10. Gestión de los Recursos.

3.4.3. Análisis Factorial Exploratorio del ítem de Gestión de Proceso

Tabla 6. Prueba de KMO / Bartlett para gestión de procesos.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,526
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	71,020
	Gl	21
	Sig.	,000

Tabla 7. Método de extracción. Análisis de componentes principales para gestión de procesos.

Varianza total explicada

Comp onente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	3,330	47,565	47,565	3,330	47,565	47,565	3,021	43,164	43,164
2	1,914	27,347	74,913	1,914	27,347	74,913	2,222	31,749	74,913
3	,908	12,977	87,890						
4	,350	4,994	92,883						
5	,240	3,427	96,311						
6	,196	2,807	99,118						
7	,062	,882	100,000						

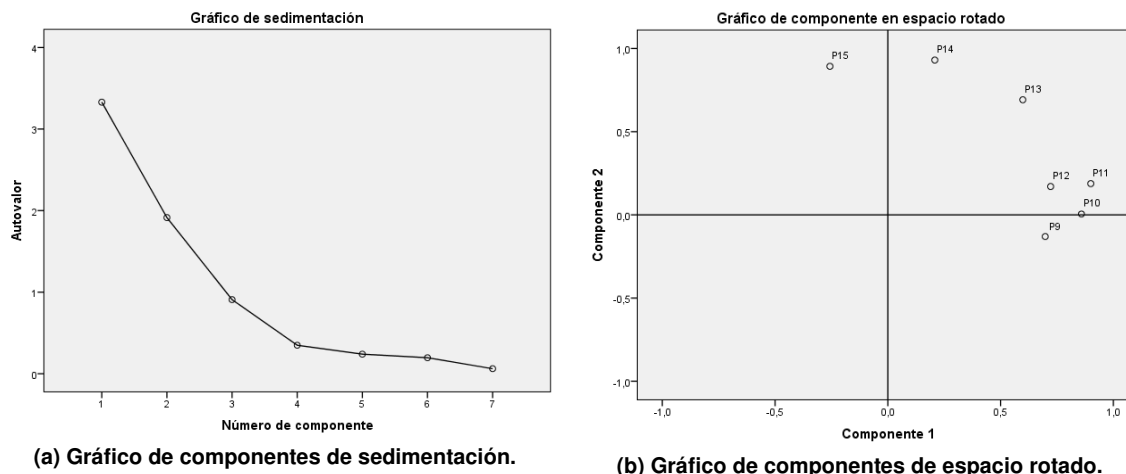


Figura 11. Gestión de Procesos.

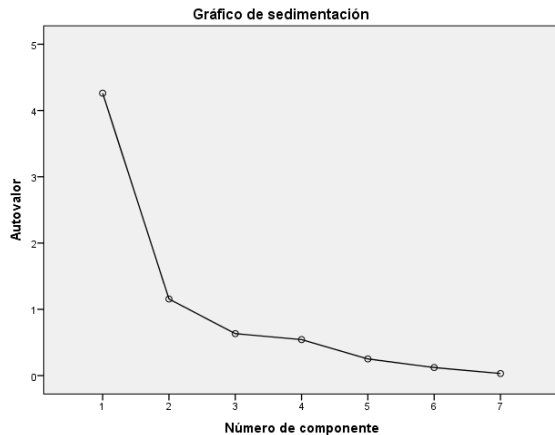
3.4.4. Análisis Factorial Exploratorio del ítem de Entorno de la Organización

Tabla 8. Prueba de KMO / Bartlett para entorno de la organización.

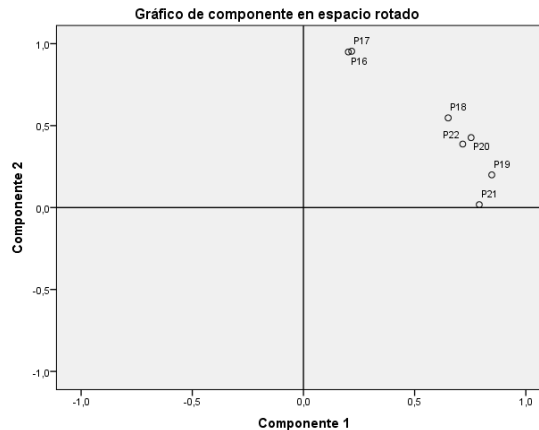
Prueba de KMO y Bartlett	
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo	,727
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado
	88,462
	gl
	21
	Sig.
	,000

Tabla 9. Método de extracción. Análisis de componentes principales para entorno de la organización.

Componente	Varianza total explicada								
	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	4,261	60,877	60,877	4,261	60,877	60,877	2,934	41,921	41,921
2	1,156	16,516	77,393	1,156	16,516	77,393	2,483	35,472	77,393
3	,633	9,047	86,440						
4	,544	7,765	94,205						
5	,252	3,596	97,801						
6	,122	1,740	99,541						
7	,032	,459	100,000						



(a) Gráfico de componentes de sedimentación.



(b) Gráfico de componentes de espacio rotado.

Figura 12. Entorno de la Organización.

4. Conclusiones

El modelo puede servir como base y condiciones para que empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI) gestionen la calidad o puedan postularse a reconocimientos de Calidad en el sector. O, en su defecto, como un primer paso hacia una certificación. El método propuesto permite a las organizaciones/instituciones obtener información de puntos de vista sobre el comportamiento del Modelo de Gestión de Calidad de SSI. También ayuda a explorar de forma sistemática y objetiva problemas que requieren la concurrencia y opinión cualificada.

La posibilidad de cambiar o adaptar el modelo subyacente al método hace que el horizonte de análisis pueda ser variado.

En cuanto a los parámetros analizados, se obtuvieron resultados que permiten concluir que el método utilizado presenta una fiabilidad y validez muy elevada, contrastada para todos los ítems, de manera general (coeficiente Alfa de Cronbach). La validez del instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende medir. Y la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento se puede estimar con el Alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el Alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. Cuanto más cerca se encuentre el valor del Alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los ítems analizados.

El número de consultas realizadas (variables, preguntas) de la muestra, es otro de los argumentos que permite asegurar la fiabilidad del método.

Cabe mencionar que existe una serie de elementos limitantes en este método como, por ejemplo, el número de preguntas; ya que es superior a la cantidad de empresas encuestadas, pero de todos modos los resultados obtenidos son muy satisfactorios. Si bien, no existe un criterio o norma definitiva sobre el número de sujetos necesario, en principio son preferibles muestras grandes porque el error típico de los coeficientes de correlación será menor. De esta manera disminuye también la probabilidad de que surjan factores casuales que no aparecerán en análisis sucesivos con otras muestras. La relación que suele aconsejarse es de 300 a un mínimo de 150-200 sujetos, con un Ratio de 10 o 5 individuos por variable.

De acuerdo a los resultados, se concluye que el factor importante para la aplicación del método es la cooperación de los actores internos y externos de las distintas organizaciones encuestadas, ya que, del compromiso general y particular, como así también de la impronta individual en el momento de contestar la encuesta, surgen los parámetros analizados, dando lugar a la transparencia para llevar a cabo la aplicación del método.

Como continuación del trabajo se está trabajando en la automatización del método, para lo cual se requiere tener conocimiento de análisis cuantitativo de datos para el tratamiento de la información y de alguna planilla de cálculo o software específico de estadística para procesar los datos, esta automatización acortaría los tiempos de ejecución del método propuesto.

5. Referencias

- [1] "Cámara de la Industria Argentina de Software, <http://www.cessi.org.ar/opssi>," 2018.

- [2] "Asociación Española para la Calidad <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/modelos-de-calidad>," 2018.
- [3] M. C. Gette, "Modelo de Gestión de la Calidad Orientado a Empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI) de la República Argentina," Maestría, Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, U.N.S.S.L, San Luis, 2017.
- [4] P. R. Rosenbaum and D. B. Rubin, "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects," *Biometrika*, 70, 1, pp. 41-55, 1983.
- [5] G. Imbens and T. Lemieux, "Regression Discontinuity Designs: A Guide to Practice," *Journal of Econometrics*, 142., pp. 615-635, 2008.
- [6] A. Abadie, "Semiparametric Difference-in-Differences Estimators," *The Review of Economic Studies*, Volume 72, Issue 1, pp. 1-19, 2005.
- [7] E. Duflo, R. Glennerster, and M. Kremer, "Using Randomization in Development Economics Research: A Toolkit," *Handbook of Development Economics*, pp. 3895-3962, 2007.
- [8] J. Ludwig, J. Kling, and S. Mullainathan, "Mechanism Experiments and Policy Evaluations," *Journal of Economic Perspectives*, 2011.
- [9] N. Debnath, C. Salgado, M. Peralta, M. Berón, D. Riesco, and G. Montejano, "MEBPCM: A Method for Evaluating Business Process Conceptual Models. A Study Case.," presented at the Ninth International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), Las Vegas, Nevada, USA, 2012.
- [10] L.-C. Huang and R. Y.-H. Wu, "Applying fuzzy analytic hierarchy process in the managerial talent assessment model – an empirical study in Taiwan's semiconductor industry.," *International Journal of technology Management*, vol. 30, pp. 105-130, 2005.
- [11] X. Wang and E. Triantaphyllou, "Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods.," *Omega*, pp. 36:45-63, 2008.
- [12] L. A. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning.," *Information Sciences*, pp. 199-249(I), 301-357(II), 1975.
- [13] R. Bellman and L. Zadeh, "Decision making in a fuzzy environment.," *Management Science*, pp. 17B(4):141-64., 1970.
- [14] H. Zimmermann, "Fuzzy set theory and its applications.," 2nd Edition. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [15] N. Debnath, C. Salgado, M. Peralta, D. Riesco, L. Baigorria, and G. Montejano, "A Fuzzy Logic-based Method to Evaluate the Quality of Business Process Models," in *32nd International Conference on Computers and Their Applications: CATA 2017*, Honolulu, Hawaii, USA, 2017.
- [16] J. Landeta, *El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre.*. Barcelona: Ariel, 1999.
- [17] G. J. Posadas Fernandez, "Elementos básicos de estadística descriptiva". San Luis amigo., 2016.
- [18] J. A. González Alonso and M. Pazmiño, "Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert," *Publicando*, vol. 2(1), pp. 62-77, 2015.
- [19] P. Morales, "El análisis factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas & cuestionarios.," Madrid. <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/AnalisisFactorial.pdf> 2013.
- [20] M. Gette, A. Sanchez, C. Salgado, and M. Peralta, "Un Modelo de Gestión de la Calidad orientado a Empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI) de la República Argentina," in *5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistemas de Información CoNaIISI 2017.*, 2017.
- [21] H. A. Linstone and M. Turoff, "The Delphi method: Techniques and applications," pp. 3. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company., 1975.
- [22] J. Cabero and A. Infante, "Empleo del Método Delphi y su Empleo en la Investigación en Comunicación y Educación.," *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa.*, vol. 48, 2014.
- [23] S. Welch and j. Comer, *Quantitative Methods for Public Administration: Techniques And Applications.*. USA: Books/Cole Publishing Co., 1988.
- [24] D. George and P. Mallery, *SPSS/PC+step by step: a simple guide and reference.* : Wadsworth Publishing Co. Belmont, CA. EEUU., 2003.
- [25] J. Pallant, *Spss survival manual.*: Mc Graw-Hill. Berkshire. England, 2010.
- [26] P. Morales, "El análisis factorial en la construcción e interpretación de tests, escalas y cuestionarios. Madrid.," 2013.

Medición, Monitoreo y Evaluación de la Calidad de los Productos de Software y los Servicios de Tecnología Basado en ISO 25000

Elizabeth Jeinson, Cecilia Massano, Carlos Salgado, Alberto Sanchez, Mario Peralta
Departamento de Informática Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y
Naturales Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950 – C.P. 5700 – San Luis – Argentina
e-mail: {ejeinson, ceciliamassano}@gmail.com, {csalgado, mperalta, asanchez}@unsl.edu.ar

Resumen

En las organizaciones en las que se desarrolla y se operan los productos de software y servicios de tecnología, es fundamental evaluar y medir su calidad, no sólo para liberarlos a producción, sino también, durante la operación. Por esto, el objetivo de este trabajo plantea una forma sistemática y repetible para evaluar y medir la calidad de los productos y servicios. Así será posible identificar los problemas y darles solución. Los estándares de ISO/IEC son reconocidos en los ámbitos académicos y en la industria. Se elaboran y revisan en equipos colegiados multinacionales, evolucionan, se mantienen y se mejoran a lo largo del tiempo. Por esta razón, se definió tomarlo como base para evaluar, medir y monitorear la calidad de los productos de software y servicios de tecnología. En particular, ISO/IEC 25000 ha liberado los distintos estándares que la componen en los últimos años, contemplando la idea de servicios de tecnología, algo que en versiones anteriores estaba circunscripto a producto de software [1].

Los servicios de tecnología están compuestos por múltiples componentes que, en adelante, se denominarán elementos de configuración, entre ellos los productos de software. Un aporte distintivo de este trabajo es vincular a los requerimientos de calidad esperada a aquellos servicios e ítems de configuración relacionados de manera que se permita accionar sobre ellos para efectuar la mejora. En segundo lugar, publicar los resultados obtenidos de la medición, monitoreo y la evaluación en términos que la audiencia interesada pueda verificar su satisfacción mediante indicadores semaforizados.

Palabras Clave: Calidad de Servicio TI, Calidad de Producto, Elementos de Configuración, Satisfacción del Cliente, Indicadores.

1. Introducción

En la industria del software, la necesidad de demostrar que la construcción de productos de calidad es una realidad constante, es un factor de competitividad fundamental. De la misma manera, los sectores de la industria dedicados a la prestación de servicios están trabajando en pos de prestar servicios de calidad.

Las empresas que se dedican a la prestación de servicios, y organizaciones que cuentan con áreas de sistemas dedicadas a brindar servicios a otras áreas, dirigen sus esfuerzos a brindar servicios de calidad a partir de la aplicación de algunos modelos de calidad conocidos en la industria. Por citar algunos, ISO 20000 [2] e ITIL [3], CMMI Services [4], son ejemplos de modelos que tienen por objetivo establecer un marco de trabajo que asegure la calidad de los servicios prestados por una entidad. Sin embargo, es fundamental destacar la necesidad de no perder de vista la calidad de los productos que dan soporte a estos servicios.

La ISO/IEC 25000:2005 [5] es la serie SQuaRE (Systems and software Quality Requirements and Evaluation) que presenta modelos de calidad con el objetivo de conformar un marco para la especificación, medición y evaluación de la calidad del software. Esta serie define la **calidad de software** como “el grado con el cual un producto de software satisface las necesidades establecidas e implícitas cuando es utilizado bajo condiciones determinadas” [1]. Esta acepción difiere con la definición de calidad de la ISO 9000, donde se hace referencia a la calidad como “aquello que cumple con los requerimientos” [6]. La idea de “necesidades establecidas e implícitas”, pone en juego la importancia que ha ido adquiriendo el uso del sistema, su ejecución y operación. La serie SQuaRE está dedicada sólo a la calidad de sistemas y productos de software y se diferencia de las series 9000 que manejan la Gestión de Calidad de los procesos. Un interés transversal, que es parte de los objetivos de todas las series, es mejorar la **satisfacción del cliente** con los productos y servicios que en la serie 25000 está determinado por la idea de “alineación con la definición de calidad de los clientes” [1].

El concepto de **producto de software** de las ISO sigue siendo un conjunto de programas de computadoras, procedimientos y probable documentación e información asociada [1]. Sin embargo, todas las definiciones aplican, no sólo a productos de software, sino que se extienden a los “sistemas” (de computadoras) haciendo referencia al producto y/o a los servicios que éste provee. El alcance de los modelos definidos en los estándares está determinado sobre los productos y sistemas de software. En este sentido, el estándar aclara explícitamente que la mayoría

de las características son relevantes para sistemas mayores y **servicios**.

Estos modelos de calidad se enfocan en los objetivos de los sistemas de computadoras que están conformados por productos de software, software de base, hardware, sistemas de comunicaciones, usuarios directos e indirectos, datos y contextos de uso [1]. Establecen modelos para todas estas unidades que conforman el servicio, definiéndolos como “componentes del servicio” o “**elementos de configuración**” [2]. Estos elementos de configuración que componen los servicios pueden ser visualizados en una Base de Datos de Gestión de Configuración (CMDB por su sigla del inglés Configuration Management Database). Una CMDB es un repositorio de los ítems de configuración y sus relaciones. Permite establecer cómo está compuesto un servicio, y qué componentes y productos de software son necesarios para lograr la satisfacción del cliente.

ITIL, en su versión 2011 plantea la necesidad de generar y mantener una CMDB [7]. A partir de establecer los elementos de configuración que conforman un servicio, y las relaciones entre ellos, se establece la relación que existe entre la calidad de los servicios y los productos de software y demás elementos de configuración que lo componen.

Se han identificado trabajos publicados que utilizan los modelos de calidad de ISO/IEC en general, y en particular la serie ISO/IEC 25000, con el foco en calidad de producto y proceso [8], pero no en servicios. Además, se han encontrado trabajos que referencian la medición del desempeño con relación a la percepción del servicio, pero circunscripto a casos de servicios en la nube [9] y no de servicios en general. Además, existen estudios que abordan la percepción del usuario con indicadores de calidad. Estos estudios proponen la composición con pesos relativos de atributos de calidad, haciendo foco únicamente en las características del modelo de calidad en uso, y no del modelo de calidad de producto [10].

Desde este punto de vista, en el grupo de trabajo se está enfocando en las temáticas de medición de la satisfacción del cliente interno de una organización/institución [11]; y en la construcción y mantenimiento de una CMDB para áreas de informática internas de empresas de servicios [12], [13]. En este sentido, presentamos una propuesta para medir la calidad de los productos de software y servicios valiéndonos de los modelos de la norma ISO/IEC 25000:2005, a partir de la medición y evaluación de los elementos de configuración que componen los servicios, entre los que se incluyen como elemento fundamental, los productos de software.

Este trabajo presenta inicialmente un marco teórico en el cual fundar la hipótesis. Luego introduce una propuesta para evaluar, medir y monitorear productos de software y servicios de tecnología. En el apartado 4 se presenta el

caso de estudio en el que se basan las conclusiones expuestas al final.

2. Marco teórico: normas y modelos de calidad de productos de software y servicios

Este trabajo tiene en sus bases las siguientes normas y modelos de calidad de productos y servicios de software.

2.1. ISO/IEC 25000

La serie SQuaRE de ISO/IEC presenta cinco divisiones:

- 2500n Gestión de la Calidad, que se ocupa de las generalidades, términos y definiciones, guías y actividades de soporte para la gestión.
- 2501n Modelos de Calidad, presenta los modelos en forma detallada y guías de uso prácticas para su aplicación.
- 2502n Medición de la Calidad, incluye un modelo de medición referencia para productos de software, definiciones y ejemplos. Se encuentra en desarrollo pero aún en forma muy preliminar la ISO/IEC 25025 para la medición de calidad de servicios.
- 2503n Requerimientos de Calidad, que propone requerimientos de calidad para utilizar en el proceso de elicitación.
- 2504n Evaluación de la Calidad, muestra guías y recomendaciones para la evaluación de productos de software.

La serie que se enfoca en los modelos propone los siguientes:

- Calidad de Producto (ISO/IEC 25010:2011)
- Calidad de Servicios (ISO/IEC 25011:2017)
- Calidad en Uso (ISO/IEC 25010:2011)
- Calidad de Datos (ISO/IEC 25012:2008)

La estructura de estos modelos de calidad se basa en categorizar la calidad de un producto en características. Estas características pueden, a su vez, desglosarse en sub-características. Se genera, así, una descomposición jerárquica que proporciona una visión abarcadora respecto a la calidad del producto. El modelo aclara que, si bien el agrupamiento pretende ser representativo de una idea de calidad, puede no ser exhaustivo ni único. Es decir, distintas características, pueden superponerse al concepto de calidad que están interpretando. Cada característica o sub-característica debe tener una o más propiedades de calidad que sean mensurables. ISO/IEC distingue propiedades internas, a las que caracteriza como mediciones internas o estáticas de productos intermedios, de lo que denomina propiedades externas, que miden el comportamiento del producto en ejecución. Luego, identifica las propiedades de calidad en uso, que son aquellas que capturan la percepción del usuario cuando

experimenta el uso real o simulado del producto o sistema en cuestión.

El modelo de Calidad de Servicios se publicó recientemente y aún no avanzó con la cuantificación de los atributos.

El modelo de calidad de datos trabaja sólo a nivel de características (sin sub-características). Las categoriza como inherentes a los datos o inherentes al sistema. No se trabaja con este modelo ya que todas las categorías inherentes al sistema están contempladas en características del producto. Mientras que, aquellas relacionadas intrínsecamente a los datos, se superponen con atributos que se evalúan en la característica de Seguridad.

El modelo de medición de la calidad de software propuesto por ISO/IEC (Figura 1) define algunos conceptos:

Método de medición: secuencia lógica de operaciones utilizada para cuantificar propiedades con respecto a una escala especificada.

Elemento de medición de calidad: es el resultado de aplicar un método de medición.

Función de medición: un algoritmo utilizado para combinar elementos de medición de calidad.

Medida de la calidad de software: es el resultado de aplicar una función de medición.

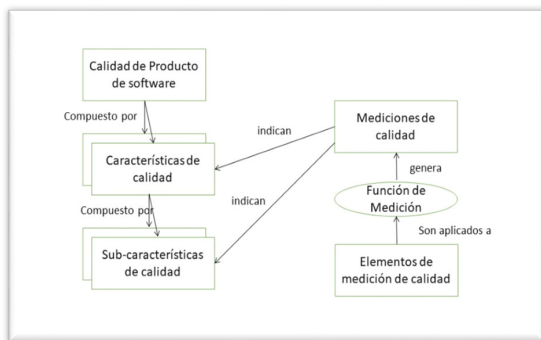


Figura 1. Modelo de referencia de ISO25010:2011 para la medición de productos y servicios de software [1]

Las características y sub-características de calidad se pueden cuantificar aplicando funciones de medición. De esta forma, las medidas de calidad del software se convierten en cuantificaciones de las características y sub-características de calidad. Se puede usar más de una medida de calidad del software para medir una característica de calidad o sub-característica.

La evolución de ISO/IEC 9126-1:2001 a ISO/IEC 25011:2011 revela que hay algunos aspectos de calidad que la comunidad ha debido reconocer como fundamentales a la hora de caracterizarlos para tener un marco de trabajo representativo. En el caso del modelo de Calidad en Uso, el estándar de 2001 era una estructura sencilla de 4 categorías: Efectividad, Eficiencia,

Confianza y Satisfacción, cuyo alcance era el **producto de software** y no especificaba sub-características [14]. En la nueva versión, se amplía el alcance a **sistemas** (incluyendo la infraestructura que le da soporte a la ejecución de los productos). Esto claramente se refleja en las definiciones de las características como: “*la medida en que el producto o sistema...*” en lugar de hablar de “*capacidad del producto*”. Además, la nueva serie divide la categoría “Confianza” en dos categorías: “Libre de riesgo” y “Cobertura de Contexto”. Cada una de estas categorías y la categoría “Satisfacción” cuentan con subcategorías. Las sub-características de Satisfacción (utilidad, confianza, placer, confort), tienen como objetivo contemplar la satisfacción del cliente en su interacción con el sistema, todos aspectos basados en su percepción al momento de la ejecución en un entorno determinado. Otro aspecto central que distingue la ISO/IEC evolucionada de la anterior es que surge el término “interesado” (stakeholder) [1]. Si bien ISO/IEC no utiliza el término “cliente” en estos estándares, la idea detrás de esta incorporación tiene que ver con que los requerimientos de calidad de un producto o un sistema no pueden circunscribirse estrictamente al “usuario” como estaba planteado anteriormente. El interesado se define en la norma ISO/IEC 25010 como un individuo u organización que tiene derecho, comparte, reclama o tiene interés en un sistema o en la posesión de características que cumplan con sus necesidades y expectativas. Esta idea, en forma conjunta con la extensión de categorías relacionadas a la satisfacción del cliente, indican que no alcanza con la percepción del que usa el sistema, sino también de quién lo patrocina, lo construye, lo prueba, lo necesita como parte de su negocio, asignando ahora una mirada multidimensional sobre las necesidades de calidad. En este sentido, para el modelo de Calidad en Uso, el estándar reconoce tres tipos de usuario:

1. Usuario primario: la persona que interactúa con el sistema para cumplir objetivos primarios.
2. Usuarios secundarios: aquellos que dan soporte al uso del sistema (proveedores de contenidos, administradores del sistema, administradores de la seguridad del sistema, personas que mantienen el sistema, lo analizan, lo instalan).
3. Usuario indirecto: persona que recibe salidas del sistema, aunque no interactúe directamente con él.

En el caso del modelo de Calidad de Producto, aplican las mismas consideraciones respecto del alcance. Respecto de la estructura del modelo, el viejo estándar ya presentaba sub-características. Sin embargo, surgen nuevas características: **Compatibilidad** -que agrupa sub-características antes presentes en las características Funcionalidad y Portabilidad- y jerarquiza la subcategoría de **Seguridad** -que antes estaba clasificada dentro de Funcionalidad- como una categoría en sí misma con cinco subcategorías, respondiendo a una realidad donde la seguridad de la información es cada vez más crítica.

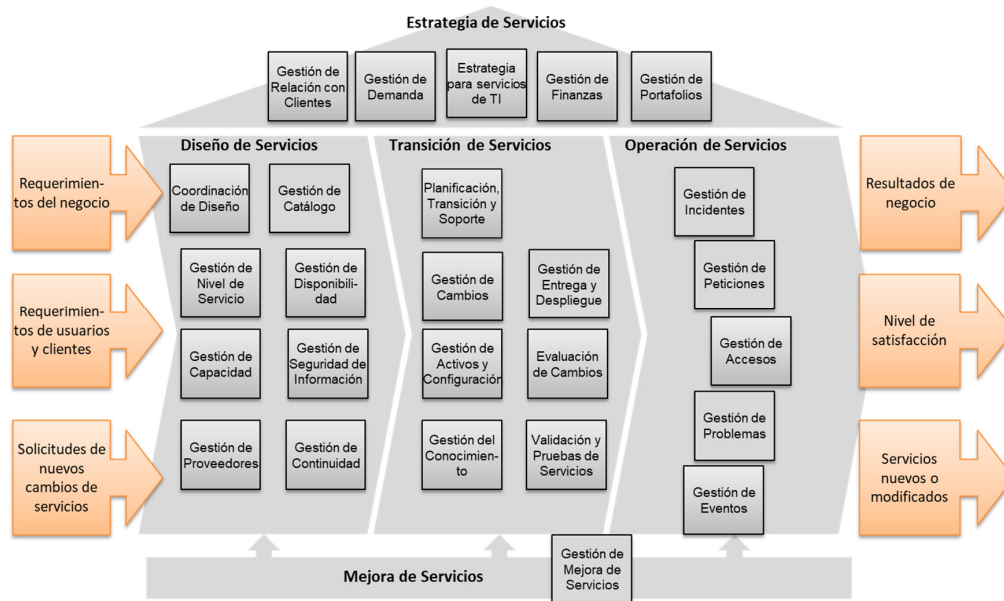


Figura 2. Itil V 2011

La categoría **Usabilidad**, incorpora algunas nuevas sub-características: “Protección ante errores del usuario”, “Interface de usuario estética” que muestran influencias de definiciones de las disciplinas de Experiencia de Usuario e Interacción Humano Máquina [15]. También suma la sub-característica “Accesibilidad” tomando en cuenta los usuarios con capacidades diferentes cuya realidad está siendo visibilizada desde hace algunos años [16].

El estándar advierte que esta categoría puede especificarse y medirse directamente por el conjunto de categorías y subcategorías identificadas en el modelo de Calidad en Uso.

2.2. ITIL 2011

Este modelo comienza a surgir en los años '80. En el año 1989 aparece la primera versión del modelo. La versión 2 surge en 2001, y en 2007 la versión 3. La versión actual es la versión 2011 [17].

El modelo asume que los servicios deben estar alineados a las necesidades del negocio y dar soporte a sus principales procesos. Provee una guía de mejores prácticas de la industria a individuos y organizaciones para utilizar las tecnologías como una herramienta para facilitar los cambios de negocio, transformaciones y crecimiento (T. del A.) [18]. Estas mejores prácticas se describen en un conjunto de 5 libros. Para acreditar que un individuo está calificado para utilizar el esquema de trabajo propuesto por ITIL existen un conjunto de evaluaciones que validan esto. En el esquema de la Figura 2 se presenta el contenido de ITIL en su versión 2011. Puede consultarse [19] para mayor detalle respecto a qué significa cada proceso.

Esta es la propuesta de los aspectos a medir en un servicio para el modelo ITIL:

- **Disponibilidad de los servicios:** medición respecto a si el servicio puede ser accedido y utilizado en tiempo y forma en el momento en que debe estar operativo.
- **Capacidad de los servicios:** medición respecto a si el servicio soporta la demanda a un nivel de calidad especificado.
- **Seguridad de los servicios:** permite determinar si la entrega y soporte del servicio no ponen en riesgo los activos de una organización, y si existe algún riesgo, establece su grado de impacto.
- **Continuidad de los servicios:** medición del grado en que el servicio cuenta con mecanismos de contingencia y recuperación ante una situación de indisponibilidad.

Estos conceptos son las denominadas *garantías* de los servicios. El grado de cumplimiento de estas garantías nos debe dar información respecto a si nuestro servicio es entregado con calidad [7].

Por otro lado, ITIL plantea que las utilidades de los servicios están vinculadas a los requerimientos de funcionalidad, es decir que su cumplimiento se establece a partir de la medición respecto al grado de acercamiento de los servicios a las necesidades del cliente.

2.3. ISO 20000

Otro modelo de referencia es el estándar de la norma ISO/IEC 20000-1. La norma plantea un conjunto de 13 (trece) procesos para gestionar los servicios de Tecnologías de la Información (TI) [2], (Figura 3).

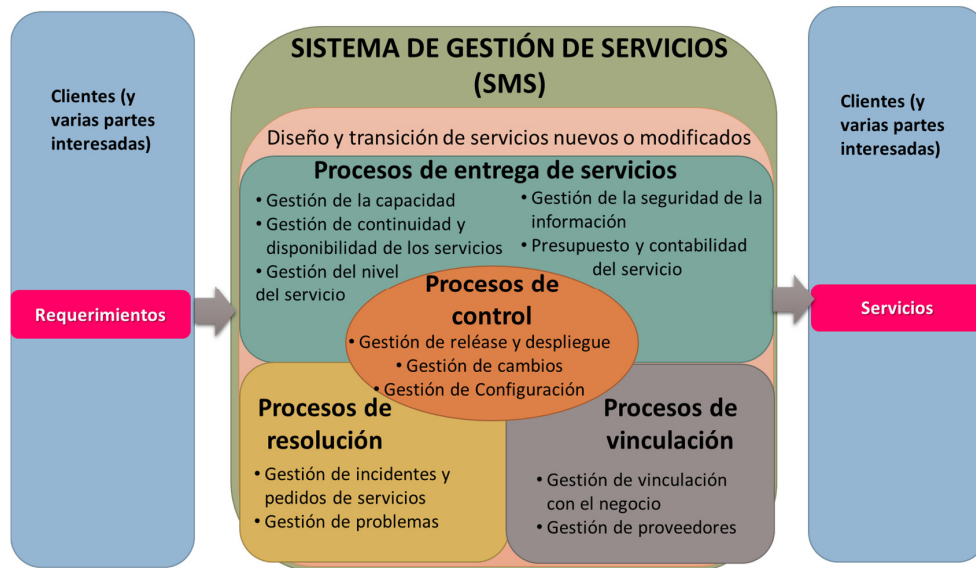


Figura 3. Norma ISO/IEC 20000

2.4. CMMI Service 1.3

Finalmente, el modelo CMMI Services es otra base conceptual para el presente trabajo. CMMI, en su versión 1.3, incluye una nueva constelación, ya incluida en la versión 1.2. Sumada a las constelaciones de desarrollo y de adquisición, surge la constelación de servicios. Manteniendo la idea de proponer un modelo para la mejora de procesos, suma la mejora de los procesos para la entrega de servicios. CMMI Service presenta una guía para elaborar y entregar servicios a clientes específicos [4].

2.5. GOCAME – C-INCAMI

Este trabajo propone utilizar GOCAME (Goal-Oriented Context-Aware Measurement and Evaluation) que es un modelo de estrategia para los dominios de medición y evaluación para productos y servicios de software. Además, la estrategia, presenta un marco conceptual C-INCAMI (Contextual-Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicator) [20] que nos provee la ontología, uniformidad terminológica, la consistencia y la verificabilidad de su proceso y especificaciones que necesitamos. Dicho marco conceptual es mostrado en la Figura 4.

3. Propuesta: evaluar, medir y monitorear la calidad de los productos de software y servicios a partir de la Norma ISO 25000

Se presenta la propuesta a partir de un metamodelo.

Tomando como base la propuesta de Becker, Olsina y Papa en [20], el metamodelo planteado se muestra en la Figura 5.

A continuación, se definen los componentes del metamodelo propuesto de acuerdo a la ontología C-INCAMI y su evolución en modelos posteriores que han desarrollado los autores, vinculando objetivos de negocio y acercándose más al glosario ISO/IEC [21].

• Requerimientos de medición de productos y servicios de software:

Característica / sub-característica (sinónimos: concepto calculable, dimensión, factor): Representan un requerimiento no funcional [21]. Las características y sub-características se corresponden con las propuestas por el estándar de la ISO/IEC 25010 de Calidad de Producto. Las características son: cobertura funcional, eficiencia de desempeño, compatibilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad, usabilidad, portabilidad.

Propiedad medible (sinónimo: atributo): propiedad mensurable física o abstracta asociada a una Categoría de Elementos de Configuración (sinónimo: Categoría de Entidad) [21]. El valor que asume luego de una actividad de medición, esta propiedad indica la calidad de la característica. Esto está establecido en la Figura 1. Modelo de referencia de ISO25010:2011 para la medición de productos y servicios de software

Elemento de configuración (sinónimo: entidad, objeto concreto): Cualquier componente o activo que debe ser administrado para entregar un servicio [21].

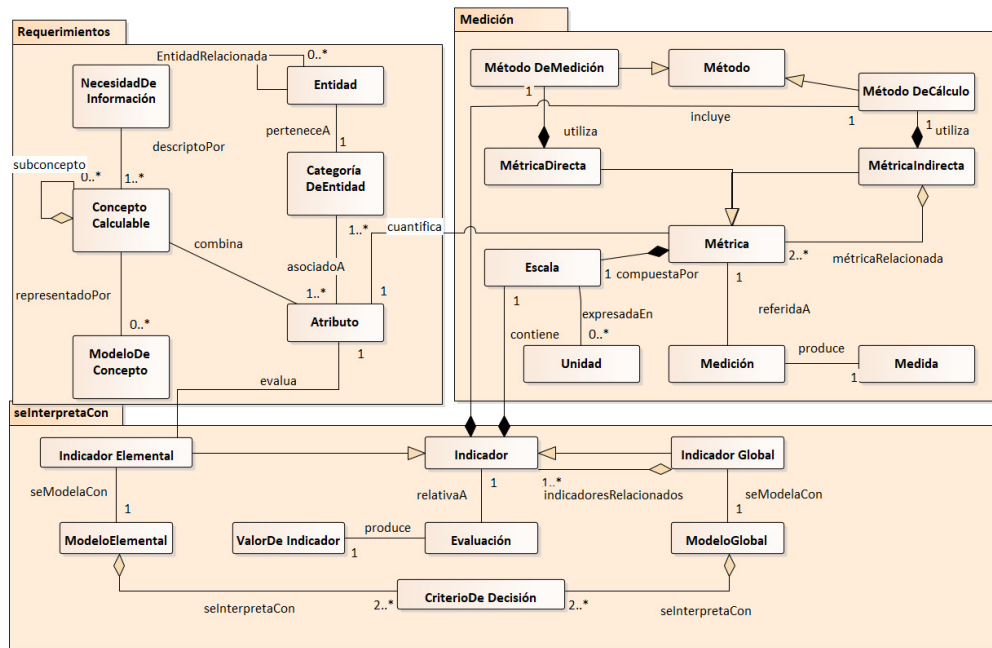


Figura 4. C- INCAMI Marco conceptual

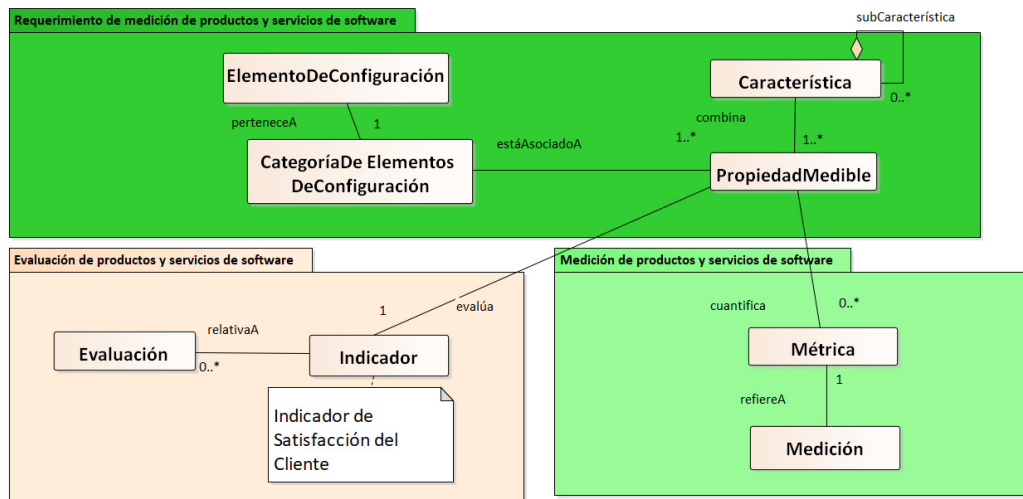


Figura 5. Metamodelo para medir calidad de productos y servicios de software

La información sobre cada elemento de configuración es documentada en un registro de configuración con un Sistema de Gestión de Configuración y mantenida durante su ciclo de vida. Los elementos de configuración están bajo la administración de control de cambios. Incluyen servicios, hardware, software, personas y documentación formal como la documentación del proceso y los acuerdos de servicio (T. del A.) [3]. Los elementos de configuración forman una estructura de configuración, es decir jerarquías

y otras relaciones entre todos los elementos de configuración que comprometen una configuración (T. del A.) [3].

Se hace referencia a relación como un vínculo entre dos elementos de configuración que se identifica como una dependencia o conexión entre ellos. Por ejemplo, un servicio tiene vínculos con todos los elementos de configuración que contribuyen con el servicio (T. del A.) [3]. Un servicio puede tener vínculo directo con los

elementos de configuración que contribuyen con la prestación del servicio, o indirecto. El vínculo es indirecto cuando es a partir de la relación con un ítem de configuración intermediario. Por ejemplo, un elemento de configuración A, que tiene una relación directa con el elemento de configuración B, que tiene a su vez una relación con un elemento de configuración C. Entonces el elemento de configuración C tiene una relación indirecta con el elemento de configuración A.

Categorías de elementos de configuración (categoría de entidad): relaciona los elementos de configuración con las propiedades medibles y las características [21]. Además, los elementos de configuración se agrupan en categorías y son representativas de ese conjunto a través de propiedades comunes de medición.

Los diferentes modelos y estándares como ITIL 2011 [3], CMMI Services [4] e ISO 20000 [2] plantean la necesidad de clasificar los elementos de configuración en pos de lograr una mejor administración, entre otros motivos para definir de manera homogénea los atributos de cada clasificación de ítems de configuración. En la industria, las herramientas que permiten la gestión de elementos de configuración y la generación de una CMDB, configuran, según las necesidades de la organización, las categorías a utilizar. Sin embargo, siempre proveen una propuesta por defecto que los usuarios pueden modificar. En base a las propuestas de herramientas reconocidas de la industria, impulsadas por empresas como Microsoft [22], Hewlett-Packard [23], CA Technologies [24], y en función de las definiciones de ITIL 2011 [3], se propone una clasificación de los elementos de configuración centrada en las necesidades detectadas para empresas de servicios con áreas de Sistemas (Tabla 1).

- **Medición de productos y servicios de software:**

Medición: Conjunto de actividades cuyo objetivo es determinar un valor asignable a una propiedad medible [1].

Métrica: especificación de cómo cuantificar la propiedad medible de un ítem de configuración [1].

- **Evaluación de productos y servicios de software:**

Indicador: especifica cómo calcular e interpretar las propiedades medibles y verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad. Por ejemplo: indicador de satisfacción del cliente [20].

Evaluación: actividad de realizar los cálculos para obtener un valor de indicador [20].

Tabla 1. Categorías de elementos de configuración

Categorías de elementos de configuración	
Productos de software	Cualquier aplicación que puede ser utilizada directa o indirectamente por un usuario para obtener un servicio. Conjunto de componentes de software que forman estas aplicaciones.
Servidores	Hardware sobre el que se ejecutan los productos de software. Incluye servidores de base de datos, aplicaciones, web, de archivos.
Redes	Conjunto de elementos que permiten la conexión entre distintos servidores y productos de software a través de cableado o wifi. Ejemplos de esta categoría son routers, switches, modems.
Infraestructura	Conjunto de elementos como generadores eléctricos, ups, racks, que dan soporte a otros elementos de configuración en pos de asegurar la disponibilidad de los servicios.
Telefonía	Elementos de configuración vinculados a los servicios de telecomunicaciones, como teléfonos y cableado ip.
Base de Datos y Almacenamiento	Bases de datos y discos de almacenamiento que aseguran el resguardo de información.
Servicios de proveedores	Productos de software, disponibilidad como servicio que brinda una empresa externa, a través de web services, APIs u otra forma de exposición de servicios.

En función de lo descrito previamente, se proponen tres actividades bien definidas: (i) especificar requerimientos funcionales y no funcionales que describen el comportamiento esperado de los servicios de software y tecnología; (ii) establecer y ejecutar mediciones que puedan verificar el cumplimiento de estos requerimientos; y (iii) evaluar los resultados obtenidos con un indicador semaforizado que permita ubicar el valor obtenido en forma evolutiva con el paso del tiempo. A continuación, se detalla cada una de estas actividades.

3.1. Especificar los requerimientos de manera medible y verificable.

Definir propiedades medibles para las características establecidas por ISO 25000, indicando su unidad de medida. La recomendación es trabajar a nivel de característica y no de sub-característica, ya que, en la práctica, muchas veces las propiedades asignables se superponen entre sub-características, como explica el modelo de calidad de ISO 25000. Como aporte se suma el vínculo con aquellas categorías de elementos de configuración (EC) que, luego de una investigación de campo, establecemos como aquellos elementos de configuración factibles de ser medidos para determinar la

calidad de un producto de software y los servicios de los que forma parte. Cada organización debe establecer qué características considera importante medir para su negocio, aunque es un buen ejercicio intentar tener definida al menos una propiedad para cada una en función de cubrir todos los aspectos que abordan la calidad del producto y/o servicio de software. Respecto de los valores esperados, es importante consultar a los interesados (*un individuo u organización que tiene derecho, comparte, reclama o tiene interés en un sistema o en la posesión de características que cumplan con sus necesidades y expectativas [1]*) y consensuar un conjunto de valores con el que se sientan todos identificados. Se hace referencia a un conjunto de valores ya que son los que luego se asignan a la semaforización: *verde* el valor hasta el que se considera óptimo, *amarillo* valor (o rango de valores) aceptable pero que alerta necesidad de mejora, *rojo* valor

a partir del cual se considera degradado el servicio. Hay propiedades que sólo se pueden evaluar en forma binaria: cumple o no cumple. Esto se representa con *verde* y *rojo*. La propuesta se basa en el consenso, ya que los involucrados vinculados a los usuarios y el cliente en general pueden expresar expectativas de calidad que no tienen relación con la infraestructura disponible. En ese sentido, es necesario hacer un trabajo de alinear los requerimientos entre todos y a la luz de los resultados evaluar las mejoras necesarias.

A continuación, la Tabla 2 muestra un ejemplo relacionado al caso de estudio planteado, donde definimos las propiedades medibles para cada característica y las vinculamos con las categorías de elementos de configuración sobre los que se pueden realizar las mediciones.

Tabla 2. Especificación de características de calidad de productos y servicios de software

Característica/ Subcaracterísticas	Propiedad medible/Unidad de medida	Categoría de EC
Cobertura Funcional: -Completitud funcional -Corrección funcional -Pertinencia funcional	<i>Éxito de pruebas de usuario</i> : % de pruebas exitosas, cantidad de defectos	Aplicaciones Servicios de proveedores
Eficiencia de Desempeño (Performance): -Comportamiento temporal -Utilización de recursos -Capacidad	<i>Tiempo de respuesta</i> : Segundos, milisegundos, horas. <i>Utilización de recursos</i> : % libre sobre el total. % utilizado sobre el total. <i>Capacidad</i> : Memoria, ancho de banda, espacio en disco: Kb, Mb, Gb, Tb. <i>Usuarios concurrentes</i> : Cantidad de usuarios.	Servidores Base de datos Almacenamiento Aplicaciones Servicios de terceros
Compatibilidad: -Coexistencia -Interoperatividad	<i>Compatibilidad con otros productos</i> : Cantidad de tecnologías compatibles. <i>Interfaces</i> : Cantidad de servicios que acceden a servicios de terceros u otras aplicaciones.	Servidores Aplicaciones Servicios de proveedores Telefonía
Fiabilidad: -Madurez -Disponibilidad -Tolerancia a fallas -Capacidad de recuperación	<i>Disponibilidad</i> = $((a-b)/a) \times 100\%$ a – horas comprometidas de disponibilidad b - Número de horas fuera de línea (corresponde a las horas de “caída del sistema” durante el tiempo de disponibilidad comprometido). <i>Tolerancia a Fallas</i> : tiempo, porcentaje del total de la operación. <i>Capacidad de recuperación</i> : tiempo, porcentaje del total de la operación.	Servidores Redes Base de datos Almacenamiento Software Servicios de proveedores Telefonía Infraestructura
Seguridad -Confidencialidad -Integridad -No repudio -Autenticidad -Responsabilidad	<i>Autenticidad</i> : existencia tipo de autenticación, algoritmo de identificación. <i>No repudio</i> : existencia de log de auditoría. <i>Integridad y confidencialidad</i> : cumplimiento de alguna norma o legislación.	Software Servicios de proveedores Base de datos
Mantenibilidad -Modularidad -Reusabilidad -Analizabilidad -Extensibilidad	<i>Esfuerzo/costo</i> : horas hombre promedio por cambio realizado. <i>Cantidad de módulos que se modifican</i> ante un pedido de cambios	Aplicaciones
Usabilidad: -Reconocimiento en adecuación -Aprendizaje -Operabilidad	<i>Tiempo de Entrenamiento requerido para utilizar el sistema</i> : horas. <i>Operabilidad</i> : cantidad de clicks para confirmar una operación, cantidad de scrolls para completar un	Aplicaciones Servicios de proveedores

Característica/ Subcaracterísticas	Propiedad medible/Unidad de medida	Categoría de EC
-Protección frente a errores -Estética -Accesibilidad	formulario. <i>Protección frente a errores:</i> % de errores <i>Satisfacción general:</i> Puntaje en encuestas de satisfacción	
Portabilidad -Adaptabilidad -Facilidad de instalación -Capacidad de ser reemplazado	- <i>Cantidad de entornos en donde es adaptable:</i> por ejemplo, navegadores y sistemas operativos. - <i>Tiempo de instalación:</i> horas. - <i>Tiempo de actualización de versión:</i> horas	Servidores Redes Base de datos Almacenamiento Software Servicios de proveedores Telefonía Infraestructura

3.2. Realizar la medición

Establecer, en forma periódica (de acuerdo con la característica y el EC), actividades de medición de las propiedades especificadas.

3.3. Evaluar resultados

Calcular los indicadores necesarios en base a las métricas obtenidas, instrumentar la semaforización y publicarlas para todos los interesados.

A partir de la tabla presentada, se establecen un conjunto de propiedades para medir las características asignables a categorías y elementos de configuración que conforman un servicio de TI, incluyendo los productos de software. Asumiendo que los servicios están soportados por un conjunto de elementos de configuración y sus relaciones, visualizados en una CMDB, las mediciones obtenidas de las propiedades de estos elementos de configuración permiten medir la calidad de un servicio y en qué medida satisfacen las expectativas de los usuarios, clientes y demás involucrados.

4. Caso de estudio

Se ha aplicado la propuesta en un área interna de sistemas de una empresa de servicios nacional en el rubro financiero con el objetivo de validarla en un ámbito concreto de la industria del software.

4.1. Especificar los requerimientos de manera medible y verificable.

Se identificaron más de 3000 elementos de configuración, vinculados a más de 40 servicios de TI. Aproximadamente el 50% de los servicios de TI cuentan con un diseño de CMDB, permitiendo identificar los elementos de configuración, incluyendo productos de software, que dan soporte a los servicios. A partir de la existencia de este diseño es factible realizar las mediciones propuestas.

Para determinar los indicadores, se trabajó con tres grupos de involucrados. El área de Atención al cliente, como cliente interno de este servicio, el equipo de calidad, que implementó el proyecto de diseño de servicios, y las

áreas de infraestructura tecnológica involucradas. Cada uno aportó su punto de vista específico: el área cliente, con la preocupación de brindar el mejor servicio de tecnología e información posible a sus usuarios, que son la cara visible de la empresa ante el cliente final. Por ello, y considerando que un cliente final insatisfecho tiene implicancias directas en la economía de la empresa, se estableció este servicio como uno de los servicios de mayor prioridad. Esto implica que los acuerdos de niveles de servicio son los más exigentes. Por otra parte, el área de calidad ofició, fundamentalmente, como nexo de comunicación entre las áreas de negocio y las áreas técnicas. Su rol era hacer accesible el lenguaje y la terminología velando por la correcta documentación de las definiciones. Las áreas de infraestructura tecnológica asesoraron respecto de la viabilidad de los objetivos propuestos, en función de su experiencia y del conocimiento de la infraestructura disponible y las características de los elementos de configuración que componen el servicio. Algunos ejemplos de indicadores definidos para el presente caso de estudio se muestran en la Tabla 3.

4.2. Realizar la medición

El proceso de medición ha ido evolucionando a lo largo del proyecto. En una primera etapa, se dio inicio al proyecto de gestión del área de sistemas como área prestadora de servicios, y se comenzó el diseño de estos servicios, incluyendo la definición de indicadores para monitorizar su estado. Mayormente se diseñaron monitores que se obtenían en forma manual, requiriendo de muchas horas de esfuerzo durante el mes anterior al que se publicaba. En la segunda etapa, se avanzó con la automatización de los monitores de 16 servicios a través de herramientas que permitieron conocer su estado en línea. En la siguiente etapa, finalizó el proyecto de diseño de servicios con todos los servicios para clientes internos y externos monitorizados con herramientas automatizadas, que permiten conocer el estado del servicio en línea. Finalmente, se logró que todos los proyectos que generen nuevos servicios requieran el diseño de monitores que permitan establecer el estado del servicio.

Tabla 3. Indicadores de calidad para servicios de atención al cliente y autogestión

Característica/ Subcaracterísticas	Indicador	Categoría de EC medidos
Eficiencia de Desempeño	<p>- Tiempo de respuesta: Desde una acción del usuario hasta la visualización del resultado.</p> <p>Valores esperados: La respuesta al usuario de atención al cliente de toda funcionalidad o transacción de negocio del módulo debe ser menor a 6 segundos.</p> <p>Semaforización: ● < 6 seg., ● >= 6 seg. y <10 seg. ● >= 10 seg.</p> <p>Forma de obtención: manual.</p> <p>Sesiones activas: Cantidad de sesiones activas.</p> <p>Valores esperados: Cantidad de sesiones activas dando respuesta a los usuarios en menos de 10 segundos.</p> <p>Semaforización:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● más de 3000 sesiones activas dando respuesta a los usuarios en menos de 6 segundos, ● entre 1500 y 3000 sesiones activas dando respuesta a los usuarios en menos de 6 segundos, ● menos de 1500 activas dando respuesta a los usuarios en menos de 6 segundos <p>Forma de obtención: Manual con información de herramienta de middleware.</p>	<p>Productos de software</p> <p>Servidores</p> <p>Base de datos</p> <p>Servicios de terceros</p>
Compatibilidad	<p>- Compatibilidad de BD: Grado de compatibilidad de la base de datos. El producto de software que da soporte al servicio de atención presencial a clientes debe funcionar con Oracle Database EE 12C.</p> <p>Compatibilidad = $\sum\%$ de compatibilidad de cada elemento de configuración relacionado/cantidad de elementos de configuración relacionados.</p> <p>Valor esperado: 100%.</p> <p>Semaforización: ● 100%, ● 80% a 99%, ● menos del 80%</p> <p>Forma de obtención: Manual con información del DBMS y elementos de configuración vinculados directa o indirectamente (a una relación, en función de la información de la CMDB).</p>	<p>Base de Datos</p>
Fiabilidad	<p>- Disponibilidad: $= ((a-b)/a) \times 100\%$ a – horas comprometidas de disponibilidad b – Número de horas fuera de línea (corresponde a las horas de “caída del sistema” durante el tiempo de disponibilidad comprometido). Valor esperado: Los servicios de atención a clientes y autogestión deben tener una disponibilidad del 99,5%.</p> <p>Semaforización: ● >= 99,5%, ● <99,5 % y >=95%, ● <95%.</p> <p>Forma de obtención: Manual y con herramientas de monitoreo.</p>	<p>Productos de software</p> <p>Servidores</p> <p>Base de datos</p> <p>Servicios de proveedores</p>
Seguridad	<p>- Cumplimiento legal: Grado de cumplimiento de normas del BCRA. El servicio debe regirse por las recomendaciones de seguridad del BCRA.</p> <p>Valor esperado: 100%.</p> <p>Semaforización: ● 100% (se cumplen las normas), ● 0% (no se cumple alguna norma).</p> <p>Forma de obtención: Manual en función de los resultados de auditoría.</p> <p>- Respaldo: Grado de cumplimiento de la siguiente premisa: La aplicación debe respaldarse en forma diaria por incrementos y en forma semanal en su totalidad. Valor esperado: 100%.</p> <p>Semaforización:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 100% de las tablas y archivos respaldados en forma diaria, ● 80% a 99% de las tablas y archivos respaldados en forma diaria, 	<p>Base de datos</p> <p>Almacenamiento</p>

Característica/ Subcaracterísticas	Indicador	Categoría de EC medidos
	<p>● < 80% a 99% de las tablas y archivos respaldados en forma diaria</p> <p>Forma de obtención: Manual en función de información de herramientas automáticas de respaldo.</p>	

A continuación, se muestran los resultados de algunos indicadores, indicando la característica y el indicador que permite su monitoreo.

4.2.1. Eficiencia de Desempeño: Sesiones Activas

En la Tabla , se muestran las mediciones antes y después de la implementación del plan de acción generado a partir del análisis del indicador de sesiones activas (etapa 3). Las capturas se realizaron en horario pico y en situaciones de indisponibilidad.

Tabla 4. Resultados del indicador de Sesiones Activas

Característica: Eficiencia de Desempeño		
Indicador Sesiones Activas		
Captura de indicador	Indicador	Semaforización
1era	1202	●
2da	1300	●
3era	1580	●
4ta	3000	●
5ta	3000	●
6ta	3000	●

4.2.1.1. Captura de la medición: A través de la herramienta automatizada se monitorizaron la cantidad de sesiones activas. Los valores definidos para semaforizar el indicador fueron utilizados para determinar los umbrales del monitor. Ante la ocurrencia de una situación en que el valor de sesiones activas llega a un umbral amarillo o rojo, se debería enviar una alerta. La alerta se envía por correo electrónico en el término de los 10 segundos, de manera que posibilita una reacción y es posible resolver el evento tomando una acción inmediata antes de que el servicio se degrade o se torne indisponible. El primer análisis que se realiza es el comportamiento del producto de software para atención a clientes, para determinar si la cantidad de sesiones activas está generando una degradación del servicio.

4.2.2. Compatibilidad: Compatibilidad de BD

Para determinar qué elementos de configuración incluir en el análisis de este indicador, se revisó el diseño del servicio de atención al cliente en la CMDB. Todo elemento de configuración que estuviera relacionado directa o indirectamente con la base de datos en una

distancia de una relación, se tomó en cuenta para el análisis. Una distancia de una relación refiere a que el elemento de configuración *A*, que tiene una relación directa con la base de datos, tenga a su vez una relación con un elemento de configuración *B*. Entonces el elemento de configuración *B* también se toma en cuenta para el análisis (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del indicador de compatibilidad de Bases de Datos

Característica: Compatibilidad		
Indicador: Base de datos		
Captura de indicador	Indicador	Semaforización
1era (ambiente productivo)	80%	●
2da (ambiente no productivo)	100%	●

4.2.2.1. Captura de la medición: El indicador se tomó analizando la compatibilidad con la base de datos de diferentes elementos de configuración (aplicaciones e infraestructura) que forman parte del ambiente productivo y no productivo vinculados al servicio de atención al cliente.

Los elementos de configuración incluidos son:

- Aplicación (producto de software) del servicio y el lenguaje en que fue desarrollada
- Servidor de base de datos
- Servidor de aplicaciones
- Herramienta de monitorización
- Herramienta de despliegue de cambios en la base de datos, para correr script de base de datos

4.2.3. Fiabilidad: Disponibilidad

Este servicio debe tener alta disponibilidad por ser crítico para la empresa. La disponibilidad se calcula tomando el tiempo en que el servicio está indisponible en un período de tiempo restado del tiempo total en que se espera que esté disponible, como se muestra en la fórmula de la Tabla 3. Hay fuentes diversas que reportan indisponibilidad, ya que el servicio se compone de múltiples elementos de configuración que son soportados por distintas herramientas de monitorización.

4.2.3.1. Captura de la medición: El indicador se tomó en tres períodos mensuales como muestra la Tabla . Este indicador requiere un proceso de recolección de datos de

indisponibilidad de distintas fuentes, verificación de superposición de períodos por tratarse de la misma indisponibilidad y publicación del resultado.

Tabla 6: Resultado del Indicador de Disponibilidad

Característica: Fiabilidad		
Indicador: Disponibilidad		
Captura de indicador	Indicador	Semaforización
1ra	99,01%	●
2da	99,51%	●
3ra	99,26%	●

4.2.4. Seguridad: Respaldo

La organización requiere controlar que todos los datos que genera y consultan los servicios críticos, como el caso del servicio de atención al cliente, cuenten con el respaldo necesario para garantizar la continuidad del negocio ante una contingencia. Este aspecto es controlado en organizaciones financieras tanto por las auditorías externas de BCRA (Banco Central de la República Argentina) como por las auditorías SOX (Ley Sarbanes Oxley), que son obligatorias y rigen para todas las empresas que cotizan en bolsa.

4.2.4.1. Captura de la medición: los respaldos se realizan en la organización mediante herramientas automatizadas que generan los reportes necesarios para el cálculo del indicador. Como se puede ver en la Tabla 7, es un indicador que cumple absolutamente con lo esperado.

Tabla 7: Resultados del indicador de Respaldo

Característica: Seguridad		
Indicador: Respaldo		
Captura de indicador	Indicador	Semaforización
1ra	100%	●
2da	100%	●
3ra	100%	●
4ta	100%	●

4.3. Evaluar Resultados

Una vez realizadas las mediciones, se procedió al análisis de los resultados obtenidos y, en función de ellos, se establecieron los planes de acción para, en aquellos casos en que los valores obtenidos indicaban la necesidad de modificaciones o mejoras en los servicios, realizar dichos cambios, y nuevas mediciones, hasta lograr que los indicadores tomen valores dentro del rango aceptable para ellos.

A continuación, se detallan los planes de acción

definidos para cada característica, acorde a los valores de los indicadores asociados a ellas.

4.3.1. Eficiencia de Desempeño: Sesiones Activas

4.3.1.1. Planes de Acción: Luego de las dos primeras capturas en horario pico, se definió realizar modificaciones en las configuraciones de la infraestructura existente, sin embargo, y a pesar de estas medidas, se obtuvo la 3ra medición, alertando que no fue suficiente. Esto permitió definir un nuevo plan de acción para adquirir infraestructura y distribuir la carga de sesiones, dando por resultado el valor del indicador obtenido en la 4ta a 6ta. captura de manera estable.

4.3.2. Compatibilidad: Compatibilidad de BD

4.3.2.1. Plan de Acción: Los resultados obtenidos muestran que el valor del indicador en ambiente productivo no fueron óptimos, es decir no es 100% compatible. Se estableció que la razón de esta incompatibilidad es la herramienta de despliegue de cambios en la base de datos. La consecuencia es que no se realizaba una buena transformación de los caracteres especiales. Sin embargo, el indicador para el ambiente no productivo estableció que la herramienta utilizada para el despliegue es 100% compatible con la base de datos, sin inconvenientes en las transformaciones de caracteres especiales. A partir de esto, se decidió reemplazar la herramienta de despliegue de script de base de datos en ambiente productivo.

El análisis anterior también incentivó a definir acciones cuyo objetivo fue encontrar otras diferencias de ambiente que deban ser eliminadas.

4.3.3. Fiabilidad: Disponibilidad

4.3.3.1. Plan de acción: Los resultados indican que, si bien no todos los meses el indicador logra el valor óptimo, tampoco baja del umbral amarillo. Sin embargo, la percepción del cliente interno no es la esperada, por lo que se continúa trabajando en un plan de acción en pos de mejorar el resultado de este indicador. La obtención y análisis del valor mensual permitirá cuantificar el análisis, para establecer si los planes de acción están dando resultado.

4.3.4. Seguridad: Respaldo

4.3.4.1. Plan de acción: Estos resultados demuestran que la organización está madura respecto de esta práctica de seguridad de la información. Por lo tanto, se estableció la necesidad de profundizar el análisis respecto al respaldo de datos de los servicios. Esto implicó la definición de nuevos indicadores, por ejemplo, para conocer la capacidad de recuperación de los respaldos realizados. Lo que se busca es, no sólo controlar si se realizan los respaldos, sino si estos son válidos para realizar la

recuperación de la información.

Como resumen de los resultados, es importante detallar que se pudo analizar, estudiar, ajustar y recomendar las acciones a seguir luego de cada iteración. Por otro lado, se pudo observar que la visión del negocio que perciben los clientes internos no es la adecuada, por lo que se debe fortalecer ese punto y hacer las mediciones en periodos más cortos. Además, la herramienta de despliegue de la base de datos se tuvo que cambiar, es decir, invertir en tecnología para dotar de mejor compatibilidad a la base de datos en pos de mejorar el servicio. Esto ha llevado a realizar cambios en la infraestructura y distribución de carga de los servicios.

5. Conclusiones

Como se mencionó, en la industria del software, se ha vuelto una necesidad demostrar que la construcción de productos de calidad es una realidad constante, siendo este un factor de competitividad fundamental. Los sectores de la industria dedicados a la prestación de servicios están trabajando en pos de prestar servicios de calidad. En base a ello, en el presente trabajo se exponen los resultados de la aplicación de una propuesta para medir la calidad de los productos de software y servicios basado en los modelos de la norma ISO/IEC 25000:2005, a partir de la medición y evaluación de los elementos de configuración que componen los servicios, entre los que se incluyen como elemento fundamental, los productos de software.

Para avanzar con el proceso de mejora continua en la prestación de servicios, se identifica la necesidad de lograr un mayor grado de formalización y automatización de la monitorización de servicios. Igualmente podemos decir que la propuesta es aplicada obteniéndose indicadores significativos, tanto para el área de sistemas como para clientes internos de la organización, logrando un lenguaje común que permite adecuar necesidades y expectativas en función de las posibilidades técnicas y económicas de la organización. La implementación de la propuesta ha permitido al área de sistemas demostrar el nivel de servicio prestado, y a los clientes internos establecer si sus necesidades justifican inversiones económicas y de tiempo en función de lograr mejoras en los productos y servicios de software que utilizan. Por ejemplo: el valor negativo del indicador de sesiones activas (tabla 4) permitió justificar la inversión en infraestructura. Lo que se vio reflejado en la mejora del indicador.

El lograr la definición de indicadores para la evaluación de la calidad de productos y servicios de software en el caso de estudio presentado, demuestra que la propuesta es accesible para áreas internas de sistemas de organizaciones dedicadas a la prestación de servicios. Cómo se mostró en este caso, se obtuvieron resultados a partir de la comparación de los indicadores antes y después de la aplicación de inversiones y planes de acción para

mejorar la salud de los servicios. El área de sistemas reconoció la necesidad de mantener todos sus servicios monitoreados para lograr una buena experiencia de sus clientes internos y los clientes de la organización, generando una cultura organizacional basada en una visión de prestación de servicios. Se logró asegurar que el 100% de los servicios estuvieran monitoreados, partiendo en el primer año con un 25% de los servicios monitoreados (16 de 63 servicios identificados en el primer año de aplicación). La elección de algunas características del modelo de la norma ISO 25000, e indicadores asociados, pretende demostrar cómo los indicadores fueron utilizados para realizar un análisis del estado de un servicio en particular. Un análisis similar se ha realizado para otros servicios de alta criticidad para la organización.

La propuesta logra hacer accesible una forma de medir, monitorear y evaluar la calidad de productos y servicios de software, y lograr un entendimiento entre los constructores de productos y prestadores de servicios, y los usuarios, clientes e involucrados de estos productos y servicios de software.

Para este trabajo se tomaron algunas características e indicadores asociados para profundizar su análisis. Para darle continuidad a la propuesta, en posteriores trabajos se presentará una evaluación de otras características propuestas por el modelo de la ISO 25000 e indicadores asociados. El objetivo es continuar presentando un método factible de ser aplicado en áreas internas de sistemas de organizaciones dedicadas a la prestación de servicios, en función de asegurar su calidad para sus clientes.

En cuanto a los indicadores que se han definido y utilizado, estos han permitido, por ejemplo, para sesiones activas y disponibilidad identificar y hacer visibles los puntos críticos del servicio. También se pudo visibilizar la necesidad de herramientas de despliegue para los datos, lo que permitiría una mejor performance de los servicios.

Si bien, ha sido aplicado a servicios específicos como la atención al cliente, la propuesta ha dejado como aporte su portabilidad, es decir su aplicabilidad a otros servicios de la organización/institución.

Además, es repetible y sistemático. Por lo tanto, es factible aplicarlo periódicamente, de manera de controlar la degradación de los servicios conforme pasa el tiempo y surgen nuevos desafíos o reglas de negocio. Es decir, permite evaluar en distintos momentos y por distintos evaluadores los servicios, pudiendo confrontar esos valores con los resultados anteriores. Posibilitando encontrar puntos críticos y oportunidades de mejora y, a través de ellos, definir planes de acciones adecuado para lograr la calidad de los servicios.

Otro aporte es la definición de un lenguaje común entre el área de sistemas y sus clientes internos, para conocer el estado de los servicios con una misma visión y definir las inversiones necesarias con el objetivo de mejorar la prestación de servicios.

6. Referencias

- [1] ISO/IEC, «ISO/IEC 25010:2011(en),» ISO/IEC©, Ginebra, 2011.
- [2] ISO/IEC, «ISO/IEC 20000-1:2011(en),» ISO/IEC©, Ginebra, 2011.
- [3] AXELOS, «ITIL Glossary of Terms English v.1.0,» 2011.
- [4] C. P. Team, CMMI for Services, version 1.3, Pittsburg: Carnegie Mellon University, 2010.
- [5] ISO/IEC, ISO/IEC 25000:2014, Ginebra: ISO/IEC©, 2014.
- [6] ISO/IEC, «ISO 9000:2015(en),» ISO/IEC©, Ginebra, 2015.
- [7] Axelos, ITIL Service Design, Axelos, 2011.
- [8] M. CALLEJAS-CUERVO, A. C. ALARCÓN-ALDANA y A. M. ÁLVAREZ-CARREÑO, «Modelos de calidad del software, un estado del arte,» *Entramado - Ingeniería y Tecnología*, vol. 13, n° 1, pp. 236-250, 2017.
- [9] A. Ravanello, L. Villalpando, J.-M. Desharnais, A. April y A. Gherbi, «Associating Performance Measures with Perceived End User Performance ISO 25023 compliant Low Level Derived Measures,» de *CLOUD COMPUTING 2015 : The Sixth International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization*, Nice, 2015.
- [10] K. Seung-Hee y K. Woo-Je, «Evaluation of software quality-in-use attributes based on analysis network process,» *Cloud Computing*, pp. 1-14, 2018.
- [11] E. Jeinson, A. Sanchez, C. Salgado y M. Peralta, «Evaluación de la Calidad de Servicios de Software y la Satisfacción del Cliente Interno,» de *Congreso Internacional de Ciencias de la Computación y Sistemas de Información CICC 2017 ISBN 978-987-45683-5-9*, Mendoza, 2017.
- [12] M. C. Massano, A. Sanchez, C. Salgado y M. Peralta, «Un Método para la Construcción y Mantenimiento de una CMDB para Áreas de Informática Internas de Empresas de Servicios: Gestión de Fuentes de Información,» *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación ISBN 978-987-42-5143-5*, Buenos Aires, 2017.
- [13] M. C. Massano, A. Sanchez, C. Salgado y M. Peralta, «Un Método para la Construcción y Mantenimiento de una CMDB para Áreas de Informática Internas de Empresas de Servicios: Gestión de Fuentes de Información,» *5to. Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información*, Santa Fé, 2017.
- [14] ISO/IEC, «ISO/IEC 9126-1,» ISO/IEC©, Ginebra, 2001.
- [15] J. Nielsen, «Enhancing the explanatory power of usability heuristics,» de *CHI '94 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, Massachusetts, 1994.
- [16] A. Queirós, A. Silva, J. Alvarelhão, N. Pacheco Rocha y A. Teixeira, «Usability, accessibility and ambient-assisted living: a systematic literature review,» *Universal Access in the Information Society*, vol. 14, n° 1, pp. 57-66, 2015.
- [17] Arraj y Valerie, «ITIL The Basics,» 7 2013. [En línea]. Available: <https://www.axelos.com/case-studies-and-white-papers/itil-the-basics-white-paper>.
- [18] Axelos, «Axelos Global Best Practice,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.axelos.com/best-practice-solutions/itil/what-is-itil>.
- [19] B. Orand, Foundations of IT Service Management, 2da ed., J. Villarreal, Ed., North Charleston SC: Createspace Independent Publishing Platform, 2011, p. 348.
- [20] P. Beker, F. Papa y L. Olsina, «Process Ontology Specification for Enhancing the Process Compliance of a Measurement and Evaluation Strategy, Volumen 18, Nro 1, Paper 2,» 2015.
- [21] L. Olsina y P. Becker, «Linking Business and Information Need Goals with Functional and Non-functional Requirements,» de *CIBSE XXI Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Software*, Bogotá, 2018.
- [22] M. Coupland, Microsoft System Center Configuration Manager Advanced Deployment, Packt Publishing Ltd, 2014.
- [23] Hewlett Packard, «Service Manager,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.vads-servicedesk.com>.
- [24] CA Technologies, «Modern Software Factory,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.ca.com/us/products/ca-configuration-automation.html>.

Implementación de un sistema de autenticación centralizado de alta disponibilidad utilizando tecnologías de código abierto

Fernando Sorzana

Matías Cassani

Cristian Jaimez

Grupo de Investigación Ingeniería en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Villa María

Av. Universidad 450 – Villa María - Córdoba

fsorzana@frvm.utn.edu.ar mcassani@frvm.utn.edu.ar cristian.616.93@gmail.com

Resumen

En este trabajo, se propone la implementación de un sistema de autenticación centralizada de alta disponibilidad para organizaciones de mediano tamaño geográficamente distribuidas. Primero se definen los esquemas de autenticación centralizado y se plantean las ventajas de la utilización de los mismos. Luego se analizan los protocolos existentes para autenticación centralizada y se selecciona el más adecuado para la implementación. Posteriormente se describen las tecnologías utilizadas y los pasos realizados para implementar el sistema. Finalmente se resumen los pasos a seguir por una organización para replicar dicho sistema.

1. Introducción

En muchas organizaciones, con el correr del tiempo se van desarrollando o adquiriendo sistemas de diversa índole para cubrir las necesidades de información de la misma, y muchos de ellos no responden a una planificación estratégica a largo plazo, sino a cubrir las necesidades de información del momento. Con el tiempo, esto puede ocasionar que los sistemas no interactúen entre sí de forma correcta, o que tengan información duplicada e inconsistente entre sí.

Una situación particular que surge de esto, es que en general, cada sistema tiene sus propios mecanismos de autorización y autenticación independientes uno de otro, dado que tienen objetivos diferentes, provienen de diferentes orígenes, y están desarrollados con distintas tecnologías. Esto representa un problema para los usuarios, ya que deben recordar credenciales distintas para cada sistema, lo que impacta negativamente en la seguridad del mismo [1].

Esta situación ha llevado a la industria del software a proponer diversos servicios centralizados de autorización

y autenticación, que permitan a los usuarios utilizar un único conjunto de credenciales para acceder a múltiples servicios. Estos se conocen con el nombre de servicios Single Sign-On o Inicio de Sesión Único (en adelante SSO) [2].

Un SSO es un mecanismo por el cual un usuario, mediante una única acción de autorización, puede acceder a todos los sistemas a los que tiene permitido ingresar, sin necesidad de ingresar múltiples credenciales.

El uso de SSO en las organizaciones trae muchas ventajas [3], entre ellas, el aumento de productividad y comodidad del usuario, y la posibilidad de utilizar una política de contraseña más robusta, ya se debe recordar e ingresar un solo conjunto de credenciales, y la simplificación de la administración de los sistemas, ya que la información de los usuarios se encuentra centralizada en un único servicio.

Sin embargo, una desventaja importante del uso de sistemas SSO, es que se convierten en un único punto de falla para el conjunto de sistemas de la organización. Es decir, que si el servicio deja de funcionar, también lo hacen todos los servicios que dependen de este, ya que no pueden autenticar a los usuarios y garantizar la seguridad.

Por tal motivo, es de suma importancia que dicho servicio sea de alta disponibilidad [4], para reducir al mínimo posible el tiempo en que no se encuentra funcionando.

El objetivo de este trabajo, es definir una implementación SSO de alta disponibilidad para organizaciones de mediano tamaño que pueda ser fácilmente replicada por las mismas. Para esto, se evaluarán las alternativas disponibles en el mercado, se seleccionará la más adecuada a los requerimientos existentes y se definirá una implementación de prueba de alta disponibilidad.

2. Descripción del problema

El problema planteado por este trabajo puede resumirse de la siguiente forma:

Implementar un servicio SSO de alta disponibilidad que pueda ser replicado fácilmente en diversas organizaciones de mediano tamaño.

Además, se proponen una serie de requerimientos que el sistema debe cumplir:

- Utilizar protocolos estándar en lugar de desarrollar nuevos, para facilitar la utilización en diversas organizaciones.

- Utilizar tecnologías que sean de código abierto, para que puedan ser replicados en otras organizaciones sin pagar costos de licencia.

- Dar servicio a aplicaciones web y móviles, y no debe requerir configuración alguna por parte de los usuarios finales en sus dispositivos.

- Estar disponible para los usuarios que acceden a las aplicaciones desde la red interna de la organización (intranet) como así también para los que acceden a las mismas desde internet.

- Ser de alta disponibilidad, es decir, reducir al mínimo posible el tiempo que se encuentre fuera de funcionamiento (una disponibilidad de 99.99% es requerida).

- Debe poder funcionar en entornos geográficamente distribuidos, ya que muchas organizaciones en las que se replique pueden tener este requerimiento.

3. Evaluación de alternativas SSO

El primer paso para la implementación del sistema SSO consiste en definir qué tecnologías o estándares SSO se deben utilizar para el desarrollo del mismo. Como se planteó anteriormente, uno de los requerimientos propuestos es la utilización de estándares ya existentes, en lugar de desarrollar uno propio, para facilitar su replicación en otras organizaciones. Por tal motivo, se evalúan las diferentes alternativas existentes en la industria para la implementación de servicios SSO.

3.1. Planteo de alternativas

Actualmente existen tres estándares ampliamente difundidos en la industria para la implementación de esquemas SSO en sistemas web. Los mismos son OpenID Connect, SAML y CAS. A continuación, se describe brevemente cada una de estas.

OpenID Connect (en adelante OpenID) [5] es conjunto de estándares que permiten a diferentes clientes (aplicaciones) verificar la identidad de un usuario final basándose en la autenticación realizada por este último en un servidor de autorización. Además, permite a clientes de diversos tipos (web, móviles, etc.) solicitar información sobre los usuarios autenticados y la información de sesión de los mismos.

Se puede utilizar OpenID para SSO implementando un servidor de autorización OpenID e implementando el protocolo de autorización en todos los servidores de recursos (servicios de la organización) que lo utilizarán.

Tabla 1 – Comparación de protocolos SSO

Caraterística	OpenID	SAML	CAS
Soluciones servidor autenticación	(OpenID provider) WSO2 identity server, Keycloak, OpenAM	(Identity provider) Gluu, Shibboleth, OpenAM, Keycloak	(CAS Server) Apereo CAS Server
Librerías servidor autenticación	(OpenID provider) IdentityServer, Shibboleth-oidc, node oidc-provider, phpoidc, pyoidc	(Identity provider) OpenSAML	(CAS Server) Librerías de Apereo CAS Server
Librerías cliente	(Relying party) node openid-client, phpOIDC, pyoidc	(Service provider) Onelogin SAML toolkit, LASSO	(CAS Client) python-cas, phpCAS, java-cas-client, dotnet-cas-client
Información adicional del usuario	/userinfo endpoint	AttributeQuery	Atributos personalizados
Privacidad	XML Encryption	JWE	No soportada
Firma digital	XML Signing	JWS	No soportada
Soporte móvil	Sí	No	Sí (no especificado)

El lenguaje de marcado de aserciones de seguridad o Security Assertion Markup Language [6] (en adelante SAML) es un conjunto de estándares basados en XML para describir e intercambiar información de seguridad entre servicios on-line. Establece un conjunto de aserciones en las que aplicaciones de distintos dominios de seguridad pueden confiar.

Se puede utilizar SAML para lograr SSO implementando un proveedor de identidad que provea aserciones SAML en las que los demás servicios de la red puedan confiar.

El servicio de autenticación centralizado o Central Authentication Service (en adelante CAS) [7] es un protocolo SSO para aplicaciones web. Permite al usuario acceder a múltiples aplicaciones utilizando sus credenciales una única vez en un servicio de autenticación centralizado.

3.2. Comparación de alternativas

En este apartado se comparan las diferentes alternativas en base a una serie de criterios considerados relevantes teniendo en cuenta los requerimientos planteados en la sección 2. En la Tabla 1 se resumen las características de comparación.

- **Soluciones o librerías para el servicio de autenticación:** todos los servicios mencionados anteriormente constan de un servicio centralizado de autenticación, aunque cada protocolo lo denomina de forma distinta (Identity Provider en SAML, OpenID Provider en OpenID, CAS Server en CAS). Actualmente todas las alternativas cuentan con implementaciones open source existentes como así también librerías para implementarlas en la mayoría de los lenguajes de programación.

- **Librerías cliente:** existen librerías para simplificar la implementación de los protocolos analizados en los clientes que utilicen los servicios centralizados de autenticación definidos por los mismos. (Service Provider en SAML, Service Provider en OpenID, CAS Client en CAS).

- **Información adicional:** todos los protocolos analizados soportan la definición y almacenamiento de atributos o información adicional sobre los usuarios (como nombre, dirección, teléfono, etc.) OpenID lo hace a través del endpoint userinfo, SAML mediante el uso de AttributeQuery, y CAS mediante el uso de atributos personalizados.

- **Privacidad:** se considera también la capacidad que tiene cada protocolo de garantizar la privacidad de la información enviada en el flujo de autenticación. SAML permite encriptar las aserciones de las respuestas utilizando encriptación XML [8], y de esa forma asegurar que no sean leídas más que por los servicios que las utilizan. De forma similar, OpenID permite la encriptación

de la información transmitida utilizando JSON Web Encryption [9]. Por el contrario, CAS no especifica ningún mecanismo de encriptación particular, y confía exclusivamente en el uso de un canal seguro (por ejemplo, la utilización de TLS) para lograr la privacidad de la información.

- **Firma digital:** se considera la capacidad que tiene cada protocolo de garantizar la autenticidad de la información enviada en el flujo de autenticación. SAML permite firmar las aserciones de las respuestas utilizando firma digital XML [10]. De forma similar, OpenID permite firmar la información transmitida utilizando JSON Web Signature [11]. Por el contrario, CAS no especifica ningún mecanismo para firmar la información enviada.

- **Soporte móvil:** se considera la posibilidad que tiene cada protocolo de funcionar en aplicaciones móviles. tanto OpenID como CAS pueden funcionar en aplicaciones móviles utilizando URL personalizadas a la que dichos protocolos envían la información de autenticación utilizando una redirección HTTP [12], mientras que SAML requiere considerablemente más trabajo ya que espera una URL a la que enviar la información de autenticación utilizando una petición HTTP de tipo POST [12], las cuales no están soportadas en las URL personalizadas.

3.3. Decisión final

De los protocolos antes mencionados, OpenID y SAML tienen un conjunto de características similares y cubren la mayor parte de las necesidades de un sistema de autenticación centralizado. Por el contrario, CAS es un protocolo más simple, pero con menor funcionalidad y difusión, por lo que se priorizará el uso de los otros dos.

La diferencia más significativa para el alcance de este proyecto entre OpenID y SAML es el soporte para aplicaciones móviles, el cual está presente en OpenID pero no en SAML (principalmente porque SAML fue desarrollado en 2001, cuando las aplicaciones móviles no tenían el alcance e importancia actuales). Dado que el soporte para aplicaciones móviles es uno de los requerimientos fundamentales del proyecto, se optará por utilizar OpenID para la implementación.

4. Diseño de la solución

Se propone como solución la implementación de un proveedor OpenID centralizado para la organización que permita al resto de las aplicaciones de la misma autenticar sus usuarios utilizándolo.

4.1. Arquitectura de alta disponibilidad

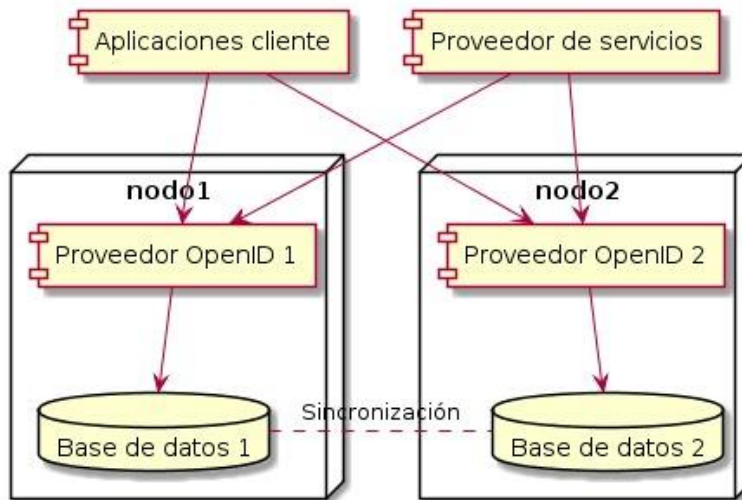


Figura 1- Arquitectura inicial del sistema

Siguiendo con los requerimientos planteados en la sección 2 el proveedor OpenID debe ser de alta disponibilidad. Una de las técnicas más eficientes para lograrlo consiste en incorporar componentes de software redundantes que funcionen en varios servidores e infraestructura de red distribuidos, para que cuando uno de dichos servidores deje de funcionar debido a una falla, los componentes ubicados en los demás servidores puedan seguir brindando servicio a los usuarios del sistema [13]. Sin embargo, para que los usuarios no sufran interrupción del servicio, ni reciban información inconsistente del sistema, los servicios redundantes deben coordinarse entre sí y constituir una sola unidad lógica para los usuarios.

Para lograr alta disponibilidad se propone desplegar un proveedor OpenID redundante que esté respaldado a su vez por una base de datos redundante. Dichos servicios deben desplegarse en dos servidores o nodos distintos, para que, en el caso de presentarse una falla de hardware o conectividad en alguno de ellos, el otro pueda seguir atendiendo las solicitudes de las aplicaciones cliente y los proveedores de servicio (service provider) que utilicen al proveedor OpenID para autenticar sus usuarios. En la Figura 1 puede observarse la estructura general del sistema.

4.2. Selección de las tecnologías de implementación

Como se mencionó anteriormente, existen librerías para la implementación de un proveedor OpenID para la mayoría de los lenguajes de programación. En este caso se selecciona el lenguaje de programación Java, y se utiliza el framework de desarrollo Spring [14], el cual posee módulos para la implementación de un proveedor OpenID.

El motivo de la selección radica en la experiencia del equipo de desarrollo en el uso de dicho framework, pero podría utilizarse cualquier lenguaje y librería que implemente el protocolo.

4.3. Selección de motor de base de datos

La selección de la tecnología de base de datos es más compleja, ya que es necesario que esta funcione de forma distribuida para lograr la alta disponibilidad del sistema. En la Tabla 2 se muestran los motores de bases de datos de código abierto más utilizados [15]. Dichos motores se toman como base para seleccionar la más adecuada para la implementación.

Existen muchos motores de base de datos que funcionan en forma distribuida para lograr una alta disponibilidad, sin embargo, dichos motores ofrecen distintos niveles de consistencia y disponibilidad debido a que es imposible lograr una disponibilidad absoluta y una consistencia absoluta cuando ocurren problemas de conectividad entre los nodos de la base de datos según lo establecido en el teorema de CAP [16]. Por tal motivo debería utilizarse un motor de base de datos cuyos niveles de consistencia y disponibilidad se ajusten a los objetivos o necesidades del proyecto.

En este sistema se necesita un nivel de consistencia alto ya que no debería ocurrir situaciones tales como que un administrador revoque el acceso de un usuario a un determinado servicio y dicho usuario pueda seguir accediendo a los servicios debido a que la modificación todavía no se ha propagado a todos los nodos de la base de datos.

No todos los motores de base de datos ofrecen alguna configuración que brinde este nivel de consistencia, por tal

motivo se descartan como alternativas dichos motores (CouchDB, Neo4j y Redis).

Además, como el sistema requiere de una alta disponibilidad, es deseable que el motor de base de datos cuente con recuperación automática cuando un nodo que había dejado de funcionar vuelve a estar disponible, algunos de los motores analizados (PostgreSQL y CouchDB) no cuentan con dicha característica a no ser que se utilicen herramientas externas. Por tal motivo se descartan dichos motores para mantener una configuración del sistema simple.

Otra característica necesaria para el correcto funcionamiento del sistema es la durabilidad de la información escrita por un cliente cuando el nodo en el que la escribió deja de funcionar. Algunos motores no confirman la transacción de escritura del cliente hasta que la información no se haya replicado en por lo menos 2 nodos diferentes, logrando de esta forma la durabilidad de la información escrita aun cuando se pierde un nodo. Por el contrario, otros motores no poseen esta característica y es por eso que no son tenidas en cuenta como alternativas para la implementación (CouchDB, CouchBase y Redis).

Luego de este análisis sólo quedan cuatro motores que soportan las tres características antes mencionadas en alguna de sus configuraciones, estos son MySQL, MongoDB, HBase y Cassandra. Cualquiera de estos, correctamente configurados podrían utilizarse para el desarrollo de la aplicación.

Para la implementación de referencia se utiliza MongoDB [17] ya que no requiere la creación de diversas tablas para consultar la información de distintas formas como si ocurre en las bases de datos columnares [18] (Cassandra y HBase) y no requiere el despliegue de

procesos diferentes para los distintos componentes de la base de datos como es necesario en un cluster MySQL [19]. Además el equipo de desarrollo tiene más experiencia en la utilización de MongoDB. Sin embargo, una organización que quisiera replicar dicha solución podría optar por utilizar algunos de los motores que cumplan con las características antes mencionadas.

Para implementar un clúster de MongoDB, es necesario desplegar al menos tres instancias de la base de datos. Si una instancia deja de funcionar, el conjunto de réplicas sigue funcionando normalmente, sin embargo, si dos de ellas dejan de funcionar, el sistema también deja de funcionar. Por lo tanto, para soportar la falla de un servidor físico y que el sistema de autenticación centralizada siga funcionando correctamente, es necesario utilizar tres servidores físicos, cada uno con una instancia de la base de datos.

4.4. Despliegue de la aplicación distribuida

Para simplificar el despliegue y la administración de los distintos componentes que forman el sistema, cada uno de ellos se empaqueta junto con su información y dependencias en un contenedor. Dichos contenedores constituyen un entorno aislado para cada componente sin la sobrecarga de recursos que requiere una máquina virtual [20]. Actualmente existen diferentes tecnologías para la utilización de contenedores, siendo las más populares Docker [21], CoreOS [22] y LXD [23]. En este proyecto se utiliza Docker, ya que además posee herramientas que facilitan la administración y el manejo de un conjunto de servidores como una sola unidad lógica [13].

Siguiendo la terminología de Docker, se definen contenedores para el proveedor de autenticación y para la

Tabla 2 – Comparación de motores de base de datos

Base de datos	Modelo	Recuperación automática	Consistencia fuerte en alguna de sus configuraciones	Pérdida de datos ante la caída de un nodo
MySQL	Relacional	SI	SI	NO
PostgreSQL	Relacional	NO	NO	NO
MongoDB	Documental	SI	SI	NO
CouchDB	Documental	NO	SI	SI
Couchbase	Documental	SI	SI	SI
Cassandra	Columnar	SI	SI	NO
HBase	Columnar	SI	SI	NO
Redis	Clave-Valor	SI	NO	SI
Neo4j	Grafos	SI	NO	NO

base de datos. Estos contenedores se crean a partir de imágenes, las cuales pueden generarse utilizando un archivo especial denominado Dockerfile que especifica todos los pasos para la creación de las mismas.

Se crea además un clúster de tres equipos físicos utilizando las herramientas provistas por Docker para dicho propósito. Uno de esos servidores es el manager o coordinador, contra el que se ejecutan los comandos de gestión y despliegue del clúster completo.

En la Figura 2 y Figura 3 se definen los contenedores que conforman el servicio de autenticación centralizada, siguiendo la sintaxis prevista por Docker para tal fin.

4.5. Balanceo de carga

Uno de los problemas que se presentan con la incorporación de un clúster de servicios de autenticación, consiste en que ahora los clientes tienen tres nodos con direcciones de red diferentes a los cuales conectarse, y dependiendo la situación, podría ocurrir que alguno de ellos no se encuentre disponible en el momento en que el cliente quiere utilizar los servicios de autenticación. Existen diversas alternativas para mitigar ese problema:

- Modificar las aplicaciones clientes para que cuando intentan conectarse a uno de los nodos, si este no

```
version: '3'

services:
  openid_provider1:
    image:
      'docker.frvm.utn.edu.ar/openid_provider'
    networks:
      - openid
    ports:
      - "80:8088"
    depends_on:
      - mongol
      - mongo2
      - mongo3
    environment:
      -
      SPRING_DATA_MONGODB_URI=mongodb://mongol:27017,mongo2:27017,mongo3:27017/openid?replicaSet=openid'
    deploy:
      replicas: 1
      placement:
        constraints:
          - node.labels.mongo.replica == 1
  openid_provider2:
    image:
      'docker.frvm.utn.edu.ar/openid_provider'
    networks:
      - openid
    ports:
      - "80:8088"
    depends_on:
      - mongol
      - mongo2
      - mongo3
  openid_provider3:
    image:
      'docker.frvm.utn.edu.ar/openid_provider'
    networks:
      - openid
    ports:
      - "80:8088"
    depends_on:
      - mongol
      - mongo2
      - mongo3
    environment:
      -
      SPRING_DATA_MONGODB_URI=mongodb://mongol:27017,mongo2:27017,mongo3:27017/openid?replicaSet=openid'
    deploy:
      replicas: 1
      placement:
        constraints:
          - node.labels.mongo.replica == 3
```

Figura 2 – Contenido docker-compose.yml (1 de 2)

<pre> mongo1: image: 'mongo:4.0' networks: - openid volumes: - 'mongodata1:/data/db' - 'mongoconfig1:/data/configdb' command: 'mongod --replSet openid' deploy: replicas: 1 placement: constraints: - node.labels.mongo.replica == 1 mongo2: image: 'mongo:4.0' networks: - openid volumes: - 'mongodata2:/data/db' - 'mongoconfig2:/data/configdb' command: 'mongod --replSet openid' deploy: replicas: 1 placement: constraints: - node.labels.mongo.replica == 2 mongo3: image: 'mongo:4.0' networks: - openid volumes: - 'mongodata3:/data/db' - 'mongoconfig3:/data/configdb' command: 'mongod --replSet openid' deploy: replicas: 1 placement: constraints: - node.labels.mongo.replica == 3 </pre>	<pre> replicaSet: image: 'mongo:4.0' networks: - openid command: "mongo --host mongol -- eval 'rs.initiate({ _id: \"openid\", members: [{ _id: 1, host: \"mongol:27017\" }, { _id: 2, host: \"mongo2:27017\" }, { _id: 3, host: \"mongo3:27017\" }], settings: { getLastErrorDefaults: { w: \"majority\", wtimeout: 30000 } })'" depends_on: - mongol - mongo2 - mongo3 deploy: restart_policy: condition: none volumes: mongodata1: mongodata2: mongodata3: mongoconfig1: mongoconfig2: mongoconfig3: networks: openid: </pre>
---	--

Figura 3 – Contenido docker-compose.yml (2 de 2)

está disponible intentan con el siguiente. La desventaja de este enfoque es que se complejiza el funcionamiento de los clientes, y ante una modificación en la cantidad de nodos o en la ubicación de los mismos, es necesario modificar todos los clientes.

- Utilizar un servicio de nombres de dominio o DNS [24], con varias direcciones de red asignadas al mismo nombre de dominio. Cuando un cliente solicite el

nombre de dominio del servicio de autenticación para conectarse al mismo, el servicio DNS devuelve una de las direcciones de red, alternando entre las mismas de forma cíclica. Para que este enfoque funcione correctamente, es necesario que dicho servicio DNS mantenga actualizadas las direcciones de red de los nodos que se encuentran activos, y elimine las de aquellos nodos fuera de funcionamiento. Sin embargo, puede ocurrir que un cliente

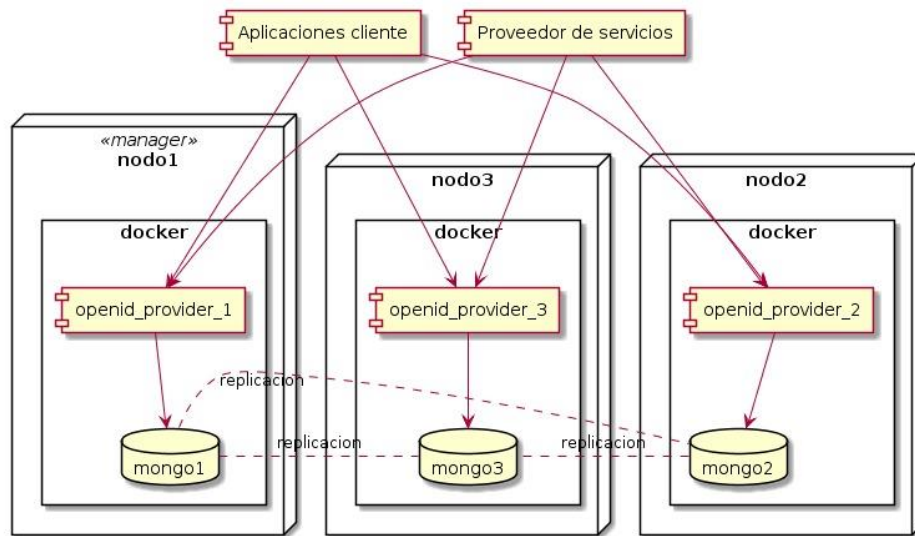


Figura 4 – Arquitectura final del sistema

solicite la dirección de red de un nodo que se encuentra fuera de servicio, pero todavía el servicio DNS no ha actualizado sus registros, lo que provoca una interrupción del servicio para dicho cliente.

- Utilizar un balanceador de carga alojado en otro nodo, al que los clientes se conecten, y que se encargue de distribuir las peticiones entre el resto de los nodos. El problema es que dicho balanceador de carga se convierte en un punto de fallo único, y si deja de funcionar, los clientes quedan sin servicio.

- Utilizar un balanceador de carga primario y uno secundario en distintos nodos, utilizando una IP flotante que se asigna al nodo primario, pero que en caso de una falla en el mismo pasa al segundo nodo. De esta forma se evita el problema del punto de falla único, pero es necesario que la infraestructura de red soporte IPs flotantes. Esto último es particularmente difícil en lugares geográficamente distribuidos, donde los proveedores de red podrían variar significativamente.

Debido a la necesidad de funcionar en ambientes geográficamente distribuidos, en los que posiblemente no pueda utilizarse una IP flotante, la mejor alternativa es la utilización de un servicio DNS que dirija el tráfico entre los distintos servicios, ya que no requiere la implementación de lógica de selección de nodo en cada cliente del servicio de autenticación.

4.6. Estructura final del sistema

La estructura final del sistema (Figura 4) consta entonces de tres servidores físicos que conforman un clúster de Docker. Uno de ellos es el nodo coordinador

contra el que se ejecutan los comandos de administración del clúster, mientras que los otros dos son los nodos trabajadores. En dicho clúster se despliegan tres instancias (una en cada nodo) de la base de datos que constituyen un conjunto de réplicas de MongoDB, además de tres instancias del servicio de autenticación implementado (también uno en cada nodo).

5. Proceso de implementación

Una organización que quiera replicar este servicio de autenticación en su infraestructura debería realizar los siguientes pasos:

- 1- Instalar Docker en tres servidores, posiblemente en lugares geográficamente distribuidos. (Figura 5)

```
# Se toma como ejemplo la instalación
en Ubuntu, la instalación en otros
sistemas operativos puede
consultarse en el sitio oficial
https://docs.docker.com/install
$ sudo apt-get install docker-ce
```

Figura 5

- 2- Crear un clúster de Docker entre los tres equipos. (Figura 6)

```
# En el nodo que será el coordinador del clúster
$ docker swarm init -advertise-addr <IP-PUBLICA-COORDINADOR>
# En los otros dos nodos
$ docker swarm join -token <token-generado-por-el-primer-comando> <IP-PUBLICA-COORDINADOR>
```

Figura 6

- 3- Desplegar el servicio de autenticación utilizando los comandos de Docker. (Figura 7)

```
# Ejecutar en el nodo coordinador en un directorio donde se encuentre el documento docker-compose.yml mostrado anteriormente.
$ docker stack deploy -c docker-compose.yml openid
```

Figura 7

- 4- Registrar los tres servidores con un mismo nombre de dominio en el servicio DNS de la organización (este paso depende en gran medida de la herramienta utilizada para administrar el servidor DNS de la organización).

6. Conclusión

Luego del trabajo realizado, se comprobó que es factible implementar un servicio de autenticación centralizado de alta disponibilidad utilizando tecnologías de código abierto. Todas las herramientas utilizadas para la implementación del sistema (motor de base de datos, lenguaje de programación, framework de desarrollo, protocolo de autenticación y plataforma de despliegue y ejecución) son de código abierto por lo que una organización que quisiera replicar esta implementación podría realizarlo sin tener que pagar costos de licencias. Además, el sistema es fácilmente configurable por lo que no es necesario un esfuerzo significativo para replicarlo.

La utilización de dicho sistema permitirá a una organización simplificar el mecanismo de autenticación de sus sistemas ya existentes, reducir considerablemente el esfuerzo de la administración de las credenciales de los usuarios por parte de los administradores de la red y mejorar la experiencia de usuario para los miembros de la organización, ya que no necesitarán utilizar distintas credenciales para cada uno de los sistemas de la misma.

7. Trabajo futuro

Se propone continuar con esta línea de trabajo por dos caminos principales. El primero será la implementación de herramientas que simplifiquen la administración de los usuarios que se autentican utilizando este servicio por parte de los administradores. El segundo consistirá en definir lineamientos o prácticas para la migración de sistemas existentes hacia la utilización de este servicio centralizado.

8. Referencias

- [1] A. Adams y M. A. Sasse, «Users are not the enemy,» *Commun. ACM* 42, pp. 40-46, 1999.
- [2] The Open Group, «Single Sign-On,» 1997.
- [3] J. De Clercq, «Single Sign-On Architectures. En Infrastructure Security,» Springer Berlin Heidelberg, 2002, pp. 40-58.
- [4] F. Piedad, *High Availability: Design, Techniques and Processes*, Prentice Hall, 2000.
- [5] N. Sakimura y J. Bradley, «OpenID Connect Core 1.0,» 2014.
- [6] N. Ragouzis, J. Hughes, R. Philpott y E. Maler, *Security Assertion Markup Language (SAML) V2.0 Technical Overview*, 2006.
- [7] D. Mazurek, «CAS Protocol 3.0 Specification,» Apereo, Inc., 2015.
- [8] T. Imamura, B. Dillaway, E. Simon, Y. Kelvin y M. Nystrom, *XML Encryption Syntax and Processing Version 1.1, W3C, Recommendation*, 2013.
- [9] M. Jones y J. Hildebrand, «JSON Web Encryption (JWE) RFC 7516,» 2015.
- [10] D. Eastlake, J. Reagle, D. Solo, F. Hirsch y M. Nyström, *XML Signature Syntax and Processing Version 1.1, W3C Recommendation*, 2013.
- [11] M. Jones, J. Bradley y N. Sakimura, «JSON Web Signature (JWS) - RFC 7515,» 2015.
- [12] R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frystyk, L. Masinter y P. Leach, *Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1*, 1999.
- [13] D. Richter, M. Konrad, K. Utecht y A. Polze, «Highly-Available Applications on Unreliable Infrastructure: Microservice Architectures in Practice,» de *2017 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C)*, Praga, 2017.
- [14] J. Rod, J. Hoeller y K. Donald, «Spring Framework Reference Documentation,» 2004.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [15] Solid IT, «DbEngines,» [En línea]. Available: <https://db-engines.com/en/ranking>. [Último acceso: 10 09 2018].
- [16] E. A. Brewer, «Towards robust distributed systems,» de *Principles of Distributed Computing*, Portland, 2000.
- [17] K. Banker, *MongoDB in Action*, Greenwich, CT, USA.: Manning Publications Co., 2011.
- [18] F. Chang, J. Dean, S. Ghemawat, W. C. Hsieh, D. A. Wallach, M. Burrows, T. Chandra, A. Fikes y R. E. Gruber, «Bigtable: A Distributed Storage System for Structured Data.,» *ACM Trans. Comput. Syst.* , Vols. %1 de %226, 2, Article 4, p. 26, 2008.
- [19] D. Axmark y M. Widenius, «MySQL 5.7 reference manual,» Oracle, Redwood Shores, CA, 2015.
- [20] S. Kyoung-Taek y Hwang, *Performance Comparison Analysis of Linux Container and Virtual Machine for Building Cloud.*, 2014.
- [21] Docker Inc., «Docker Reference documentation,» [En línea]. Available: <https://docs.docker.com/reference/>. [Último acceso: 2018 Agosto 10].
- [22] Red Hat Inc., «CoreOS Documentation,» [En línea]. Available: <https://coreos.com/docs>. [Último acceso: 15 Agosto 2018].
- [23] CANONICAL, «LXD,» [En línea]. Available: <https://lxd.readthedocs.io/en/latest/>. [Último acceso: 15 Agosto 2018].
- [24] P. Mockapetris, «Domain Names - Implementation and Specification - RFC 1035,» 1987.

Una Propuesta de Red Social para Dispositivo Tablet: Mejorando la Experiencia de los Adultos Mayores

Claudia Cardozo, Adriana Martin, Viviana Saldaño, Gabriela Gaetán

Grupo de Investigación y Formación en Ingeniería de Software (GIFIS)

Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Unidad Académica Caleta Olivia (UACO)

claudia_yoryi@yahoo.com.ar; adrianaelba.martin@gmail.com; vsaldanio@gmail.com;

gabrielagaetan@yahoo.com.ar

Resumen

Las redes sociales propician que personas de distintas franjas etarias e independientemente de las distancias geográficas que las separan, mantengan una interacción fluida con familiares y amigos. No obstante, es habitual observar que el diseño y funcionalidad ofrecidos por estas aplicaciones Web, no es el esperado por los usuarios adultos mayores, frustrando sus expectativas de uso. En trabajos anteriores, hemos estado desarrollando un conjunto de recomendaciones de diseño para mejorar la experiencia en Facebook y desde dispositivos tablet de los usuarios adultos mayores. En este trabajo, basados en estas recomendaciones y los fundamentos de la metodología Lean UX, proponemos un ciclo de diseño para desarrollar un prototipo alternativo de red social, cuyas interfaces de usuario se enfoquen en atender las necesidades de acceso e interacción de la población de adultos mayores.

1. Introducción

Las redes sociales son “comunidades virtuales”. Es decir, plataformas de Internet que agrupan a personas que se relacionan entre sí y comparten información e intereses comunes. Este es justamente su principal objetivo: entablar contactos con gente, ya sea para reencontrarse con antiguos vínculos o para generar nuevas amistades [1].

Tradicionalmente el medio usado para acceder a las redes sociales ha sido la computadora de escritorio, la cual permite, y desde la comodidad de estar cómodamente sentado en un lugar de preferencia, acceder e interactuar en la red social. Hoy en día, y debido a los grandes avances tecnológicos, nos encontramos con la posibilidad de acceder a las redes sociales, sitios Web y diversidad de aplicaciones desde una variedad de dispositivos móviles: teléfonos celulares y tablet. A su vez, estos dispositivos móviles plantean un nuevo escenario para su uso, en el

cual el usuario puede estar en movimiento, en un lugar público o privado, con o sin conexión a internet y con una pantalla táctil de dimensiones variadas.

Considerando que se ha generalizado el uso de las redes sociales por parte de las personas de todas las edades, la población de adultos mayores (AM) se ha visto obligada a cambiar sus mecanismos de comunicación, para poder mantenerse en contacto con sus amigos y seres queridos. Así, el uso de las tecnologías y en particular, de las redes sociales, es un hecho creciente en este grupo poblacional, que muestra un marcado crecimiento en todas las sociedades. En particular, se observa que este grupo de usuarios está experimentando una preferencia a utilizar las redes sociales desde dispositivos del tipo tablet. Siguiendo estos conceptos y teniendo presente las barreras existentes entre los AM y la Web [2], nos encontramos con redes sociales como Facebook cuyo diseño y funcionamiento dificultan su uso por parte de los usuarios AM, y más aún, si la interacción se lleva a cabo desde un dispositivo de dimensiones reducidas con respecto a la computadora convencional de escritorio. En este contexto, no existen dudas acerca de la necesidad de diseñar mejores interfaces de usuario que contribuyan a fortalecer la experiencia de los usuarios AM en el acceso e interacción desde este tipo de dispositivos móviles.

Nuestro “Grupo de Investigación y Formación en Ingeniería de Software” (GIFIS)¹, de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)², Unidad Académica Caleta Olivia (UACO)³, ha estado trabajando en mejorar la experiencia en el uso de redes sociales de este grupo de usuarios, contribuyendo de esta manera, a cerrar la denominada “brecha digital”. En esta dirección, hemos publicado valiosos aportes y recursos para el diseño considerando la experiencia de usuario (UX), tales como [3][4][5][6][7][8][9] y [10], entre muchos otros.

¹ <<http://www.unpa.edu.ar/cecyt/1876/grupo/gifis/>>

² <<http://www.unpa.edu.ar/>>

³ <<http://www.uaco.unpa.edu.ar/uaco/>>

Teniendo presente los resultados de una revisión exhaustiva del estado-del-arte y la experiencia recabada durante años de investigación y producción en el área de diseño de interfaz de usuario (IU), en este trabajo, aplicamos las recomendaciones de diseño [7] [8] desarrolladas en mejorar la experiencia de los AM con Facebook y desde dispositivos móviles del tipo *tablet* en el diseño de una propuesta alternativa de red social para este grupo de usuarios. A fin de alcanzar este objetivo, y basados en una adaptación del ciclo Lean UX [12], se propone un diseño alternativo de la red social para ser accedida desde dispositivo móvil de tipo *tablet* por usuarios AM.

El presente trabajo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2, presentamos un análisis de la metodología ágil, Lean UX, mientras que en la Sección 3 describimos brevemente los trabajos relacionados producto de la revisión del estado-del-arte. En la Sección 4, presentamos y describimos nuestro ciclo de prototipación centrado en los AM. En la Sección 5, aplicamos el ciclo de prototipación centrado en los AM. En la Sección 6 presentamos los resultados obtenidos y finalmente, en la Sección 7, exponemos las conclusiones y explicamos el trabajo futuro.

2. UX y Metodologías Ágiles: Lean UX

A lo largo de los años, las metodologías de desarrollo utilizadas en el entorno digital han evolucionado sustancialmente para dar soluciones a los cambios del sector [11]. En consecuencia, el proceso de diseño también ha cambiado internamente y ha ganado una posición cada vez más central en el planteamiento de estas metodologías. Uno de los desafíos que vienen enfrentando las metodologías de desarrollo, es considerar la UX en el proceso de diseño. La UX es un concepto difícil de definir, y más aún, de lograr e implementar en el diseño de productos. Las propuestas UX, deben aportar a que una IU de cualquier tipo (por ejemplo, las de un sistema de software, un sitio Web o una aplicación móvil), propicie el acceso e interacción de sus usuarios, generando una experiencia satisfactoria. Las metodologías ágiles, ofrecen una alternativa, proponiendo la integración de técnicas de UX para lograr la participación directa de los diseñadores y de los destinatarios del producto en el proceso.

Analizadas las metodologías ágiles actuales, procedemos a describir Lean UX [12], metodología que utilizamos en este trabajo en conjunto con las recomendaciones de diseño [7][8] para el diseño del prototipo de red social. Consideramos que Lean UX no sólo proporciona buenos fundamentos para el desarrollo ágil considerando la eXperiencia de Usuario (UX), sino que además, nos permite la incorporación de herramientas conceptuales y prácticas para el tratamientos de aspectos específicos referidos al grupo de usuarios que motiva

nuestro trabajo. Basada en los principios ágiles, Lean UX permite obtener rápidamente un producto entregable para ser evaluado por el usuario, eligiendo un camino colaborativo y multifuncional, dando más importancia a la creación de un entendimiento común de la experiencia de usuario que se está diseñando que a la creación y entrega de documentación.

A continuación, en la Figura 1 se presenta el proceso básico propuesto por Lean UX, compuesto por 4 pasos.



Figura 1. El proceso Lean UX [12]

Paso 1: Declarar Suposiciones e Hipótesis/ Definir Funciones

Lean UX no inicia con requerimientos sino con supuestos, a partir de supuestos, se crean y validan hipótesis, y a partir de la validación de hipótesis, se mide si se consiguen los resultados esperados. Las tareas que incluye este paso son:

- Declarar las suposiciones
- Priorizar las suposiciones con la matriz de priorización
- Transformar cada suposición en una declaración de hipótesis, especificando un mecanismo de validación
- Identificar los usuarios del sistema usando el método de protopersonas
- Definir las funciones a desarrollar, teniendo presente los resultados de las hipótesis y los usuarios de sistema

Paso 2: Crear un PMV (Producto Mínimo Viable),

Se crea un PMV, es decir, el desarrollo más pequeño que pueda construirse para validar cada hipótesis, a través de experimentos. Este PMV es mostrado al cliente para tener un *feedback* y poder usar lo aprendido. Si la hipótesis es válida, debe perfeccionarse; si es errónea, debe abandonarse. De esta forma se realiza la iteración y se comienza todo el proceso de nuevo.

Para crear los PMV se preparan prototipos que le permita al usuario simular cómo será el uso del producto o servicio en cuestión. Dependiendo de su complejidad existen prototipos de baja fidelidad, mediana fidelidad y alta fidelidad.

Paso 3: Poner en Marcha un Experimento

Los prototipos ayudan a mostrar a los directivos y dueños del proyecto cómo va el trabajo. Cuánto más se exponga el PMV a las miradas ajenas, habrá más

conocimiento para validarlo. El siguiente paso será llevarlo a los clientes actuales y a los clientes potenciales, hay que permitir que lo investiguen y que lo utilicen libremente para obtener todo el feedback posible sobre la experiencia de usuario.

Paso 4: Feedback e Investigación

Para probar el PMV y verificar la hipótesis, Lean UX toma las técnicas de investigación de mercado de UX, uniendo dos ideas importantes. En primer lugar, la investigación con esta metodología es continua, lo que significa que estas actividades se realizan en cada *sprint* del producto. En segundo lugar, la investigación de Lean UX es colaborativa, las responsabilidades de esta labor son responsabilidad de todo el equipo y se comparten entre todos.

El objetivo de todo este proceso es crear un conocimiento rico y compartido entre todos los miembros del equipo.

3. Trabajos Relacionados

Analizando distintos proyectos e investigaciones que tienen como objetivo fomentar el uso de las redes sociales en los AM, y en particular desde dispositivos móviles de tipo *tablet*, a continuación, seleccionamos un conjunto de trabajos relacionados.

3.1. Gomes *et al.*

En [13], se presenta un estudio en el que a través de una serie de observaciones directas, entrevistas y grupos de discusión, se identifican recomendaciones para el diseño de redes sociales dirigidas a personas mayores. Estas recomendaciones se tendrán en cuenta para el diseño de interfaces de redes sociales con un enfoque en usuarios mayores.

Las recomendaciones sugieren la inclusión de un grupo de "favoritos" con los contactos de mayor interacción, hacia y desde los cuales el usuario podría publicar y ver actualizaciones. Los participantes dieron varias indicaciones de que la interacción debe centrarse en la familia. Relacionado con el contenido de Facebook, las recomendaciones son para dar más relevancia a las fotos e imágenes que a otros tipos de contenido. También los participantes sugirieron que el suministro de noticias de Facebook debe incluir algún mecanismo para el filtrado de contenido. Además, los participantes sugirieron que las funcionalidades relacionadas con "amigos de amigos" o "conocer nuevas personas" deben evitarse o ser opcionales. En cuanto a los conceptos de interfaz, los participantes sugirieron que debe ser simple, constante (dado que la interfaz de Facebook se actualiza también) y proporcionar "puntos de seguridad", es decir, formas claras para que el usuario regrese a la página de inicio de

la aplicación, así como como evitar los términos y el contenido de la interfaz de lenguaje no nativo.

Con estas recomendaciones se crearon prototipos de interfaz para dispositivo *tablet* para personas mayores que acceden a los servicios de Facebook, tal como se muestra en la Figura 2, distinguiendo 3 áreas de enfoque principales: publicación de contenido, visualización de contenido y gestión de eventos.



Figura 2: Soporte del prototipo para la gestión de eventos (izquierda) y la presentación del gráfico familiar (derecha) [13]

Publicación de Contenido: La funcionalidad aborda las cuestiones de privacidad, permitiendo que el usuario elija quién podrá ver su publicación. Aunque esta característica ya se implementó en Facebook Mobile, varios de los participantes no sabían de su existencia.

Visualización de Contenido: se centra en el contenido relacionado con la familia, así como la posibilidad de buscar por tipo de contenido o por número de me gusta.

Administración de Eventos: se centra en la creación, edición y eliminación de eventos, como así también filtros para permitir al usuario ver los eventos que fueron creados por él o ella, amigos o amigos de amigos.

El procedimiento aplicado por los autores, incluye un estudio de usuario donde se comparó la aplicación nativa de Android de Facebook y el prototipo diseñado de acuerdo con las recomendaciones de diseño. El estudio se realizó tanto en un hogar de ancianos como en una universidad de alto nivel, con 10 participantes diferentes. Todos los participantes ya tenían una cuenta de Facebook, pero nunca habían usado la aplicación original de Facebook en un dispositivo móvil.

En la Figura 3, se presentan los resultados obtenidos con una vista general de la facilidad de la tarea percibida del participante, tanto en la aplicación original de Facebook como en el prototipo, y la utilidad.

Numero	Descripción de Tarea	Facilidad		Utilidad
		Aplicación Nativa	Prototipo	
1	Login	-	-	-
2	Publicación	1.9	4.9	3.7
3	Ver novedades	3.9	4.9	4.6
4	Ver familia	0.2	4.4	3.9
5	Ver novedades de familiares	1.2	4.0	3.5
6	Ver novedades del medio	0.3	3.4	3.1
7	Ver eventos	2.2	4	3.4
8	Crear eventos	1.9	4.5	3.5
9	Cancelar invitación	2.6	4	3.7

Figura 3. Facilidad subjetiva promedio tanto en la aplicación nativa como en el prototipo, y la utilidad percibida para cada tarea. Rango de escala de 0 (más bajo) a 5 (más alto) [13](Traducción)

Los resultados del estudio muestran que los usuarios experimentan varias dificultades al realizar tareas familiares en la aplicación nativa de Facebook. El análisis cuantitativo ha demostrado que las tareas en el prototipo eran mucho más fáciles de realizar, en contraste con las tareas realizadas en la aplicación móvil nativa de Facebook. Con la excepción de leer el suministro de noticias, todas las demás tareas fueron notoriamente más fáciles de realizar con el prototipo.

Observamos que la investigación realizada por Gomes *et al.*, contribuye notablemente a poner en evidencia las dificultades experimentadas por los AM al usar la aplicación Facebook. Estas dificultades son consideradas por los autores al diseñar un prototipo de interfaz a través del planteo de recomendaciones, las cuales se aplican en una propuesta que logra una mayor aceptación en comparación con la aplicación original de Facebook. Sin embargo, detectamos que es necesario realizar un análisis más exhaustivo para no solamente identificar, sino que también especificar completamente, un mayor número de recomendaciones para atender a la problemática de facilitar las tareas más usadas por los AM en una red social. Consideramos además, que el diseño interactivo e incremental de prototipos de interfaz, posibilita la participación activa de los usuarios AM durante las distintas instancias del desarrollo y hasta la obtención del producto final. Otro punto importante a señalar de la propuesta de Gomes *et al.*, es que presenta una apariencia que difiere notablemente de la original de Facebook, en aspectos tales como: menú de selección, vocabulario, iconografía, distribución de elementos y colores usados; consideramos que ello puede llegar a ser un inconveniente, debido a que demandará un aprendizaje para su uso no sólo por parte del adulto mayor, sino que también de su entorno familiar.

3.2. Enred@te

La Fundación Tecnologías Sociales (TECSOS)⁴, junto con Cruz Roja Española⁵ y Fundación Vodafone⁶, ha desarrollado el proyecto ENRED@TE⁷. Enred@te define una red social digital accesible para que personas mayores puedan conocer a otras personas, se comuniquen y se mantengan informados a través de diferentes contenidos de interés [14]. En esta red las personas mayores y los voluntarios de Cruz Roja Española, interactúan para fortalecer las relaciones habituales en el contexto de la atención y el apoyo. La red es accesible a través de dispositivos *tablet* con sistema operativo Android (principalmente para los usuarios mayores) y PC (principalmente para los voluntarios).

La aplicación de usuario de Enred@te, que funciona sobre los dispositivos *tablet*, presenta dos funcionalidades, a las que se puede acceder desde la pantalla de inicio: Punto de Encuentro y Contenidos. A continuación se describen brevemente cada una de estas funcionalidades.

Punto de Encuentro: los usuarios/as acceden a la lista de contactos de las personas a las que pueden llamar, se puede visualizar una ficha por contacto que contiene: nombre, foto y una breve descripción de la persona. En cada ficha tienen un botón directo para iniciar una llamada, tal como ilustra la Figura 4.



Figura 4. Pantalla del perfil de la persona usuaria [14]

Contenidos: los usuarios/as acceden a una lista de vídeos con contenidos de interés para las personas mayores, como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Pantalla de contenidos [14]

⁴ <https://fundaciontecsos.es/es>

⁵ <https://www.cruzroja.es/principal/web/cruz-roja/inicio>

⁶ <http://www.fundacionvodafone.es/>

⁷ <http://www.enredatecruzroja.org/webapp/>

Los territorios que participaron, son aquellos de la red de Cruz Roja Española que mostraron implicación, interés y motivación: Burgos, Valladolid, Madrid (capital y Buitrago) y Barcelona. En total ha habido una participación de 22 personas usuarias, con una media de edad de 73,8 y 9 voluntarios.

La recopilación de información se realizó en 2 fases: Cuestionarios de evaluación y Grupos de discusión.

Loa autores informan los siguientes resultados, extraídos de los Cuestionarios a Usuarios:

- Al 100% de los usuarios le parece útil, al 100% le gusta y al 100% le parece que es un buen sistema para conocer otras personas y mantener la comunicación a distancia.
- Al 88% le ha servido para sentirse más acompañado y conocer a personas nuevas.
- Al 100% le ha servido Enred@te para ampliar su red de contactos.
- Aunque el 88% de los usuarios nunca había utilizado una *tablet*, al 94,1% le ha parecido una tecnología de uso fácil. Aunque, en torno a la mitad de los participantes, el 52,9% manifestó haber necesitado ayuda para utilizarla.

Según estos porcentajes, observamos que Enred@te es una solución interesante y útil para las personas mayores en situación de soledad, ya que les permite conocer a otras personas y comunicarse con ellas; tanto la tablet como la aplicación, les han resultado de fácil manejo.

De acuerdo a lo expuesto, el proyecto Enred@te facilita el contacto con otras personas mayores y el acceso a contenido de interés. Sin embargo, observamos que las personas mayores minimizan el sentimiento de soledad al incrementar su interacción social, al tener la posibilidad de contactarse con familiares y acceder a diversos grupos de interés que no sean necesariamente circunscriptos a los AM, por ejemplo, noticias, turismo, etc. Observamos que este interesante proyecto está diseñado para AM específicamente seleccionados por la Cruz Roja Española y voluntarios de la misma, por lo que el acceso está circunscripto sólo al ámbito de esta organización. Además, tal como ya señalamos con anterioridad para la propuesta presentada en Sección 3.1, Enred@te al ser una alternativa diferente a la red social Facebook, requiere de un aprendizaje específico de la aplicación por parte de los participantes pertenecientes a la Cruz Roja Española.

3.3. Cardozo et al.

En [7][8] se propone un conjunto de 23 Recomendaciones de Diseño (RdeD) para mejorar la experiencia de los usuarios AM cuando interactúan con las redes sociales desde dispositivos móviles, y en particular, dispositivos del tipo *tablet*. Para ejemplificar la aplicación de las recomendaciones propuestas, se desarrolla un primer prototipo de red social alternativo a

Facebook. Finalmente, los resultados de este trabajo demuestran que es factible diseñar una red social que se enfoque en considerar las preferencias y necesidades de los AM.

La Figura 6, ilustra el proceso por el cual se está trabajando en la elaboración de estas recomendaciones.

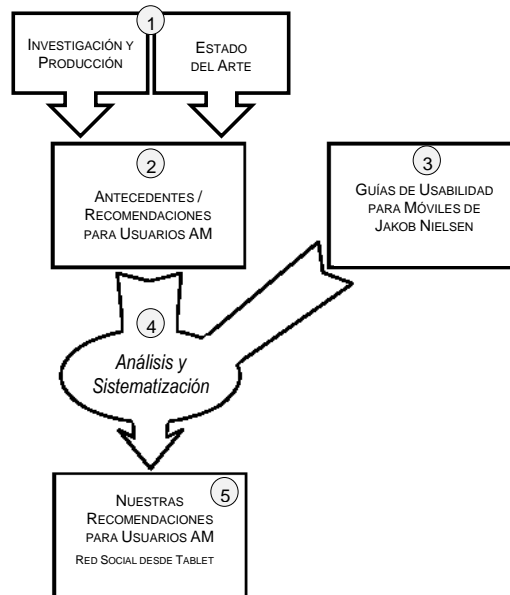


Figura 6. Proceso de Análisis y Sistematización [7][8]

A los efectos de facilitar la comprensión de la Figura 6, los pasos del proceso de análisis y sistematización de las RdeD, se identifican por un número compuesto por el número de figura seguido por el número de paso; por ejemplo, Figura 6.4, hace referencia al paso 4 de la Figura 6. A continuación, utilizamos esta notación para identificar y presentar brevemente los pasos del proceso; para más detalles, remitirse a [7][8].

En la Figura 6.1, la experiencia de GIFIS (Grupo de Investigación y Formación en Ingeniería de Software)⁸, conjuntamente con una revisión exhaustiva del estado-del-arte, constituyen los antecedentes (Figura 6.2), que dan soporte al proceso.

En la Figura 6.3, las guías de diseño de reconocidos referentes en área de usabilidad [15][16], proveen una entrada adicional que aporta a la mejora de la UX en dispositivos móviles.

Sobre esta sólida base de conocimientos de entrada, en la Figura 6.4, se realiza un proceso de análisis y sistematización dirigido por la experiencia recopilada durante años de trabajo con usuarios AM.

⁸ <http://www.unpa.edu.ar/cecyt/1876/grupo/gifis>

Finalmente, en la Figura 6.5, el resultado es un conjunto de RdeD específicamente dirigido a usuarios AM para mejorar la experiencia en el acceso e interacción con las redes sociales y desde dispositivos móviles del tipo *tablet*.

CATEGORÍA	RECOMENDACIÓN
1-Contenido	<p>1.1 El contenido debe mostrarse de forma clara, concisa y sin redundancias.</p> <p>1.2 No incluir publicidades, avisos de juegos o eventos ajenos al propósito de la aplicación.</p>
2-Organización de Página	<p>2.1 Proporcionar la acción de deshacer asociada a todas las funciones de la aplicación, aunque el dispositivo móvil tenga un botón para ello.</p> <p>2.2 Ubicar la barra de pestañas y las opciones de búsqueda y filtro en la parte superior de la pantalla, para tener consistencia con las aplicaciones de escritorio. Permanecer visibles en todas las páginas.</p> <p>2.3 Reducir siempre que sea posible, la necesidad de realizar extensos desplazamientos horizontales y/o verticales dentro de la página.</p>
3-Presentación de la Información	<p>3.1 Proveer una interfaz simple, guardando similitud con la interfaz de las aplicaciones de escritorio</p> <p>3.2 El criterio de búsqueda debe ingresarse por defecto en letra mayúscula</p> <p>3.3 Facilitar el ingreso de datos mediante el uso de micrófono y/o cámara web.</p> <p>3.4 Ingreso por defecto de contraseñas en modo no enmascarado. Brindar la opción de enmascarar, si lo desea el usuario.</p> <p>3.5 Mostrar el teclado virtual en letras mayúsculas, de existir limitaciones técnicas impuestas por el sistema operativo permitir al menos visualizar el ingreso de datos en mayúsculas.</p> <p>3.6 Mostrar mensajes de error y alertas en la misma página que se está visualizando y no en ventanas emergentes. Si es posible, estos mensajes deben mostrarse en el mismo momento que se producen, evitando mostrarse después, cuando la acción que los provocó ya finalizó.</p> <p>3.7 Incluir mensajes claros de instrucción y/o ayuda. En caso de requerirse vocabulario técnico proporcionar un ejemplo claro.</p> <p>3.8 Utilizar tipografía con un tamaño estándar de 14 puntos y asegurar contraste fuerte entre el color del texto y el color del fondo.</p>
4-Vínculos y Navegación del Sitio	<p>4.1 No agregar funcionalidad innecesaria que aumente la complejidad de la interfaz</p> <p>4.2 La interfaz debe proporcionar algún vínculo para volver a la página inicial, en todas las páginas de la aplicación.</p> <p>4.3 La barra de pestañas debe ser simple, mostrar solamente las opciones más relevantes, que son efectivamente utilizadas por los adultos mayores</p> <p>4.4 Los elementos navegables, como barras de pestañas y vínculos, deben ser estáticos.</p> <p>4.5 La interfaz debe ofrecer mecanismos fácilmente reconocibles para deshacer acciones o volver al inicio.</p>
5-Áreas y Elementos Objetivo	<p>5.1 Los íconos utilizados en la interfaz deben ser íconos estándar, utilizados en otras aplicaciones. En caso de crearse íconos nuevos, estos deben asemejarse a elementos conocidos de la vida cotidiana (diseño <i>skeuomorphism</i>).</p> <p>5.2 Limitar la cantidad de áreas objetivo a 10 por pantalla de la interfaz.</p> <p>5.3 En los dispositivos táctiles, los elementos que puedan ser objetivo deben tener un diseño acorde que sugiera la tarea a ejecutar; por ejemplo, íconos/ botones con apariencia 3D (diseño <i>affordance</i>).</p> <p>5.4 Las áreas objetivo deben ocupar una superficie mínima de 1,5 cm (ancho) x 1 cm (alto), y tener una distancia de separación mínima de 1 cm entre ellas.</p> <p>5.5 Para las tareas más usadas, complementar los diseños <i>skeuomorphism</i> y <i>affordance</i>, con un texto descriptivo, que permita reforzar la correcta comprensión de los mismos.</p>

Figura 7. RdeD para AM [7][8]

El conjunto resultante de las 23 RdeD para usuarios AM, se organiza en 5 categorías, como se muestra en la Figura 7.

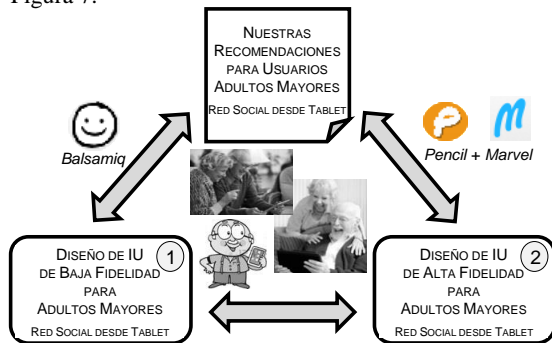


Figura 8. Gráfica del ciclo de prototipado (CdeP) centrado en los AM [7][8]

A los efectos de demostrar la aplicación de estas recomendaciones, se utilizan dos herramientas de prototipado para proponer un conjunto de interfaces de usuario apropiadas para el acceso e interacción de los AM

con una red social y desde una *tablet*. La Figura 8., ilustra nuestra primera aproximación a un CdeP centrado en los AM y basado en RdeD. En esta propuesta de desarrollo, se trabaja con prototipos de baja fidelidad y de alta fidelidad. Para permitir la participación activa de los usuarios se desarrolló en primera instancia un prototipo de baja fidelidad utilizando *Balsamiq Mockups 3*⁹, que permitió recabar la opinión de los usuarios, quienes tuvieron tempranamente una idea de cómo sería la aplicación y las tareas que realizaría. A partir de estas opiniones, se analizan las posibles mejoras de diseño, y se realizó en segunda instancia un prototipo de alta fidelidad utilizando *Pencil*¹⁰ + *Marvel*¹¹, con pantallas mucho más elaboradas y donde el usuario tenía acceso al aspecto final de la aplicación.

La propuesta resultante despierta gran interés en los AM, ya que, a partir de las necesidades de este grupo de usuarios, se propone un conjunto de RdeD basadas en principios de usabilidad. Estas recomendaciones pueden aplicarse al diseño de una red social alternativa de Facebook para ser desplegada en dispositivos móviles de tipo *tablet*.

Con la motivación de estos antecedentes, se fundan las bases para continuar nuestra investigación hacia una propuesta de ciclo de prototipado ágil que dirigido por RdeD esté centrado en mejorar la UX de los AM cuando interactúan con una red social desde *tablet*.

4. Ciclo de Prototipado centrado en los AM

El trabajo resultante de [7][8], sentó las bases del presente trabajo, el cual se enfoca en la necesidad de proponer una alternativa de red social cuyos diseños de IU contemplen las necesidades de los AM, específicamente, cuando acceden desde dispositivos de tipo *tablet*.

A los efectos de mejorar la UX de los AM, surge la necesidad de un enfoque que los involucre directamente en la interacción, y que les proponga tempranamente diseños sobre los cuales poder incrementar hacia el producto final.

Luego de revisar las propuestas de metodologías ágiles, proponemos un ciclo de prototipado basado en el proceso de Lean UX [12]. La ejecución de los 4 pasos propuestos por esta metodología, son customizados para que el ciclo de desarrollo de los prototipos esté conducido por las RdeD (Figura 7). La Figura 9, ilustra nuestro ciclo de prototipado resultante, el cual está: (i) centrado en los AM, (ii) basado en la metodología ágil Lean UX y (iii) conducido por nuestras RdeD. Nuevamente, y tal como explicamos con anterioridad en la Sección 3.3, a los efectos de asistir a la comprensión del ciclo propuesto,

⁹ <https://balsamiq.com/>

¹⁰ <https://pencil.evolus.vn/>

¹¹ <https://marvelapp.com/>

aplicamos la notación compuesta por el número de figura seguido por el número de paso para identificar a cada paso; por ejemplo, Figura 9.1, hace referencia al paso 1 de la Figura 9.

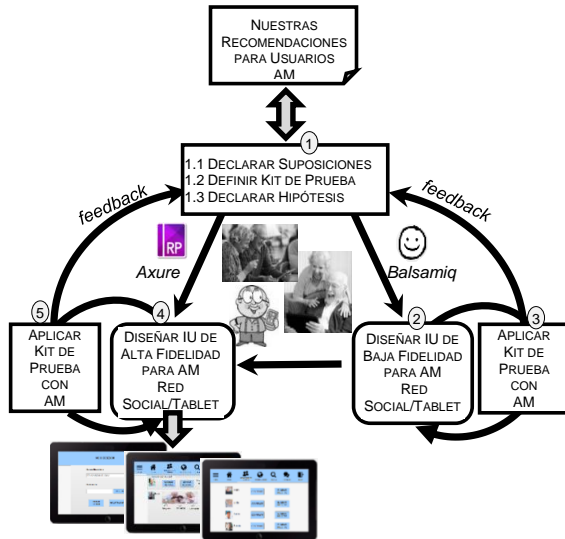


Figura 9. Gráfica del CdeP centrado en los AM

A continuación, se explica de manera general el CdeP centrado en los AM que describe la Figura 9; mientras que en la Sección 5, describimos detalladamente la aplicación paso a paso del CdeP.

En la Figura 9, se indica que las RdeD [7][8], son la única entrada al CdeP centrado en los AM. Es importante destacar, que nuestras RdeD conducen todo el CdeP, ya que asisten en la definición y guían la ejecución de los pasos (y sus respectivas actividades).

En la Figura 9.1, se customiza el Paso 1 de la metodología Lean UX (ver Sección 2) en 3 actividades: (9.1.1) Declarar Suposiciones; (9.1.2) Definir Kit de Prueba y (9.1.3) Declarar Hipótesis. Este paso (y el resultado de ejecutar sus 3 actividades), resulta crucial al desarrollo del CdeP, ya que forma parte de los 2 bucles principales iterativos e incrementales destinados a producir los prototipos de baja fidelidad (bucle compuesto por Figuras 9.1, 9.2 y 9.3), y de alta fidelidad (bucle compuesto por Figuras 9.1, 9.4 y 9.5), respectivamente. En primera instancia, basándonos en las RdeD [7][8] y la opinión de los usuarios AM obtenida a través de la experiencia de trabajo de nuestro grupo de investigación, en la Figura 9.1 se declara una Lista de Suposiciones acerca de las características y funcionalidades ofrecidas en la IU de la red social Facebook. Debido a que la confección de la Lista de Suposiciones esta guiada por nuestras RdeD y la opinión de los usuarios AM, todas ellas deben ser consideradas en el desarrollo de los prototipos y por lo tanto, se omite la instrumentación de la

Matriz de Priorización de Suposiciones propuesta por Lean UX (ver Sección 2). A partir de cada suposición se declara una Lista de Hipótesis; y debido a que cada hipótesis debe ser validada, en el CdeP se propone definir un Kit de Prueba compuesto por un Conjunto de Tareas, que permitirá disparar la interacción entre los usuarios AM y los diseños de IU propuestos por los prototipos de alta y baja fidelidad. Los AM participantes de la prueba, están identificados y modelados por el método de protopersonas, tal como lo propone Lean UX (ver Sección 2).

En la Figura 9.2, se propone un primer diseño de IU con un prototipo de baja fidelidad, usando la herramienta Balsamiq Mockups 3.

En la Figura 9.3, el prototipo de baja fidelidad es evaluado por los usuarios AM, quienes interactúan ejecutando las Tareas que componen el Kit de Prueba. El feedback obtenido permite validar el Listado de Hipótesis y determinar la continuidad (o no) del prototipo propuesto. De acuerdo al resultado obtenido en la validación de las hipótesis, se procede a mejorar el prototipo, o se plantea la revisión del Listado de Suposiciones, según corresponda. El entregable que resulta de ejecutar el bucle compuesto por Figuras 9.1, 9.2 y 9.3, es un prototipo de baja fidelidad final.

El bucle compuesto por Figuras 9.1, 9.4 y 9.5, es el encargado de llevar adelante el perfeccionamiento del prototipo. A tal fin, en la Figura 9.4, se propone un segundo diseño de IU con un prototipo de alta fidelidad, usando la herramienta Axure RP¹². En la Figura 9.5, el prototipo de alta fidelidad es evaluado por los usuarios AM, quienes interactúan ejecutando las Tareas que componen el Kit de Prueba. Nuevamente, el feedback obtenido determina la permanencia en el bucle y las acciones a tomar durante la continuidad de la ejecución del mismo.

Cabe señalar, que los Pasos 2, 3 y 4 de la metodología Lean UX (ver Sección 2), son customizados e implementados por los bucles compuestos por Figuras 9.1, 9.2 y 9.3, y Figuras 9.1, 9.4 y 9.5.

Finalmente, en la Figura 9, un prototipo de alta fidelidad es el entregable final producto de la ejecución completa del CdeP.

5. Aplicación del CdeP centrado en los AM

Nuestro objetivo es desarrollar un diseño alternativo de red social, enfocado en mejorar la UX de los AM desde dispositivo de tipo tablet. A tal fin, a continuación describimos detalladamente la ejecución paso a paso del CdeP centrado en los AM.

¹² <https://www.axure.com/>

Entrada: Nuestras Recomendaciones

Como ya hemos señalado con anterioridad y en reiteradas ocasiones, el conjunto de RdeD (Figura 7), son las que van a conducir todo el CdeP, desde el punto de entrada inicial y, a través de cada uno de los pasos, hasta el punto de salida y entrega de un prototipo final.

Paso 1: Suposiciones/ Kit de Prueba/ Hipótesis

En primera instancia, analizamos la red social Facebook teniendo presente la experiencia de nuestro grupo de investigación y que la misma será usada por los AM y desde dispositivos móviles del tipo *tablet*. Es importante volver a destacar, que las RdeD, son las que permiten mantener en mente este objetivo durante todos los pasos del CdeP.

1.1 Declarar Suposiciones: A partir de la propuesta de Lean UX para esta actividad (ver Sección 2), considerando que el desarrollo se centra en las necesidades de los AM y, tomando como punto de partida un diseño de red social ya existente (Facebook), la Lista de Suposiciones debe estar enfocada en el usuario. Para alcanzar este propósito, en la Figura 10, se customizan las preguntas de la Hoja de Suposiciones de Usuario de Lean UX [12].

Hoja Suposiciones de usuario	
1.	¿Cuáles son las funcionalidades más usadas?
2.	El contenido presentado ¿es preciso? ¿hay concordancia entre la distribución de los distintos elementos en la interfaz de la red social cuando se despliega en <i>tablet</i> de cuando se despliega en una computadora de escritorio? y ¿el vocabulario usado es apropiado para los usuarios?
3.	Conforme avanza por las distintas secciones de la red social ¿es posible volver en todo momento a la página inicial? o ¿es posible deshacer acciones realizadas por el usuario?
4.	¿Cuáles son las dificultades que se presentan al momento de ingresar datos?
5.	Respecto a los íconos usados para las distintas funcionalidades ¿el tamaño de los mismos es acorde a las necesidades de los usuarios? ¿son los mismos o similares a los de otras redes sociales/ aplicaciones? ¿evidencian la funcionalidad para las que se los usa? ¿hay algún ícono en la barra de pestañas que permita realizar búsqueda y/o filtros?

Figura 10. Hoja de Suposiciones de Usuario

Para declarar el Listado de Suposiciones, las preguntas planteadas en la Hoja de Suposiciones de Usuario, se responden considerando las RdeD, que reflejan las necesidades de los usuarios AM. En la Tabla 1, se muestra la Lista de Suposiciones resultantes.

Tabla 1. Lista de Suposiciones

PREGUNTA	SUPOSICIÓN
1	1. La red social ofrece muchas funcionalidades que sobrecargan la interfaz e impide identificar con facilidad las funcionalidades más usadas por los AM, las que son: iniciar sesión, cerrar sesión, buscar contacto, aceptar solicitud de amistad, enviar mensaje, realizar publicación y ver notificaciones.
2	2. El contenido presentado usa vocabulario confuso para los AM, incluye publicidades y/o anuncios que no son relevantes para los AM y con algunas diferencias entre la versión de escritorio y para <i>tablet</i> .
3	3. Los AM a medida que avanzan por distintas secciones de la red social no siempre pueden retornar directamente a la página inicial y además no todas las acciones que realizan las pueden deshacer fácilmente.
4	4. Al ingresar datos el teclado es muy pequeño y los datos enmascarados como contraseñas resultan de gran dificultad para los AM.
5	5. Los AM tienen dificultad para: clicar en los íconos debido a que el tamaño de los mismos es en general pequeño, para asociar un ícono con su correspondiente funcionalidad, es decir, no todos los íconos evidencian su funcionalidad y presentan dificultad para localizar las opciones de búsqueda y/o filtro.

1.2 Definir Kit de Prueba: En la Tabla 2, planteamos un Kit de Prueba que será ejecutado por los usuarios AM para evaluar los prototipos. Tal como se observa, el Kit de Prueba propuesto incluye las columnas 3 y 4 para asociar las Tareas a su respectivo prototipo (de baja o de alta fidelidad). Es decir, cada Tarea esta destinada a ejecutarse sólo para evaluar alguno de los prototipos (de baja o de alta fidelidad). Esta asociación divide el Kit de Prueba en 2 conjuntos de Tareas a ejecutar por parte de los usuarios AM para cada uno de los bucles de prototipado.

Tabla 2. Kit de Prueba

Tarea	Acción a Evaluar	P. Baja Fidelidad	P. Alta Fidelidad	Suposición Asociada	Recomendación Aplicada
1-Iniciar Sesión/ Cerrar Sesión	<ul style="list-style-type: none"> Identificar los controles para el ingreso de datos (correo electrónico y contraseña) Ingresar datos: usuario y contraseña Identificar y Seleccionar el botón para iniciar sesión Identificar y Seleccionar el ícono para cerrar sesión 	X	X	1,2,4,5	1.1, 2.3, 3.1, 3.4, 3.5, 3.8, 4.1, 5.2, 5.4 Considerar en cerrar sesión: 4.4 y 5.1
2-Buscar un contacto	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y Seleccionar el ícono de búsqueda de contacto Identificar el control para el ingreso de datos para la búsqueda Ingresar datos para realizar la búsqueda Confirmar la búsqueda Identificar y Seleccionar el ícono para retomar a la página principal 	X	X	1,2,4,5	1.1, 1.2, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.5, 3.8, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4
3-Enviar Mensaje	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y Seleccionar el ícono para enviar mensajes Identificar y Seleccionar un contacto existente Ej: Carmen Identificar y Seleccionar el botón para escribir o grabar un mensaje Escribir el mensaje Grabar el mensaje Identificar y Seleccionar el botón para enviar el mensaje Eliminar mensaje Identificar y Seleccionar el ícono para retomar a la página principal 	X	X	1,2,3,4,5	1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 3.8, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4
4-Realizar Publicación	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y Seleccionar el botón para definir el tipo de publicación (escribir texto o grabar audio) Escribir la publicación Grabar la publicación Identificar y Seleccionar el botón para Publicar Identificar y Seleccionar el botón para Eliminar Identificar y Seleccionar el ícono para retomar a la página principal 	X	X	1,2,3,4,5	1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1, 3.3, 3.7, 3.8, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4
5-Ver Notificación	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y Seleccionar el ícono para ver notificaciones Identificar y Seleccionar el ícono para retomar a la página principal 	X	X	1,2,5	1.1, 1.2, 3.1, 4.1, 4.3, 4.4, 3.8, 2.2, 4.2, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4
6-Aceptar solicitud de amistad	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y Seleccionar el ícono para ver notificaciones Identificar y Seleccionar la opción de Confirmar Amistad para el contacto deseado Identificar y Seleccionar el ícono para retomar a la página principal 	X	X	1,2,5	1.1, 1.2, 2.3, 3.1, 3.8, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4

Además, en la Tabla 2, las columna 5 y 6 permiten mantener las Tareas asociadas a la Lista de Suposiciones y RdeD que requieren ser consideradas. La posibilidad de visualizar esta información junta y asociada, asiste en la validación de la Lista de Hipótesis, permitiendo mantener presentes las mejoras esperadas en el diseño alternativo de red social, con respecto a la aplicación de Facebook original. Tal como ya señalamos, el Kit de Prueba además será el encargado de validar el Listado de Hipótesis.

1.3 Declarar Hipótesis: declaradas la Lista de Suposiciones y el Kit de Prueba, y manteniendo en mente nuestras RdeD, procedemos a declarar una Lista de Hipótesis; cada suposición de la Lista de Suposiciones debe corresponderse con una hipótesis en la Lista de Hipótesis. Entonces, a continuación, la hipótesis 1 corresponde a la suposición 1, la hipótesis 2 corresponde a la suposición 2 y así sucesivamente.

Hipótesis 1: El diseño de una red social que facilite la identificación y el acceso a las funciones mencionadas en el supuesto 1, permitirá un mayor uso e interacción en la red social

Sabremos que esto es cierto cuando los usuarios logren identificar los distintos íconos que permitan realizar cada una de las tareas propuestas en el kit de prueba.

Hipótesis 2: El diseño de una red social que use un vocabulario sencillo, en español, sin abreviaciones ni palabras técnicas, que elimine publicidades y/o diferentes anuncios, incrementará el uso de la misma por parte de los AM y aumentará la satisfacción de los AM al sentir más privacidad en sus cuentas.

Sabremos que esto es cierto cuando al ejecutar las tareas del kit de prueba incrementa el número de usuarios AM que puedan ejecutar todas las tareas propuestas.

Hipótesis 3: El diseño de una red social que permita deshacer fácilmente las acciones realizadas por los AM incrementará el uso de la misma permitiendo que puedan explorar distintas secciones con más confianza y hacer uso de las funcionalidades que aún no han usado, al mismo tiempo que aumentará la seguridad de los AM al interactuar en la red social.

Sabremos que esto es cierto cuando al ejecutar la tarea 3 y 4 del kit de prueba los usuarios puedan deshacer la acción de enviar el mensaje y la publicación y manifiesten retornar a la página principal sin dificultad.

Hipótesis 4: El diseño de una red social con un teclado más amplio o proporcionando otra alternativa para el ingreso de mensajes, como audio, aumentará el uso de la misma y la satisfacción de los AM.

Sabremos que esto es cierto cuando los AM logren realizar correctamente el ingreso de datos para la actividad de iniciar sesión, buscar contacto, enviar mensaje y realizar publicación del Kit de Prueba.

Hipótesis 5: El diseño de una red social con íconos similares al de otras aplicaciones, de tamaño mediano/grande, con una sección de búsqueda y/o filtro con tamaño amplio y en la que todas las imágenes de íconos sean estáticas y estén acompañadas con una descripción textual de su funcionalidad, permitirá que los AM puedan acceder con más frecuencia a la red social, logrando incrementar la posibilidad de buscar nuevos contactos y grupos, y potenciando así su uso y la interacción en la red social.

Sabremos que esto es cierto cuando los AM logren realizar exitosamente todas las actividades del Kit de Prueba.

A partir del escenario compuesto por suposiciones/ kit de prueba/ hipótesis, es necesario definir las personas y las tareas a desarrollar por dichas personas. Nuestras personas se corresponden con el perfil de usuarios AM, el cual se modelará a través del método de protopersonas

Personas

Se implementa el método de protopersonas que propone utilizar Lean UX. En la Figura 11, describimos el perfil de usuario femenino y en la Figura 12 describimos el perfil de usuario masculino.

Los usuarios son AM que asisten al taller dictado en el marco del Proyecto de Extensión [17].

Detectamos que hay mayor cantidad de usuarios AM femeninos cuyo rango de edad oscila entre 65 años y 85 años, que usuarios AM masculinos en el mismo rango de edad.

Destacamos que la zona de residencia de los AM (femeninos y masculinos) es en la Patagonia, una zona en donde las actividades al aire libre están limitadas por las condiciones climáticas, lo cual es un obstáculo para el desarrollo de la vida social de los AM. Como característica común, observamos que los usuarios AM han incursionado en el uso de diversas tecnologías con la ayuda de sus hijos y/o nietos y como una necesidad para comunicarse con el resto de sus familiares los cuales viven en distintas ciudades del país.



Figura 11. Perfil de Usuario AM femenino



Figura 12. Perfil de Usuario AM masculino

Tareas

En Lean UX las funciones se construyen para satisfacer las necesidades de los usuarios. En nuestra propuesta, las tareas tienen el mismo objetivo que las funciones de Lean UX.

De esta manera, considerando las tareas del kit de la prueba, con el perfil de usuario AM definido mediante la aplicación del método de protopersonas (ver Figura 11 y Figura 12), nos proponemos alcanzar con nuestros prototipos los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados esperados por Tarea

TAREA	RESULTADOS ESPERADOS
1. Iniciar/Cerrar sesión	Incrementar el número de usuarios AM que puedan realizar con éxito las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> Identificar los controles para el ingreso de datos Ingresar datos: usuario y contraseña Identificar y Seleccionar el botón requerido para Iniciar Sesión Identificar y Seleccionar el icono requerido para Cerrar Sesión (sólo si tiene la sesión iniciada)
2. Buscar un contacto	Incrementar el número de usuarios AM que puedan realizar con éxito las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> Acceder a la interfaz de búsqueda de contacto Ingresar datos para la búsqueda Retornar a la página principal
3. Enviar Mensaje	Incrementar el número de usuarios AM que puedan realizar con éxito las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> Acceder a la interfaz de enviar mensaje Seleccionar el contacto que será destinatario del mensaje Seleccionar el tipo de mensaje a enviar (texto o audio) Ingresar los datos (escribir texto/ grabar audio) del mensaje Retornar a la página principal
4. Realizar Publicación	Incrementar el número de usuarios AM que puedan realizar con éxito las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> Acceder a la interfaz de realizar publicación Ingresar los datos (escribir texto/ grabar audio) de la publicación. Identificar y Seleccionar cada uno de los iconos/ botones requeridos para la ejecución de la Tarea. Completar la Tarea con éxito. Retornar a la página principal.
5. Ver Notificación	Incrementar el número de usuarios AM que puedan realizar con éxito las siguientes acciones: <ul style="list-style-type: none"> Acceder a visualizar las notificaciones Retornar a la página principal.
6. Aceptar Solicitud de Amistad	Incrementar el número de usuarios AM que puedan realizar las siguientes acciones sin dificultad: <ul style="list-style-type: none"> Acceder a visualizar las solicitudes de amistad Completar la Tarea con éxito.

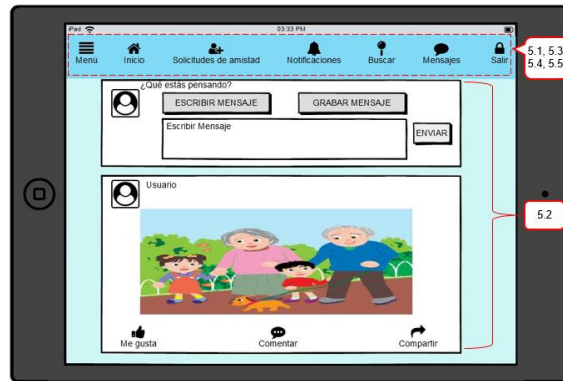


Figura 14. Prototipo de Interfaz de Baja Fidelidad Realizar Publicación

En los diseños de IU de la Figura 13 y Figura 14 se resaltan las RdeD aplicadas (ver Sección 3).

Paso 2: Diseñar IU de Baja Fidelidad para AM

Con la finalidad de simular rápidamente el producto, definimos la apariencia y distribución de los elementos de interfaz, asociados a las funciones identificadas en la Declaración de Hipótesis (Paso 1) y considerando las RdeD producidas en [7][8], procedemos a elaborar los prototipos de baja fidelidad para los usuarios AM. Para el diseño de los prototipos se consideró la disposición horizontal de la *tablet* a los efectos de facilitar la lectura y navegación en la red social a los usuarios AM.

En esta sección y para no extendernos en cantidad de páginas, mostramos únicamente los prototipos de interfaz correspondientes a las tareas enviar mensaje (Figura 13) y realizar publicación (Figura 14).

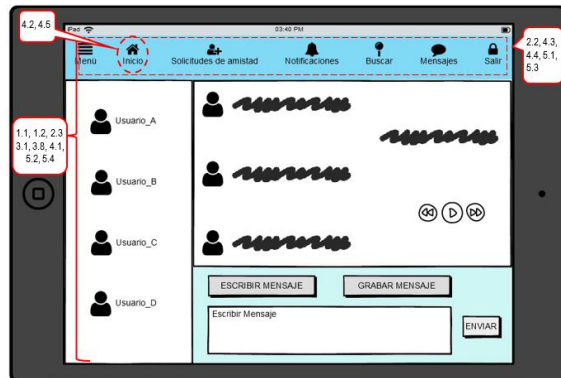


Figura 13. Prototipo de Interfaz de Baja Fidelidad Enviar Mensaje

Paso 3: Aplicar Kit de Prueba con AM

Definidos los prototipos de baja fidelidad, procedemos a ejecutar los mismos con los usuarios AM. En la Tabla 4 mostramos la ficha utilizada para registrar los resultados obtenidos, en la misma se pueden observar los criterios a evaluar y los posibles valores resultantes.

Tabla 4. Ficha de evaluación extendida de realización de Tareas

CRITERIOS	VALORES
SEXO	F M
EDAD	NUMÉRICO
TAREA	INDICAR LA TAREA EVALUADA
GRADO DE DIFICULTAD	FÁCILMENTE CON ASISTENCIA NO LA REALIZÓ
TIPO DE DIFICULTAD	SE DESORIENTÓ NO LO ENCONTRÓ NO LO ENTENDIÓ PROBLEMAS CON OBJETIVOS TÁCTILES (IDENTIFICACIÓN - SELECCIÓN)
GRADO DE SATISFACCIÓN	ALTO MEDIO BAJO (ESTOS VALORES ESTÁN ASOCIADOS AL GRADO DE DIFICULTAD)
COMENTARIOS	TEXTO

Paso 4: Diseñar IU de Alta Fidelidad para AM

Siguiendo la metodología propuesta por Lean UX, procedemos a perfeccionar los prototipos de baja fidelidad, permitiendo mayor nivel de interacción y con un diseño visual más cercano al de la experiencia de usuario final. Los prototipos de alta fidelidad mostrados, corresponden a las tareas enviar mensaje (Figura 15) y realizar publicación (Figura 16):



Figura 15. Prototipo de Interfaz de Alta Fidelidad Enviar Mensaje



Figura 16. Prototipo de Interfaz de Alta Fidelidad Realizar Publicación

Como puede observarse en la Figura 15 y Figura 16, los iconos correspondientes a “Notificaciones” y “Salir” han sido reemplazados con la finalidad de contribuir al diseño *skeumorphism* (recomendación 5.1) y *affordance* (recomendación 5.3).

En la Figura 16 correspondiente a la tarea Realizar Publicación, también se reemplazó el texto de los botones “Escribir Mensaje” y “Grabar Mensaje” por “Escribir Publicación” y “Grabar Publicación”, este cambio se realizó atendiendo los requerimientos de los AM quienes expresaron que les resultaba confuso que en el texto de los botones apareciera el texto “Mensaje” cuando la tarea se refiere a “Publicación”.

En la Figura 15 y Figura 16 también se destaca la posibilidad de eliminar mensaje y eliminar publicación (recomendación 2.1).

Paso 5: Ejecución del Kit de Prueba con AM

Siguiendo la metodología propuesta por Lean UX, mostramos a los AM los prototipos perfeccionados de alta fidelidad permitiendo que los utilicen y exploren libremente para verificar las hipótesis planteadas.

Definidos los prototipos de alta fidelidad, se procede a ejecutar los mismos con los usuarios AM. En la Tabla 4 se muestra la ficha utilizada para registrar los resultados

obtenidos, en la misma se pueden observar los criterios a evaluar y los posibles valores resultantes.

Salida del ciclo de Prototipación

El prototipo resultante¹³ es el que satisface las necesidades y expectativas de los usuarios AM, mejorando su experiencia de usuario en las redes sociales, desde dispositivos móviles de tipo *tablet*.

6. Resultados Obtenidos

Considerando los modelos de Protoperonas, Figuras 11 y 12 (ver Paso 1, Sección 5), los prototipos de baja y alta fidelidad, se sometieron a evaluación por parte de usuarios AM del taller [17](ver Paso 4 y Paso 6, Sección 5). La evaluación se llevó a cabo entre el 11 de junio y el 2 de julio de 2018. Los usuarios AM participantes fueron 20, (16 mujeres y 4 hombres) mayores de 65 años. Destacamos que 4 usuarios AM no poseían cuenta en una red social, no por falta de interés sino porque les resultaba difícil poder interactuar con la aplicación original de Facebook desde *tablet*. Si bien estos 4 usuarios AM no responden 100% al modelo de protoperona, ya que no tienen experiencia previa en el uso de la red social, manifestaron un grado de satisfacción alto y mucho entusiasmo por continuar usando nuestra propuesta.

A continuación, en Tablas 5, 6 y 7 presentamos los resultados de la ejecución de las tareas del kit de prueba, sobre la red social Facebook, prototipo de baja fidelidad y prototipo de alta fidelidad. Para el registro de los mismos usamos la ficha de evaluación de tareas que presenta la Tabla 4. Destacamos que las tareas se realizaron de manera individual, teniendo asignados un evaluador y una *tablet* con conexión a internet para cada participante.

A los efectos de disponer de un punto de referencia para evaluar nuestra propuesta, en el primer encuentro del taller se ejecutó el kit de prueba con la red social Facebook original desde dispositivo *tablet*. En la Tabla 5 se pueden observar los resultados totalizados de las ejecuciones de las tareas por parte de los 20 usuarios AM.

Tabla 5. Totales resultantes de ejecución de Tareas en la Red Social Facebook

CANTIDAD AM / TAREA	GRADO DE DIFICULTAD			TIPO DE DIFICULTAD				
	FÁCIL	CON ASISTENCIA	NO LA REALIZÓ	SE DESORIENTÓ	NO LO ENCONTRÓ	NO LO ENTENDIÓ	PROBLEMA CON OBJETIVOS TÁCTILES	
							IDENTIFICACIÓN	SELECCIÓN
1. Iniciar Sesión	3	17	0	6	0	2	9	0
2. Buscar un contacto	4	14	2	0	4	2	5	5
3. Enviar Mensaje	3	13	4	4	2	4	4	3
4. Realizar Publicación	4	12	4	1	3	3	5	4
5. Ver Notificación	2	16	2	1	3	2	5	5
6. Aceptar Solicitud de amistad	2	16	2	1	3	2	4	6

¹³ https://www.jama.net.ar/salir_iniciar.html

Durante la ejecución de las tareas y considerando las RdeD (Figura 7) se observó que:

- Los usuarios que ya usaban la Red Social en sus computadoras de escritorio, manifestaron que la interfaz de la misma desde tablet, es diferente a la que están acostumbrados. Consideramos que la recomendación que debería aplicarse es la 3.1.
- Tarea 1, el 85% de los usuarios AM la realizaron con asistencia. Entre los motivos señalados, los usuarios manifestaron que les resultaba confuso el acceso, no distinguiendo si debían registrarse nuevamente o cómo era el acceso, como así también se observó que al ingresar la contraseña manifestaban “espero haber escrito bien” o “tengo que borrar todo porque creo que ingresé mal”. Finalmente el tamaño del espacio asignado para el ingreso de estos datos también fue un obstáculo debido a que los Usuarios AM, esperaban que se les mostrara el teclado para ingresar los datos y no sucedía, debido a que no habían realizado el touch en el área correcta. Consideramos que las recomendaciones que deberían aplicarse son: 3.4, 3.5 y 5.4.
- Tarea 2, el 70% de los usuarios AM la realizaron con asistencia, el 20% no requirió asistencia y el 10% no realizó la actividad. En esta tarea se observó que los objetivos táctiles son muy pequeños y están muy cercanos. Algunas frases que expresaron son: “siempre le erro”, “la tercera es la vencida”, debido a que por error en el touch ingresan en otra tarea. Otros usuarios al manifestar que la interfaz no es la misma a la que están acostumbrados, se desorientaron y no encontraron la opción para buscar. Recomendación a aplicar: 3.2, 3.5 y 5.4.
- Tarea 3: el 15% no requirió asistencia, el 65% realizó la tarea con asistencia y el 20% no realizó la tarea. La dificultad encontrada fue que no lograban identificar el ícono que debían seleccionar con un touch para realizar la tarea. Para los AM que no utilizan tecnología frecuentemente, los íconos elegidos por la red social Facebook no son intuitivos, es decir no son skeumorphism ni affordance. Recomendación que se debería aplicar: 3.2, 3.3, 5.1, 5.3, 5.4 y 5.5.
- Tarea 4: el 20% realizó la tarea sin asistencia, el 60% realizó la tarea con asistencia y el 20% no realizó la tarea. Se observa que el campo de entrada “¿Qué estás pensando?” no es intuitivo, no da idea al Usuario AM de que allí se pueda realizar una publicación. Nuevamente los íconos no son ni skeumorphism ni affordance. Recomendación que se debería aplicar: 3.2, 3.3, 5.1, 5.3, 5.4 y 5.5.
- Tarea 5: el 80% realizó la tarea con asistencia, el 20% no requirió asistencia y otro 20% no realizaron la tarea. Para esta tarea, se instó al Usuario AM a que recorriera todas las opciones en busca de la opción

deseada, tras lo cual lograron realizar la tarea. Nuevamente, los íconos no son representativos del comportamiento asociado, es decir no son skeumorphism ni affordance. Otra dificultad encontrada está relacionada con el tamaño del área objetivo en la que deben realizar el touch para acceder a ver la notificación. Esto se debe a que el área objetivo es muy pequeña y está muy cerca de otras áreas objetivo, generando accesos fallidos. Recomendación que se debería aplicar: 5.1, 5.3, 5.4 y 5.5.

- Tarea 6: el 80% realizó la tarea con asistencia, el 20% no requirió asistencia y otro 20% no realizó la actividad. La dificultad que más se presentó otra vez está relacionada con que los íconos no evidencian la tarea a ejecutar que representan, es decir no son skeumorphism ni affordance y el tamaño del área objetivo en donde deben realizar el touch es muy pequeño y con poca distancia de separación entre las demás áreas objetivo. Recomendación que se debería aplicar: 5.1, 5.3, 5.4 y 5.5.

En el segundo encuentro del taller, ejecutamos las tareas del Kit de Prueba usando el Prototipo de Baja Fidelidad. Este primer prototipo permitió que el usuario AM evalué las interfaces presentadas a los efectos de identificar los pasos iniciales para poder realizar cada una de las tareas propuestas. En la Tabla 6 presentamos los resultados obtenidos.

Tabla 6. Totales resultantes de ejecución de Tareas en el Prototipo de Baja Fidelidad

CANTIDAD AM TAREA	GRADO DE DIFICULTAD			TIPO DE DIFICULTAD				
	FÁCIL	CON ASISTENCIA	NO LA REALIZÓ	SE DESORIENTÓ	NO LO ENCONTRÓ	NO LO ENTENDIÓ	PROBLEMA CON OBJETIVOS TÁCTILES	
							IDENTIFICACIÓN	SELECCIÓN
1. Iniciar Sesión	20	0	0	0	0	0	0	0
2. Buscar un contacto	15	5	0	3	0	2	0	0
3. Enviar Mensaje	16	4	0	4	0	0	0	0
4. Realizar Publicación	18	2	0	2	0	0	0	0
5. Ver Notificación	18	2	0	2	0	0	0	0
6. Aceptar Solicitud de amistad	18	2	0	2	0	0	0	0

Durante la ejecución del Kit de Prueba sobre el prototipo de Baja Fidelidad se observó una gran diferencia en cuanto a la rapidez y seguridad con la que los usuarios AM pudieron realizar las tareas.

La descripción asociada a cada ícono, permitió al Usuario adulto mayor detectar rápidamente cuál era la opción adecuada para realizar cada tarea. En general, el principal inconveniente encontrado fue la terminología asociada a la aplicación. Fue muy difícil hacer la distinción entre publicación y mensaje.

En el tercer encuentro del taller, los usuarios AM ejecutaron las tareas del Kit de Prueba en el Prototipo de Alta Fidelidad. Destacamos que la mayoría de los usuarios AM demostró interés por conocer y poder usar este prototipo. En la Tabla 7 presentamos los resultados obtenidos.

Tabla 7. Totales resultantes de ejecución de Tareas en el Prototipo de Alta Fidelidad

CANTIDAD AM TAREA	GRADO DE DIFICULTAD			TIPO DE DIFICULTAD				
	FÁCIL	CON ASISTENCIA	NO LA REALIZÓ	SE DESORIENTÓ	NO LO ENCONTRÓ	NO LO ENTENDIÓ	PROBLEMA CON OBJETIVOS TÁCTILES	
							IDENTIFICACIÓN	SELECCIÓN
1. Iniciar Sesión	20	0	0	0	0	0	0	0
2. Buscar un contacto	18	0	0	2	0	0	0	0
3. Enviar Mensaje	20	0	0	0	0	0	0	0
4. Realizar Publicación	20	0	0	0	0	0	0	0
5. Ver Notificación	19	0	0	1	0	0	0	0
6. Aceptar Solicitud de amistad	19	0	0	1	0	0	0	0

Entre los resultados obtenidos destacamos las siguientes valoraciones realizadas por los usuarios AM:

- Que el ingreso de la contraseña estuviese visible, esto les permitió tener más seguridad y rapidez al ingresarla. Recomendación aplicada: 3.4.
- Que el ingreso de datos sea por defecto en mayúscula, lo que permitió que realizaran una lectura más rápida y precisa de los datos ingresados. Recomendación aplicada: 3.5 y 3.8.
- Que el tamaño de los botones y áreas objetivo sea amplio, lo que facilitó la selección e ingreso a las tareas que precisaban. Recomendación aplicada: 5.4
- Respecto a la posibilidad de grabar un mensaje/publicación, manifestaron “sí, claro que prefiero hablar”, “de esta forma no tengo que escribir y estar borrando”, fue muy aceptada esta alternativa en la ejecución de la tarea. Recomendación aplicada: 3.3.
- La posibilidad de eliminar un mensaje/publicación tuvo muy buenos comentarios y aceptación, destacamos “toco ahí y ya se borra?”, manifestando que antes para borrar tenían que hacer muchos pasos y a veces no lograban borrar, por lo que desistían de borrar el mensaje/publicación. Recomendación aplicada: 2.1.
- Que la selección del contacto para enviar un mensaje, fuese a través de un desplazamiento vertical (acotado) manifestando esta preferencia antes que tener que realizar el ingreso de datos. Recomendación aplicada: 2.3.
- Que las imágenes seleccionadas para los íconos, se correspondían con las que conocían, lo que favoreció la correcta identificación y selección del ícono para

realizar la tarea solicitada, diseño *skeumorphism*. Recomendación aplicada: 5.1.

- Que los elementos en los que podían realizar un *touch*, tienen una apariencia que permite reconocerlos rápidamente, diseño *affordance*. Recomendación aplicada: 5.3.
- Descripción asociada a cada ícono, la cual permitió al usuario inferir cuál era la opción adecuada para realizar cada tarea. Recomendación aplicada: 5.5

La dificultad que tenían algunos usuarios AM para diferenciar entre publicación y mensaje se superó en el prototipo de Alta Fidelidad ofreciendo ambas opciones de manera explícita: “Escribir Publicación” y “Escribir Mensaje”.

Detectamos que 1 de los usuarios AM tuvo inconvenientes para buscar un contacto, debido a que el teclado se superponía con los resultados de la búsqueda. Este comportamiento es propio de los dispositivos móviles y por lo tanto la única forma de superarlo es mayor entrenamiento del usuario adulto mayor en la ejecución de la tarea.

7. Conclusiones y Trabajo Futuro

Después de examinar diversos estudios y proyectos es evidente que urge atender las necesidades de comunicación e integración social de nuestros AM. Es necesario realizar cambios, modificaciones en las actuales redes sociales que faciliten la interacción de los AM. El interés y motivación de estos usuarios se demostró en los diversos talleres llevados a cabo por GIFIS, y es un factor constante y en crecimiento que debemos atender para disminuir la brecha digital.

Este trabajo surge como continuidad de trabajos previos del grupo GIFIS con los AM, proporcionando un prototipo de interfaz de red social Facebook mejorado para ser usado desde dispositivo *tablet* y adaptado a las necesidades de los adultos mayores. Los resultados de las pruebas del prototipo demostraron que los AM lograron incrementar el número de tareas realizadas exitosamente.

Como trabajo futuro nos proponemos seguir desarrollando el prototipo para incluir otras tareas aún no contempladas en el trabajo actual; para ello se incrementarán las pruebas y se trabajará sobre el diseño para seguir mejorando la experiencia de los AM.

8. Referencias

- [1] Ministerio de Educación Presidencia de la Nación., "Los adolescentes y las redes sociales", 2010.
- [2] Vilte, D., Martín, A., Gaetan, G., y Saldaño, V. Favoreciendo el Acceso a la Web: Experiencias con Usuarios Mayores de la Región Patagónica. Revista de Informes Científicos y Técnicos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Vol. 6 Nro. 2, 2014. ISSN: 1852-4516.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [3] Miranda, M. G., Martín, A. E., Saldaño, V., y Gaetan, G. Usabilidad y Accesibilidad en las Redes Sociales. Revista de Informes Científicos y Técnicos de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Vol. 6 Nro. 2, 2014. ISSN: 1852-4516
- [4] Saldaño, V., Martín, A., Gaetán, G. y Vilte, D. "Web Accessibility for Older Users: A Southern Argentinean View" ICSEA, 2013, Italy, pp. 621- 626.
- [5] Vilte, D., Saldaño, V., Martín, A., and Gaetán, G., "Identificando Barreras en la Interacción con Facebook: Una Experiencia con Adultos Mayores de la Patagonia Austral.", ICT-UNPA-121-2015, Vol. 7 (2), Agosto 2015, ISSN: 1852-4516, pp. 249-268.
- [6] Saldaño, V., Martín, A., Gaetán, G., Cardozo, C. PEyV: Abuelos 2.0: Taller de Redes Sociales para Adultos Mayores. Director: Viviana Saldaño; Código: 1645C121; Expte: 28.561/16/UACO; Inicio: 2016-06-15-Fin: 2016-11-16; Argentina 2015-2016
- [7] Cardozo, C., Martín, A., Saldaño, V. Abuelos del Siglo XXI: Una Propuesta para Mejorar la Experiencia en el Uso de Redes Sociales desde Dispositivos Móviles. 5to. CONAIISI 2017, 2-3 Noviembre; Santa Fé; Argentina; pp. 478-487; ISSN: 2347-0372.
- [8] Cardozo, C., Martín, A., Saldaño, V. Recomendaciones de Diseño para Mejorar la Experiencia de los Usuarios Adultos Mayores con Facebook en Dispositivos *Tablet*. ICT-UNPA 2018, Beca de Investigación para Alumnos de Postgrado 2017 (trabajo aceptado en proceso de publicación).
- [9] Cardozo, C., Martín, A., Saldaño, V. Los Adultos Mayores y las Redes Sociales: Analizando Experiencias para Mejorar la Interacción. ICT-UNPA 2017, Vol.9, N°2, P 1-29. ISSN: 1852-4516.
- [10] Cardozo, C., Saldaño, V., Martín, A., Gaetán, G. Los Adultos Mayores y la Utilización de Redes Sociales en Dispositivos Móviles. 4º EIPA 2016; Caleta Olivia.
- [11] Y. D. Amaya Balaguera, "Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual" Revista de Tecnología – Journal of Technology, vol. 12, n° 2, pp. 111-124, 2013.
- [12] Gothelf J.y Seiden J., Lean UX : "Cómo aplicar los principios Lean a la mejora de la experiencia de usuario" Logroño: Universidad Internacional de La Rioja S.A, 2014.
- [13] Gomes, G, Duarte, C., Coelho, J. y Matos, E. Designing a Facebook Interface for Senior Users. The Scientific World Journal . Vol. 2014, Article ID 741567, 8 pages, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/741567>.
- [14] Peñalver Blanco A., "Buenas prácticas del Proyecto Piloto Enred@te: red social digital para personas mayores y voluntariado de la Cruz Roja Española". Revistas Científicas Complutenses. Vol. 29 Nro. 2, 2016, pp. 201-212.
- [15] Budi, R., and Nielsen, J., User Experience for Mobile Applications and Websites. Design Guidelines for Improving the Usability of Mobile Sites and Apps, NN/g Nielsen Norman group, 3rd. Edition, 2015.
- [16] Nielsen, J., Tablet Website and Application UX, NN/g Nielsen Norman group, 2013.
- [17] V. Saldaño, Abuelos del Siglo XXI: Taller de Redes Sociales para Adultos Mayores (UNPA-Expediente N° 29.821/18), Caleta Olivia, Santa Cruz: Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Programa de Extensión "Observatorio de Experiencia de Usuario" (UNPAExpediente N° 29.820/18), 2018.

Adecuación de una Propuesta Metodológica de Enfoque “Híbrido” para la Gestión de Proyectos de Ciencia de Datos

Patricia Cristaldo¹, Esteban Schab¹, Cristhian Richard¹, Ramiro Rivera¹, Anabella De Battista¹, Soledad Retamar¹, Norma Herrera²

(1) Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay,
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

(2) Universidad Nacional de San Luis, Departamento de Informática

Resumen

La aplicación de metodologías de gestión de proyectos conlleva a contribuir con los factores de éxito en la gestión de los mismos. Esta propuesta se deriva de un trabajo anterior y considera los aspectos relevantes de la gestión tradicional y ágil, permitiendo la alineación de los objetivos de un proyecto de ciencia de datos con los resultados del mismo. Este trabajo presenta la adecuación y posterior validación de una propuesta metodológica de enfoque “híbrido” a un proyecto de ciencia de datos, considerando el cumplimiento de los factores de éxito afectados a este tipo de proyectos.

1. Introducción

Desde hace un tiempo, en el ámbito de la gestión de proyectos, las metodologías de gestión de proyectos han adquirido una generalizada popularidad, tanto en organizaciones públicas como privadas. Estas metodologías de gestión de proyectos, según su filosofía de desarrollo se pueden clasificar en dos enfoques: *tradicionales*, que se basan en una fuerte planificación durante todo el desarrollo y, *ágiles*, en las que el desarrollo es incremental, cooperativo, sencillo y adaptado. En la industria de la minería de datos se viene generando una creciente conciencia de las partes interesadas en utilizar metodologías que guíen a los proyectos hacia la gestión exitosa [1]. La minería de datos se puede clasificar en diferentes perspectivas: desde el aspecto de los datos, se pueden abordar sistemas de clasificación supervisados, semi-supervisados o no supervisados; desde el punto de vista de las tareas propias de la minería de datos, que pueden ser descriptivas (descubrir patrones o relaciones describiendo los datos) o predictivas (clasificar nuevos

datos basándose en conjuntos de datos disponibles); y desde el ángulo del algoritmo aplicado, que puede ser clasificación, predicción, agrupamiento, asociaciones, entre otros. Dado que todas las prácticas mencionadas anteriormente deben llevarse a cabo siguiendo ciertos pasos guiados, para ser manejable y trazable una colección de procesos de minería de datos [2] han sido propuestas primeramente metodologías como CRISP-DM [3] y SEMMA [4] ambas de enfoque tradicional.

Es muy importante entender que para llevar adelante un proyecto de ciencia de datos, antes de comenzar a ejecutar algoritmos para descubrir patrones interesantes de datos, es necesario gestionar el proyecto correctamente para no producir patrones insignificantes o ininteligibles, que eventualmente pueden conducir al fracaso del proyecto. Es decir, la gestión correcta del proyecto debe lograr una comprensión válida de los datos y el descubrimiento novedoso de patrones. Además, siguiendo un marco de trabajo común en la gestión de proyectos de minería de datos, podría ayudar como una hoja de ruta mensurable para todos los interesados del proyecto.

Sin embargo, la gestión de proyectos sigue siendo un esfuerzo altamente problemático [5], y siguen mostrando exiguos niveles de éxito [6, 7] debido a varias razones [8, 9, 10, 11, 12, 13]. Sin embargo en la última década, se reconoce que las metodologías de gestión de proyectos tienen un impacto significativo en la gestión de los mismos [14]. Es decir, el objetivo de aplicar metodologías o guías de buenas prácticas a los proyectos implica proporcionar una solución general y disminuir varias razones de fracaso en la gestión de los proyectos.

En estudios recientes se examina que la mayoría de los proyectos de software utilizan una combinación de los métodos tradicionales y ágiles [15, 16, 17]. En un trabajo anterior [15] se ha propuesto una metodología de gestión de proyectos de TICs en un ámbito

particular, logrando buenos resultados a partir de la fusión entre las metodologías SCRUM [18, 19] y PRINCE2 [20] y las guías de buenas prácticas ATERN¹ y PMBOK [21].

En el presente trabajo se propone abordar la adecuación de la propuesta metodológica de enfoque “híbrido” para la gestión de proyectos de TICs, en la gestión de proyectos de minería de datos, permitiendo así contribuir a mejorar la gestión de este tipo de proyectos.

El resto de este documento está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 analiza los trabajos relacionados a la luz de las distintas variantes que proponen, particularmente enfocándose en la fusión de metodologías de enfoque tradicional y metodologías de enfoque ágil. En la Sección 3 se describen los fundamentos a partir de los factores críticos de éxito en la gestión de proyectos de minería de datos y en la gestión de proyectos en el enfoque ágil. La Sección 4 describe la nueva propuesta metodológica para la gestión de proyectos de minería de datos. La Sección 5 puntualiza la validación de dicha propuesta a un caso de estudio real. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones y trabajos futuros

2. Trabajos Relacionados

En la literatura existen varias propuestas de metodologías de gestión de proyectos y particularmente de gestión de proyectos vinculados con la minería de datos.

La metodología ágil para el desarrollo de proyectos de minería de datos, SCRUM-DM [22] consiste en la asociación de la metodología ágil SCRUM con la metodología tradicional Crisp-DM. SCRUM-DM proporciona un marco donde el desarrollo del proyecto de data mining sigue los lineamientos de Crisp-DM y la gestión del trabajo sigue el esquema de la metodología SCRUM. El proyecto se inicia a partir de la fase de *Comprensión del Negocio* de Crisp-DM donde se realiza el análisis de los objetivos y del negocio y finaliza en la fase de *Implantación* donde se realiza la integración de los resultados de la minería de datos. El desarrollo se realiza en la fase intermedia, de *Sprint*, donde se contemplan las demás fases de Crisp-DM.

Otra metodología propuesta es ASD-DM (Adaptative Software Development- Data Mining) [23]. Es una solución basada en principios ágiles para aplicaciones predictivas de minería de datos. Se basa en la metodología ASD propuesta originalmente por el mismo autor, basada fuertemente en un principio iterativo de prueba y error. Este marco asegura continuo aprendizaje e intensa colaboración entre

desarrolladores, testers y clientes de minería de datos, reduciendo el tiempo de desarrollo en proyectos predictivos de minería de datos.

Otro trabajo propuesto es [24], que consiste en una adaptación del KDD clásico que toma conceptos de CRISP-DM y del manifiesto ágil. Es una propuesta que se centra en establecer metas iterativas y ciclos más cortos entre los entregables. Los autores en este trabajo establece los puntos en común entre las metodologías de minería de datos y el manifiesto ágil.

En [25] se analiza el proceso de minería de datos y los desafíos técnicos que se enfrenta un científico de datos durante el proyecto, logrando un ciclo de trabajo iterativo muy similar al descrito en el manifiesto ágil.

Durante los últimos años IBM [26], ha sido una de los grandes promotores de la metodología CRISP-DM, y en el año 2015 realizaron, junto con otras empresas participantes del proyecto, una revisión de la metodología CRISP-DM obteniendo como resultado a la metodología ASUM-DM, la cual incorpora principios ágiles, extendiendo y refinando la metodología CRISP. ASUM-DM tiene un enfoque hacia el sector empresarial.

En los últimos años varios autores han propuesto metodologías alternativas a CRISP-DM, no obstante la mayoría difiere muy poco, limitándose a una mera reinterpretación de algunas de las fases que componen la misma con el fin de facilitar su adaptación a un campo u organización particular, a saber: la adecuación de la metodología SEMMA para gestionar un proyecto ligado al sector bancario y de inversiones y con un fuerte énfasis en la fase de implantación [27]; la adaptación de CRISP-DM a la disciplina de la medicina, proponiendo una nueva descomposición de la metodología [28].

Por otro lado autores como Mariscal [29], Marchx [30] y Lopuszynski [31] han realizado comparaciones entre la filosofía planteada en la literatura relacionada a las metodologías tradicionales de minería de datos y los principios del manifiesto ágil, concluyendo en que las metodologías tradicionales se beneficiarían ampliamente con la adopción de los principios ágiles.

3. Fundamentos para la Adecuación de la Propuesta Metodológica de Enfoque “híbrido” a la gestión de proyectos de ciencia de datos

Como se indicó anteriormente, el marco de trabajo de la propuesta metodológica para gestionar proyectos de minería de datos debe poseer un andamiaje construido sobre dos pilares. La subsección 3.1 discute el primer pilar, es decir, los factores críticos de éxito de los proyectos que se gestionan en el enfoque ágil. La

¹ <http://www.dsdm.org/dig-deeper/book/dsdm-atern-handbook>

Subsección 3.2, analiza el segundo pilar, el que se corresponde a los factores críticos de éxito en los proyectos de minería de datos. Por último, en la Subsección 3.3, se determina un conjunto de factores estratégicos integrados para el propósito de la evaluación y mejora de la propuesta metodológica para la gestión de proyectos de minería de datos.

3.1. Factores críticos de éxito para la gestión de proyectos de minería de datos

Los factores críticos de éxito en la gestión de los proyectos son elementos vitales para que un proyecto

tenga éxito. Por ello es necesario especificarlos claramente, luego convertirlos en requerimientos claves que cuantifiquen los objetivos de gestión de proyectos establecidos y acordados, y que permitan medir el desempeño del mismo [32]. Sobre la numerosa bibliografía en la temática, en la Tabla 1 se recopilan los factores críticos de éxito claves en la gestión de proyectos de minería de datos. Estos factores propuestos por algunos autores son resultados de la experiencia en base a encuestas realizadas a profesionales para la gestión de proyectos de minería de datos [23, 24, 28].

Tabla 1. Factores de éxito en la gestión de proyectos de minería de datos

Dimensión	Factores de éxito
Relaciones Personales	Colocar en primer lugar los requerimientos del cliente
	El cliente debe estar comprometido con el proyecto
	Comunicación constante entre el cliente y el equipo de trabajo Comunicación dentro del equipo de trabajo
Planificación	Establecer objetivos claros antes de comenzar el proyecto
	Selección adecuada del equipo de trabajo
	Planificación adecuada del proyecto Definición correcta del plazos y costos
Minería y análisis de Datos	Selección adecuada de los datos
	Entendimiento adecuado del área de negocio
	Uso de tecnología adecuada Interpretación correcta de los resultados
Implantación	Feedback constante
	Asegurar la privacidad de los datos
	Implementación por pasos
Control/ Monitorización/ Entrenamiento	Los resultados pueden no ser inmediatos
	Asegurar la privacidad de los datos

3.2. Factores críticos de éxito para la gestión de proyectos en el enfoque ágil

La Guía PMBOK en su quinta edición (2013), pone énfasis en el papel de los interesados en el proyecto y la gestión de sus expectativas como factores de éxito de proyectos TICs [33].

Lock (2007) [34] establece que del conjunto de factores críticos de éxito de un proyecto, los más importantes a tener en cuenta son los vinculados a las habilidades en la administración de personas. Entre los cuales cita: el bienestar, la seguridad, la motivación de los miembros del equipo, la resolución rápida de conflictos y la adecuada y frecuente comunicación entre los miembros del equipo que lleva adelante el proyecto.

Por otro lado, Chow y Cao [9], distinguen factores de éxito en los proyectos que se gestan utilizando un enfoque ágil, y los clasifican en cinco dimensiones: organización, personas, procesos, técnicas y proyecto, los cuales se muestran en la Tabla 2. Estos datos, según sus autores, fueron recogidos de un estudio realizado a más de cien proyectos de diversas organizaciones ubicadas en diferentes lugares geográficos. Sus autores concluyen que los factores más relevantes para el éxito de los proyectos son: correcta estrategia de entrega, buen ejercicio de técnicas de ingeniería ágiles y equipo de gestión de alta capacidad.

Tabla 2. Factores de éxito. Enfoque ágil (Chow y Cao, 2008)

Dimensión	Factor de éxito
Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerte apoyo ejecutivo. • Administrador o patrocinador comprometido. • Cultura de la organización cooperativa, en lugar de jerárquica. • Cultura de comunicación oral o cara a cara. • Establecimiento de entorno de trabajo de estilo ágil.
Personas	<ul style="list-style-type: none"> • Miembros del equipo competentes y con experiencia. • Miembros del equipo con gran motivación. • Coherencia y trabajo en equipo auto-organizado. • Buenas relaciones con los clientes.
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Agilidad en la gestión de requerimientos. • Agilidad en la gestión de proyectos. • Fuerte comunicación diaria cara a cara. • Fuerte presencia y compromiso con el cliente. • El cliente tiene plena autoridad.
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Normas de codificación definidas previamente. • Diseño simple. • Cantidad correcta de documentación. • Adecuada formación técnica del equipo.
Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto dinámicos, agenda acelerada. • Proyectos con equipos pequeños. • Evaluación de costos por anticipado. • Evaluación de riesgos por anticipado.

La bibliografía sugiere que la combinación de ambos enfoques, tradicional y ágil, es la solución que han encontrado varias organizaciones para la gestión de sus proyectos [35] e incluso ambos enfoques pueden complementarse en un mismo proyecto [36, 37, 38].

A partir de los datos provistos por ambas tablas, se concluye que los aspectos referidos a las dimensiones: *Minería y Análisis de Datos, Implantación y Control/Monitoreo/Entrenamiento* de la Tabla 1, se pueden incluir en la dimensión *Técnica* de la Tabla 2. De esta forma quedarían bien establecidos los factores críticos de éxito para gestionar proyectos de minería de datos.

Por otra parte, estos factores de éxito nos permiten analizar y comparar las características y restricciones de las metodologías y guías de gestión de proyectos de minería de datos existentes, de enfoque tradicional y ágil.

A partir de las dimensiones propuestas por la bibliografía se han formulado cuatro perspectivas, proporcionando un marco y una estructura que se espera que cumpla una metodología que gestione proyectos de minería de datos. Las perspectivas son:

3.2.1 Formación y Crecimiento: esta perspectiva incluye todos aquellos aspectos relacionados con la gestión de los recursos humanos necesarios para poder ejecutar un proyecto de minería de datos, habilidades,

motivaciones, etc. Los requisitos involucrados en esta perspectiva son los inductores necesarios para el desarrollo de equipos de trabajo.

3.2.2 Procesos internos: esta perspectiva incluye todos aquellos aspectos relacionados con la gestión de los procesos del proyecto, que el jefe del mismo deberá acentuar de manera tal de lograr la satisfacción de los interesados. Las autoridades y el jefe de proyecto, deben identificar los procesos críticos en los que se debe sobresalir con excelencia si es que quieren satisfacer los objetivos que ellos mismos se propongan y los objetivos de los demás interesados en el proyecto.

3.2.3 Interesados: esta perspectiva incluye todos aquellos aspectos vinculados con la satisfacción de los interesados. Se trata de identificar claramente los interesados potenciales y la satisfacción de sus necesidades. Los requisitos involucrados en esta perspectiva representan el grado de apoyo y compromiso de los interesados, los cuales valoran y eligen la propuesta de valor que ellos mismos entregaran al proyecto.

3.2.4 Técnicas: esta perspectiva incluye todos aquellos aspectos relacionados con las técnicas de ingeniería vinculadas con el proyecto, tales como: diseño, documentación, pruebas, tecnología, etc.

La Tabla 3, resume los principales aportes de cada metodología o guía de gestión de proyectos, más utilizadas en el mercado, en relación a los factores críticos de éxito contenidos en las perspectivas consideradas precedentemente. Los factores críticos de éxito en la gestión de proyectos de minería de datos se utilizan para realizar la comparación de características y restricciones de las metodologías y guías de gestión de proyectos. La Tabla 3, muestra que si bien, la mayoría de los factores críticos de éxito son considerados por las metodologías y guías analizadas, los mismos no están

todos presentes en una única metodología de gestión de proyectos. Del análisis realizado, puede concluirse que una metodología no es suficiente y que no debería existir la aplicación de varias metodologías dentro del contexto de la organización ya que conviene que todos los interesados en la gestión de diversos proyectos de minería de datos, estén alineados a una misma metodología. Como consecuencia debido a las limitaciones de los enfoques analizados, la integración de ambos enfoques, tradicional y ágil, a través del desarrollo de un enfoque híbrido.

Tabla 3. Grado de adecuación de los factores de éxito y las metodologías y guías de gestión de proyectos de minería de datos

Dimensión	Factores de éxito	Enfoques			
		Tradicional		Ágil	
		PMBOK	CRISP-DM	SCRUM	ATERN
Formación y Crecimiento	Dinámicas de equipo en la gestión de proyecto	X		X	X
	Compromiso, colaboración y disponibilidad de los miembros del equipo e interesados	X	X		X
	Conductas de apoyo emocional entre los miembros del equipo	X		X	
	Recursos especializados según el rol que ocupa cada miembro del equipo de proyecto	X	X		X
	Gestión eficaz del director del proyecto	X	X		
	Coordinación y competencias de los miembros del equipo	X	X	X	
Procesos Internos	Definición de requerimientos, alcance y limitaciones	X	X		X
	Objetivos claros de negocios	X	X	X	X
	Políticas y procedimientos de gestión de proyectos	X		X	X
	Planificación adecuada	X	X		X
	Prácticas ágiles en los procesos	X	X	X	X
Interesados	Apoyo de la organización	X	X		
	Participación de otros interesados	X	X		
	Igual percepción entre los interesados y los profesionales de SI	X			X
	Cultura de la comunicación	X		X	X
	Definición clara de los interesados y su vinculación con el proyecto	X	X	X	
	Contratistas o patrocinadores comprometidos	X	X	X	
Técnicas	Gestión de la comunicación		X		
	Selección adecuada de los datos		X		
	Interpretación correcta de los resultados		X		
	Seguimiento y control del proyecto	X			
	Gestión de riesgos	X			X
	Gestión de la contratación	X			
	Tecnología y herramientas adecuadas	X			
Documentación	X		X		

4. Adecuación de la Propuesta Metodológica de Enfoque “híbrido” a la gestión de proyectos de ciencia de datos

La nueva propuesta metodológica para gestionar proyectos de minería de datos, surge a raíz de la necesidad de agilizar las metodologías creadas para gestionar estos proyectos. Es decir, el incremento de la velocidad, el volumen y la variedad de los datos disponibles en las organizaciones, ha aumentado de sobremanera. A raíz de lo cual ha crecido el interés y el número de proyectos relacionados con el aprovechamiento de los datos [39]. Esto deriva además, que los diversos interesados en estos proyectos sean un mayor número de profesionales de diferentes disciplinas. Saltz (2015) [39] resalta que las metodologías tradicionales no se han adaptado a las exigencias que presentan la gestión de proyectos de minería de datos, ya que se centran únicamente en la mejora de las técnicas de extracción y análisis de datos.

Con el objetivo de poder dar cumplimiento a los factores críticos de éxito propuestos en la Tabla 3, se plantea a continuación una propuesta metodológica de enfoque “híbrido” para la gestión de proyectos de ciencia de datos. Esta nueva propuesta, se basa en dos metodologías de gestión de proyectos. La primera: CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) [40], cuyo modelo de procesos se muestra en la Figura 1. Es una metodología de enfoque tradicional especialmente desarrollada para proyectos de Data Mining. Actualmente está considerada como un estándar “de facto” en el mundo empresarial. Propone un conjunto de actividades que hay que llevar a cabo en el desarrollo de un proyecto de minería de datos y cada una de las actividades se divide en distintas tareas.

La segunda metodología es, una propuesta para la gestión de proyectos TICs diseñada y probada en otro contexto [15]. Esta propuesta metodológica, que muestra la Figura 2, es de enfoque “híbrido” ya que surge como resultante a partir de la fusión de las siguientes guías de buenas prácticas en gestión de proyectos: PMBOK [21] de enfoque tradicional y ATERN de enfoque ágil y; de las metodologías de gestión de proyectos: PRINCE2 [20] de enfoque tradicional y SCRUM [19] y APM [41] de enfoque ágil. Siguiendo los lineamientos de la guía de buenas prácticas en gestión de proyectos, PMI divide un proyecto en tres fases: iniciación, intermedia y de cierre, por otra parte considera en su PMBOK (2013) cinco grupos de procesos: iniciación, planificación, ejecución, control y cierre. Charvat [42] establece que cada metodología de proyecto debe contener fases, y aunque varíen según el proyecto o la industria, en

general las fases incluyen: concepto, desarrollo, implementación y apoyo.

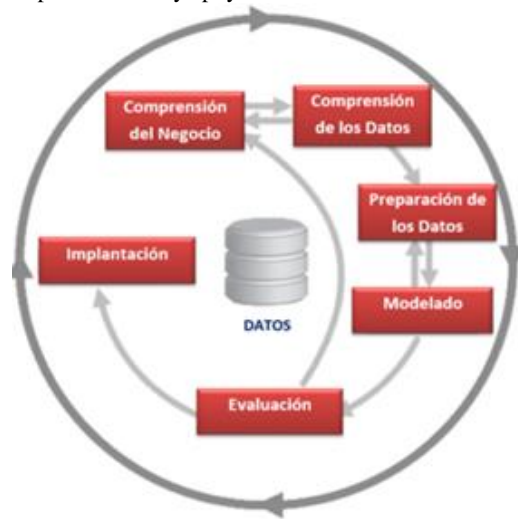


Figura 1. Metodología CRISP-DM

En consecuencia, la metodología propuesta se divide en tres fases: definición y planificación, ejecución y control y, evaluación final y cierre, basados en el ciclo de vida de PMI (2013). El ciclo de vida de la metodología propuesta para la gestión de proyectos de ciencia de datos se muestra en la Figura 3. La misma presenta un desglose de la metodología CRISP-DM en las dos primeras fases de la propuesta metodológica de enfoque “híbrido”, de forma tal de complementar los lineamientos tradicionales propuestos por CRISP-DM con los ágiles, que accede la propuesta metodológica siguiendo fuertemente los pasos de la metodología ágil, SCRUM.

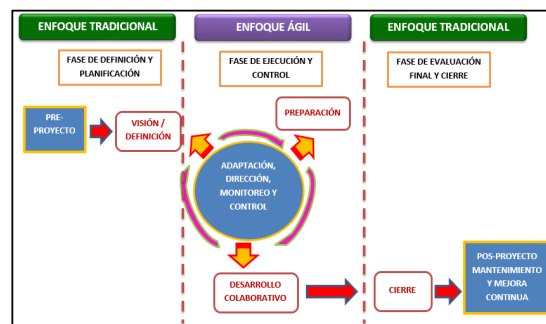


Figura 2. Propuesta Metodológica de enfoque “híbrido”

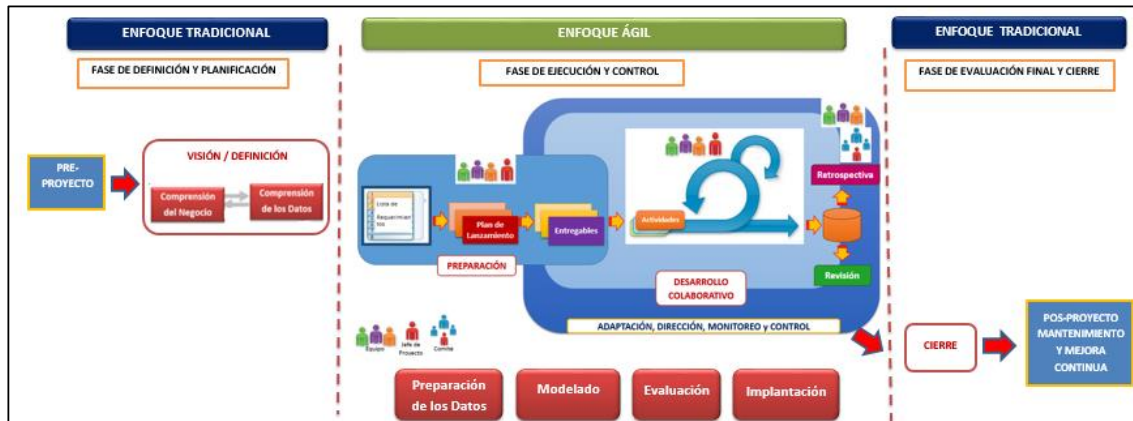


Figura 3. Propuesta Metodológica de enfoque “híbrido” para la gestión de proyectos de ciencia de datos

FASE 1 – Involucra la definición y planificación del proyecto, y se prioriza un enfoque tradicional, ya que se siguen los lineamientos establecidos por el PMBOK y la metodología CRISP-DM. Esta fase se divide en dos componentes. La primera, Pre-Proyecto, donde el Jefe de Proyecto debe preparar un documento formal que indique objetivos, alcance y restricciones que permita justificar o no la realización del proyecto y definir las partes interesadas, internas y externas al sector estrechamente vinculado con el proyecto, de forma de lograr comprometer, involucrar y recibir apoyo de todos los interesados. En esta etapa se vincula estrechamente la Gestión de Alcance del PMBOK y Comprensión del Negocio de CRISP-DM. En la segunda componente, Visión/Definición, el Jefe de Proyecto debe determinar planes dentro del proyecto y para cada uno: aprobar y certificar el grado de compromiso de todos los interesados, para con el proyecto; comunicar los planes a todos los interesados; y generar espacio para el intercambio de experiencias. En esta segunda componente se involucra la gestión del tiempo, costos, calidad, riesgos, del PMBOK y la Comprensión del Negocio y la Comprensión de los datos de CRISP-DM.

FASE 2 – Involucra la ejecución y control del proyecto, y se prioriza un enfoque ágil porque tienen predominio la dinámica y adaptabilidad, características particulares de los proyectos de ciencia de datos. La presente fase presenta sus componentes solapados entre la metodología SCRUM y las fases de Preparación de los datos, Modelado, Evaluación e Implantación de la metodología CRISP-DM. Esto se debe a que al aplicar SCRUM como principal metodología ágil de gestión, los componentes Preparación y Desarrollo Colaborativo están fuertemente enlazados. En esta fase, el Jefe de Proyecto debe vigilar parte de los requisitos que se

corresponden con la formación y crecimiento, tales como: grado de cooperación y comunicación, crecimiento del equipo y desarrollo de habilidades; y la mayoría de los que se corresponden a los procesos internos. Esta fase se divide en tres componentes. La primera, Preparación, donde el Jefe de Proyecto supervisa las etapas de Preparación de los Datos de CRISP-DM y luego definir los planes graduales de lanzamientos correspondientes a cada requerimiento que tendrá como resultado un modelo entregable. La segunda es Desarrollo Colaborativo; la razón del nombre es que la palabra colaboración implica trabajo en equipo, comunicación constante y permanente participación de las partes interesadas, principalmente del o los usuarios representativos. Esto es muy importante para garantizar tanto la culminación de cada modelo entregable como del proyecto en su conjunto. Al cumplir el tiempo asignado para terminar el entregable, se procede a evaluar y probar el mismo (Fase de Evaluación de CRISP-DM). Mientras se ejecuta al *Plan de Lanzamiento*, se efectúan *Revisiones* que tienen como objetivo demostrar concretamente y claramente el progreso del equipo y, recibir retroalimentación de los usuarios sobre el entregable generado (SCRUM).

Al finalizar cada *Plan de Lanzamiento* se genera una reunión de *Retrospectiva* que tiene como objetivos: escuchar distintos puntos de vista dentro del Equipo de Proyecto, identificar colaborativamente las causas de los principales problemas del equipo durante la ejecución del *Plan de Lanzamiento* e idear, consensuar y seleccionar acciones de mejoras concretas que pueda ejecutar el equipo en el próximo *Plan de Lanzamiento* (SCRUM). Recopilar lecciones aprendidas a partir de las reuniones diarias (Ceremonias de SCRUM) donde el *Equipo de Proyecto* le responde al *Director de*

Proyecto las tres preguntas clásicas utilizadas en SCRUM: *¿Cuál fue mi avance desde la última reunión diaria?*, *¿En cuáles tareas me comprometo a trabajar hasta la próxima reunión diaria?* y, *¿Qué problemas tengo que me frenan o bloquean?* La tercera componente, Adaptación, Dirección, Monitoreo y Control, debe integrar las componentes, visión/definición, preparación y desarrollo colaborativo. El objetivo de esta componente es garantizar que no se establecerán cambios incontrolados, es decir todos los cambios que se produzcan deben tener como objetivo mantener la integridad del proyecto a lo largo de todo su desarrollo.

FASE 3 – involucra la evaluación final y cierre, y si bien, no hay un preeminencia de un enfoque sobre otro, ya que ambos, tradicional y ágil tienen como objetivos formular un final claro del proyecto, se plantea el cierre teniendo en cuenta los lineamientos del PMBOK. Esta fase se divide en dos componentes: El cierre, cuyo objetivo es formular un final claro del proyecto, firmando la aceptación del mismo y proporcionando toda la documentación necesaria.

La segunda componente, Pos-Proyecto, Mantenimiento y Mejora Continua, tiene como objetivo asegurar que la solución sigue aportando valor para la organización.

Para el caso de una mejora significativa o una actualización, la propuesta metodológica de gestión de proyectos con enfoque “híbrido”, vuelve a iniciarse a la Fase 1: Definición y Planificación.

La propuesta obedece al requisito de mantener la documentación justa y definir técnicas de difusión de políticas de documentación, el nombre del proyecto, donde se guardan todos los documentos vinculados al proyecto y tienen acceso al mismo todas las partes interesadas. De esta forma, se logra una amplia difusión de toda la documentación.

5. Validación de la propuesta a un caso de estudio real

Con el fin de validar la propuesta metodológica se empleó en la gestión de un proyecto perteneciente al GIBD (Grupo de Investigación de Bases de Datos) de la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional. Dicho proyecto se encuentra en el marco de una línea de investigación sobre Agenda Setting, concepto que hace referencia a la influencia que tienen los medios de comunicación en la fijación de temas en la opinión pública. En dicha línea de investigación se busca realizar un análisis de dominio cruzado para medir los efectos de la instalación de asuntos en la agenda pública tomando como base artículos escritos sobre diferentes temáticas en medios digitales de relevancia para determinar los

tópicos que tratan y luego analizar su difusión en redes sociales empleando técnicas de minería de textos y procesamiento de lenguaje natural. Como red social a estudiar se eligió Twitter, por lo que es necesario recolectar y preprocesar tweets en función de distintos parámetros en relación a las noticias de los diarios. En el marco de dicha investigación, se planteó como subproyecto el *diseño y desarrollo de una aplicación web para la recolección y preprocesamiento de tweets de forma automática*, según determinados parámetros que funcionan como filtros, que pueden aplicarse al momento de la captura o durante un proceso posterior.

La arquitectura completa propuesta (Figura 4) sigue el modelo cliente-servidor: del lado del cliente se utiliza el framework de JavaScript Vue.js en conjunto con el framework de estilos por componentes Vuetify. Este cliente se comunica con un servidor compuesto por una API desarrollada en Python, utilizando el micro-framework Flask, que funciona como interlocutor de los diferentes servicios utilizados. Para la persistencia de los datos de procesos se utiliza MongoDB, para la persistencia de los tweets capturados, Amazon Web Service 3, y el gestor de tareas Celery, para ejecutar las tareas de recolección, procesado y almacenamiento en segundo plano. En la comunicación con Celery se utiliza el motor de base de datos Redis para mantener una cola de mensajes, con el objetivo de iniciar o detener las tareas. Estos servicios se despliegan en containers Docker, junto con interfaces de usuario, para su mejor monitoreo y control.

Para el desarrollo del subproyecto mencionado (desarrollo de aplicación para captura y preprocesamiento de tweets) se empleó la propuesta metodológica de enfoque “híbrido”. A continuación se describe la implementación de las distintas fases:

FASE 1 – Definición y planificación

Pre-Proyecto

Luego de las reuniones informales en las cuales se acordó el desarrollo del proyecto, se formalizó el mismo en un documento que indica objetivos, alcance y restricciones. Dicho documento justifica la realización del proyecto y define las partes interesadas. En la Tabla 4 se presenta un resumen del contenido de dicho documento.

Tabla 4. Documento formal de la etapa de pre-proyecto

Dimensión	Descripción
Objetivo	Diseño e implementación de una aplicación web para la recolección de tweets de forma automática según determinados parámetros
Alcance	El desarrollo del proyecto implica el diseño de la solución, la investigación y elección de las distintas herramientas con su posterior inducción, la configuración de las mismas, la preparación de los entornos y el desarrollo de la aplicación web y la API que le brinde servicio
Restricciones	Uso de herramientas open source. Para la persistencia de los tweets capturados se utilizará un servicio de almacenamiento en la nube, hasta contar con la infraestructura requerida para poder realizarlo localmente.

Visión/Definición

Se realizó un estudio del negocio y de los datos, lo que permitió comprender con mayor detalle el objetivo del proyecto, puntualmente qué datos se necesitan capturar y el preprocesamiento que se le debe aplicar a los mismos.

Adicionalmente se determinó que la aplicación realizará la recolección de tweets en base a filtros predefinidos por el usuario antes de iniciar la tarea. En particular, se especifican palabras clave o hashtags que deben aparecer en el tweet para que se capture y almacene. Mediante el uso de la Search API de Twitter, se recolectan tweets a partir de los filtros dados por el usuario. Dicha petición devuelve un archivos JSON con 75 variables de cada tweet, y luego de un primer preprocesamiento, se almacenan en MongoDB las siguientes variables: *created_at*, *timestamp_ms*, *favorite_count*, *in_reply_to_user_id*, *coordinates*, *geo*, *source*, *lang*, *variables del usuario*, *hashtags*, *symbols*, *user_mentions*, *urls*, *contributors*, *text*, *quote_count*, *retweeted*, *reply_count*, *retweet_count*, *id*, *favorited*.

Se determinó el plan del proyecto teniendo en cuenta la metodología a seguir. El diseño del plan del proyecto involucró la planificación de tiempo, costos, recursos humanos y riesgos. Se realizó la comunicación y aprobación del plan con todos los interesados.

También se definieron las herramientas a utilizar y la interacción entre las mismas, haciendo énfasis en la escalabilidad y eficiencia del sistema, que se han mencionado al inicio de esta sección.

FASE 2 – Ejecución y control

Preparación

El Jefe de Proyecto definió en conjunto con el equipo de trabajo los planes graduales de lanzamientos correspondientes a cada requerimiento, que tienen como resultado un modelo entregable (Tabla 5).

Desarrollo Colaborativo

Se realizó el desarrollo de los planes graduales, trabajando en equipo, con comunicación constante y permanente participación de las partes interesadas, principalmente del desarrollador y de los usuarios representativos.

Se mantuvieron reuniones diarias para analizar el avance logrado, las próximas tareas y los problemas actuales. Estas reuniones permitieron recopilar lecciones aprendidas.

Al llegar a cada entregable, se fueron realizando las pruebas y evaluaciones de los mismos, junto con revisiones del trabajo realizado para demostrar el progreso del equipo y recibir retroalimentación de los usuarios sobre el entregable generado.

Tabla 5. Etapas del proyecto y entregables

Etapa	Entregable
Diseño de propuesta de solución.	Esquema de solución.
Investigación y selección de los lenguajes y herramientas.	Documento que detalla las características de los lenguajes y herramientas a utilizar.
Diseño de la arquitectura de solución	Arquitectura de solución con una descripción de la interacción entre las herramientas.
Diseño y construcción de entornos de desarrollo y producción reproducibles	Entornos de desarrollo y producción
Instalación de las bases de datos	Bases de datos instaladas y configuradas
Desarrollo de la API	API web
Desarrollo de la aplicación web	Aplicación web

Adaptación, Dirección, Monitoreo y Control

Como se mencionó anteriormente, se realizó un proceso de dirección y control constante. Esto permitió realizar las adaptaciones necesarias durante el transcurso del proyecto de forma controlada.

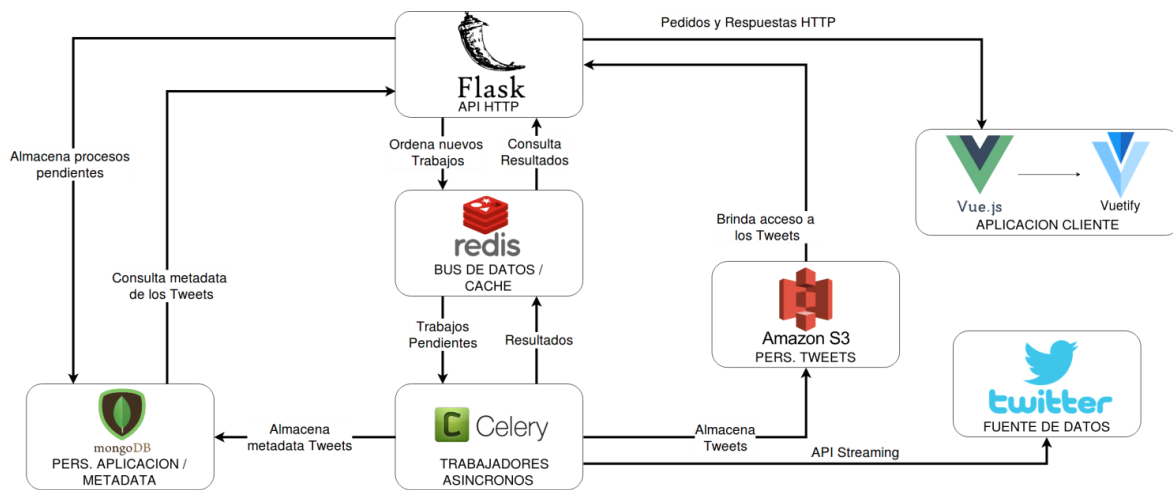


Figura 4. Arquitectura de la solución completa propuesta

FASE 3 – Evaluación final y cierre

Cierre

Se realizó el cierre formal de la primera etapa del proyecto. El proyecto continúa para realizar mejoras a la aplicación desarrollada.

Pos-Proyecto, Mantenimiento y Mejora Continua

Actividades en desarrollo para asegurar que la solución siga aportando valor a la organización. En esta misma línea, se pactó volver a la Fase 1 para plantear una actualización de la aplicación.

Documentación, organización y coordinación del equipo

Se creó un repositorio para almacenar el código y la documentación del proyecto, dando acceso al mismo todas las partes interesadas. La organización del equipo y las actividades se realizó por medio de Trello² y Slack³. Esto permitió tener los objetivos claros, una correcta gestión del tiempo y una comunicación fluida entre los miembros del equipo.

6. Resultados

La Propuesta Metodológica de enfoque “híbrido”, permite mantener la dinámica entre equipo de proyecto y los interesados para con las actividades afectadas a cada uno. Por otro lado se logró un buen equilibrio entre la propuesta establecida en el trabajo anterior a partir de la obtención de los puntos fuertes de la guía de buenas

prácticas, PMBOK, ATERN y la metodología ágil ampliamente utilizada en proyectos vinculados con las tecnologías de la información, SCRUM con la metodología tradicional CRISP-DM, específicamente desarrollada para gestionar proyectos de ciencia de datos.

7. Conclusiones y Trabajo Futuros

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la propuesta metodológica de enfoque “híbrido” ha cumplido con los objetivos propuestos. En este trabajo se presenta la validación de la propuesta para un proyecto de ciencia de datos en el que se construye una aplicación que permite la recolección y preprocesamiento de datos de fuentes externas (twits) para la confección de la base de datos a analizar. Los aportes más relevantes de la aplicación de esta propuesta metodológica a este proyecto particular fueron la agilización en la gestión y desarrollo del proyecto. Esto se logró mediante de la colaboración entre las partes interesadas, logrando integrar áreas vinculadas con el proyecto, a través del trabajo en conjunto de interesados y equipo del proyecto. Esta propuesta de enfoque “híbrido” que integra las fortalezas de metodologías tradicionales y ágiles, resulta atractiva para proyectos de minería de datos, dado que: permite optimizar el tiempo y recursos utilizados, no requiere formación específica por su sencillez, sólo se genera la documentación necesaria y la información requerida para asegurar una comunicación eficiente y no incurrir en los mismos errores a partir de las lecciones aprendidas. Luego de la ejecución de este proyecto empleando la metodología de enfoque “híbrido” se pudo concluir que la misma resulta aplicable a proyectos de ciencia de datos en general, ya que no sólo se orienta a proyectos que

² <https://trello.com/>

³ <https://slack.com/>

construyen modelos o patrones estáticos a partir del análisis de datos del negocio, sino que considera fuertemente escenarios en los que la base de datos a analizar se actualiza continuamente, mediante la incorporación de datos de fuentes externas, y el dinamismo de los modelos es clave para la toma de decisiones en tiempo real.

Se considera como trabajo futuro ampliar la validación de la propuesta metodológica a nuevos proyectos de ciencia de datos, para realizar validaciones en distintos escenarios.

8. Referencias

- [1] Ngai, E. W.; Xiu, L.; Chau, D. C. "Application of data mining techniques in customer relationship management: A literature review and classification," *Expert systems with applications*, vol. 36, no. 2, pp. 2592-2602, (2009).
- [2] Witten, I. H.; Frank, E., Hall, M. A.; Pal, C. J. *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann, (2016).
- [3] Chapman, P., "CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide," (2000).
- [4] Mariscal, G.; Marban, O.; Fernandez, C. "A survey of data mining and knowledge discovery process models and methodologies," *The Knowledge Engineering Review*, vol. 25, no. 2, pp. 137-166, (2010).
- [5] Varajão, J. Success Management as a PM knowledge area – work-in-progress. *Procedia Computer Science*. Vol. 100, pp.1095 – 1102, (2016).
- [6] Colomo-Palacios, R.; Casado-Lumbreras, C.; Soto-Acosta, P.; García-Peñalvo, F.J.; Tovar-Caro, E. Project managers in global software development teams: a study of the effects on productivity and performance, *Software Quality*. 22 (1)3–19, (2014).
- [7] Varajão, J. Dominguez, C. Ribeiro, P. Paiva, A. Critical success aspects in Project management: similarities and differences between the construction and software industry, *Tech. Gazette* 21 (3) 583–589, (2014).
- [8] Montequin, S.; Fernandez, C.; Fernandez, O.; Balsera, J.V. [Analysis of the Success Factors and Failure Causes in Projects: Comparison of the Spanish Information v Communication Technology \(ICT\) Sector](#). *Journal Information Technology Project Management*, Vol. 7(1), pp. 18-31, (2016).
- [9] Chow, T.; Chao, D. A survey of critical success factors in agile software projects. *Journal of systems and software*, Jun. Available: Science Direct, 81(6):961–971, (2008).
- [10] Lehtinen, T.; Mäntylä, M.; Vanhanen, J.; Ikonen, J.; Lassenius, C. Perceived causes of software project failures – An analysis of their relationships. *Information and Software Technology* 56, pp. 623–643, (2014).
- [11] Ramos, P.; Mota, C. Perceptions of success and failure factors in information technology projects: a study from Brazilian companies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 119, pp. 349 – 357, (2014).
- [12] Elkadi, H. Success and failure factors for e-government projects: A case from Egypt. *Egyptian Informatics Journal*, 14, pp. 165–173, (2013).
- [13] ElEmam, K.; Koru, A.G. A replicated survey of IT software project failures. *Software. IEEE Software*, vol. 25, pp. 84–90, (2008).
- [14] Bentley, L.; Whitten, J. *Systems Analysis and design methods*. MacGraw Hill, pp. 9–11, (2007).
- [15] Cristaldo, P.; Ballejos, L.; Alé, M. Un enfoque híbrido de gestión de proyectos de TICs en el sector público. 44 *Jornadas Argentinas de Informática*. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ingeniería, Argentina, ISBN, (2015).
- [16] Spundak, M. Mixed agile/traditional project management methodology – reality or illusion? *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 119, pp. 939 – 948, (2014).
- [17] Conforto, E. C.; Amaral, D. C. Evaluating an agile method for planning and controlling innovative projects. *Project Management Journal*, 33(4), pp. 4–14, (2008).
- [18] Schwaber, K.; Beedle, M. *Agile Software Development with SCRUM*. In: Conchango ISBN: 0130676349, (2006).
- [19] Schwaber, K.; Sutherland, J. *The SCRUM Guide, the Definitive Guide to SCRUM: The Rules of the Game*. http://www.SCRUM.org/Portals/0/Documents/SCRUMguides/SCRUM_Guide.pdf, (acceso 14.02.17) (2011).
- [20] Böhm, A. *Application of PRINCE2 and the Impact on Project Management*. 1 Ed. Grin Publishing, 60 p. ISBN-10: 3640424247, ISBN-13: 978-3640424245, (2009).
- [21] *PMBOK Guide*. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. 5 Ed. NewtownSquare, Pennsylvania 19073-3299 USA. PE: Project Management Institute Inc .ISBN: 978-1-935589-67-9, (2013).
- [22] Nogueira, D. Agile Data Mining: Uma metodologia ágil para o desenvolvimento de projetos de data mining. *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, (2014).
- [23] Alnoukari, M.; Alzoabi, Z. Hanna, A. Applying Adaptive Software Development (ASD) Agile Modeling on Predictive Data mining Applications: ASD-DM Methodology. *Information Technology, ITSIM 2008. International Symposium on (Volume 2)*. doi: 10.1109/ITSIM.2008.4631695, (2008).

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [24] Santana Do Nascimento, G.; Aparecida de Oliveira, A. Agile KDD An Agile Knowledge Discovery in Databases Process Model. Federal University of Sergipe São Cristóvão, Brazil gsnascimento@petrobras.com.br Adicineia Federal University of Sergipe São Cristóvão, Brazil adicineia@ufs.br (2013).
- [25] Guo, P. Data Science Workflow: Overview and Challenges. Acceso acm.org. (2013).
- [26] Ibm. Have you seen ASUM-DM? <https://developer.ibm.com/predictiveanalytics/2015/10/16/have-you-seen-asum-dm/>. (2015).
- [27] Way, R. Model deployment: the moment of truth, Corios Redpaper, (2013).
- [28] Niaksu, O. Development and application of Data Mining methods in medical diagnostics and healthcare management. Vilnius University, (2015).
- [29] Mariscal, G.; Marbán, O.; Segovia, J. Un enfoque Ágil para el Desarrollo de Proyectos de Data Minig, Researchgate, Marchx, G. (2014). Big Data and Agile: The Perfect Marriage. Head of Agile Competency Center, EPAM Canadá. (2013).
- [30] Marchx, G. Big Data and Agile: The Perfect Marriage. Head of Agile Competency Center, EPAM Canadá, (2014).
- [31] Lopuszynski, M. Agile Approach to Data Minig Projects. Warsaw Data Science Meetup, (2016).
- [32] Marinescu, M., Traianpele, D. Modelling the strategic success factors of the Romanian ICT based Companies. Procedia - Social and Behavioral Sciences 58, pp.1111 – 1120, (2012).
- [33] Rivard, S.; Dupre, R. Information systems project management in PMJ: a brief history, Project Management Journal 40, pp. 20–30, (2009).
- [34] Lock, D. Project management. 9 Ed. Aldershot: Gower. 520 p. ISBN-13: 978-0-566-08772-1 (pbk) 978-0-566-08769-1 (hardback), (2007).
- [35] Batra, D.; Xia, W., VanderMeer, D., y Dutta, K. Balancing Agile and Structured Development Approaches to Successfully Manage Large Distributed Software Projects: A Case Study from the Cruise Line Industry, Communications of the Association for Information Systems, Vol. 27, Article 21, p. 379-394, (2010).
- [36] Stare, A. Agile Project Management in Product Development Projects. Procedia - Social and Behavioral Sciences 119, 295 – 304, (2014).
- [37] Fernandez, D. y Fernandez, J. Agile Project Management: Agilism Versus Traditional Approaches. Journal of Computer Information Systems, Vol. 49, Nro. 2, p. 10-17. (2008).
- [38] Karlström, D.; Runeson, P. Combining Agile Methods with State-Gate Project Management. IEEE Software, Vol. 22, Nro. 3, p. 43-49. (2005).
- [39] Saltz, J. The Need for New Processes, Methodologies and Tools to Support Big Data Teams. International Conference on Big Data, IEEE, Santa Clara, CA, USA (2015).
- [40] KDnuggets, “Crisp-dm, still the top methodology for analytics, data mining, or data science projects” <http://www.kdnuggets.com/2014/10/crisp-dm-top-ethodology-analytics-data-mining-data-science-projects>. html, (2014)
- [41] Highsmith, J. Agile project management: creating innovative products. 2nd ed. Boston, MA: Addison-Wesley. 432 p. (2010).
- [42] Charvat, J. Project management methodologies: selecting, implementing and supporting methodologies and processes for projects. Hoboken, NJ: Wiley. 264 p. (2003).

Validación de la Consistencia Lógica de Reglas de Negocio expresadas en Lenguaje Natural en el Desarrollo de Sistemas de Software

Ing. Guillermo Pantaleo
Profesor Adjunto, Dto. Computación, Facultad de Ingeniería, UBA
gpantaleo@fi.uba.ar

Resumen

El proceso de desarrollo de sistemas de software incluye la realización de diferentes tareas tales como el relevamiento de requerimientos, su análisis, la definición de la arquitectura y el diseño, la codificación y prueba de los componentes. Las herramientas de ayuda en estas tareas que generan modelos en forma automática necesitan de validaciones que aseguren la robustez de los resultados obtenidos. En este trabajo se presenta el procesamiento realizado en la implementación de una herramienta de este tipo para la validación de la consistencia lógica de un conjunto de reglas de negocio. Las mismas están asociadas al dominio del sistema de software en desarrollo, expresadas en lenguaje natural y modeladas como predicados lógicos de primer orden.

1. Introducción

Entre las actividades que se llevan adelante en el ciclo de vida de un proyecto de desarrollo de software es de fundamental importancia el relevamiento y análisis de los requerimientos ya que sus correctas realizaciones permiten entender el negocio sobre el cual deberá funcionar el sistema en desarrollo y por lo tanto las que determinan el alcance y las prioridades del proyecto [1]. La posibilidad de contar con herramientas de ayuda para la realización de estas tareas es muy valorada [2][3] ya que dan soporte a los desarrolladores y achican los riesgos de un entendimiento y una concepción equivocada. El objetivo de la herramienta presentada en [3] es acelerar el aprendizaje del negocio, achicando así el riesgo más importante de un proyecto de desarrollo de software. Fue pensada para que un analista genere la entrada escribiendo texto estructurado guiado por un editor que realiza sugerencias y coloreado del texto, según el estándar SBVR (Semantics of Business Vocabulary and Business Rules) [11]. La misma procesa el texto de entrada, lo valida contra el estándar y genera modelos de clases, patrones y dinámica de validación de

las reglas en forma automática. La salida provista es la visualización de los modelos, constituyendo esta funcionalidad un medio poderoso de análisis. Un validador lógico implementado en Prolog valida el Modelo de Dominio generado y la utilización de Micromodelos [5] y un SAT Solver (Boolean Satisfiability Problem Solver) permite validar la consistencia del conjunto de reglas de negocio asociadas. En este contexto, la generación automática de modelos para proveer la alternativa de ser utilizada por parte de un usuario con un mínimo conocimiento de programación por medio de un DSL (Domain Specific Language) [3] construido para tal fin determina la necesidad de la validación de dichos modelos para darle robustez a los resultados obtenidos. Un marco adecuado para la resolución del problema que plantea la validación lógica de la consistencia de un conjunto de reglas de negocio es el conocido como Chequeo de Modelos, otro marco adecuado es la Vinculación Semántica [4]. En el primer enfoque el planteo es

Φ : requerimientos expresados como fórmula de predicados lógicos (comportamiento esperado).

M : modelo (fórmulas, símbolos, significado y dominio de las variables).

$M \models \Phi$ significa que el modelo satisface la fórmula. en el segundo

Γ : conjunto de fórmulas de predicados lógicos.

$\Gamma \models \Phi$ significa que el conjunto es válido, es decir que para todo modelo M en Γ que es verdadero también lo es Φ .

En el escenario de validación y verificación de software la Vinculación Semántica si bien es un marco adecuado para este problema, es un problema indecidible [4]. En él, el significado de las fórmulas es

Γ : todos los requerimientos de diseño del software.

Φ : propiedad que debe mantenerse en todas las implementaciones del diseño que satisfacen a Γ .

Desde la perspectiva del Chequeo de Modelos, son válidas las siguientes consideraciones; se pueden componer todos los requerimientos en modelos M y probar $M \models \Phi$.

En general los modelos requieren detalles que los hacen difíciles de manejar y además en principio algunos no son conocidos, de allí que es más adecuado Γ porque permite utilizar diferentes modelos con distintos niveles de detalle. La solución propuesta en [5] denominada Micromodelos toma lo mejor de ambas y ofrece la posibilidad de resolver el problema con una solución de compromiso, salvando el problema de la no decidibilidad. El enfoque de los Micromodelos toma de Γ requerimientos en una cantidad pequeña N de modelos M_i y prueban $M_i \models \Phi$ para $1 < i < N$. Basado en la premisa de que las fallas se detectan en una cantidad pequeña de modelos simples y de que la ausencia de fallas no implica certeza, sino la posibilidad de continuar probando con modelos más complejos basados en un determinado grado de confianza.

Ha habido diferentes propuestas del concepto de Micromodelos propuesto por Jackson y el uso de la herramienta Alloy para expresar modelos de dominio [6], así como la utilización del analizador de Alloy para el chequeo de restricciones como las reglas de negocio asociadas a dichos modelos [7][8]. Nuestro trabajo tiene en común con ellos la utilización de Micromodelos para expresar la estructura y el comportamiento de dominios así como la validación de reglas.

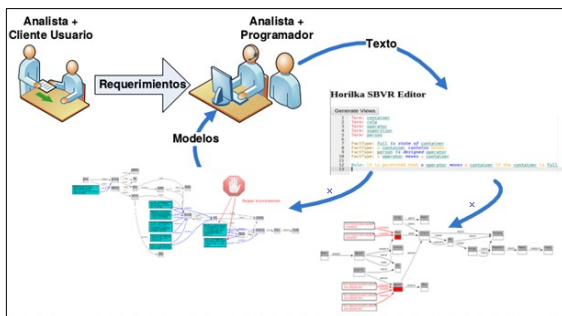


Figura 1. Contexto de funcionamiento de la herramienta construida mostrando parte del flujo de información y los modelos generados en forma automática.

Sin embargo, como veremos el contexto de aplicación es diferente ya que en estos trabajos se limitan al modelado y la evaluación del concepto mientras nuestra propuesta trata de la generación y la validación automática del dominio.

Esta diferencia hace que nosotros necesitemos expresar las reglas como predicados lógicos de primer orden independientes y no como facts (hechos lógicos restrictivos), lo cual impone una dificultad adicional.

También se han publicado trabajos en los cuales se busca la validación de requerimientos de software [9] utilizando Micromodelos. En este caso la propuesta se basa en el procesamiento de texto natural expresando el vocabulario y las reglas de negocio y un modelo de clases del dominio en UML (Unified Modeling Language) [10] elaborado manualmente para obtener como resultado del procesamiento el código Alloy que permite las validaciones mencionadas. En nuestro caso el modelo de clases no es necesario como entrada sino que surge como resultado del mismo procesamiento y el texto de entrada no es libre sino que la plataforma construida [2] [3] posee como primer componente un parser de SBVR que conduce y ayuda en la edición de texto controlado por parte del usuario, eliminando de esta forma la desventaja de tener que contar como entrada con texto en inglés correctamente escrito. En la Fig. 1 se muestra el contexto de funcionamiento de la herramienta construida.

En la próxima sección se presenta a modo de resumen a los Micromodelos de Alloy y su aplicación a la validación de restricciones. En la sección siguiente la aplicación de los Micromodelos en la validación de las reglas de negocio y su forma de implementación en la herramienta por nosotros desarrollada. Por último se presenta un caso de su aplicación.

2. Micromodelos en Alloy

Alloy es un lenguaje declarativo de especificación que permite modelar estructuras y definir restricciones sobre el comportamiento de las mismas. Los conceptos o entidades son expresados como firmas (sig) que representan conjuntos de átomos (atoms), las cuales pueden contar con campos (fields) que representan relaciones entre los conjuntos. Este lenguaje dispone de operaciones aritméticas (ej. +, -, =), operaciones entre conjuntos (ej. \cup , \cap , \subset , in) y cuantificadores (ej. \forall , \exists) y operadores lógicos (ej. and, or, not, \rightarrow). Se pueden expresar con los artefactos del lenguaje operaciones algebraicas y lógicas sobre y entre conjuntos. Las restricciones que condicionan las operaciones sobre los conjuntos son expresadas como hechos lógicos (fact) o predicados lógicos de primer orden (pred). Los primeros deben cumplirse siempre, los segundos en el contexto donde son invocados.

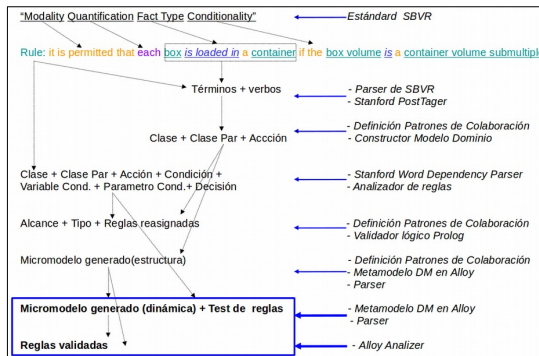


Figura 2. Esquema del procesamiento realizado sobre el texto de entrada hasta la obtención de los resultados de la validación de la consistencia de las reglas. Los componentes intermedios corresponden al Modelo de Dominio generado en forma automática [2]. En la columna de la izquierda se muestra el flujo de información y en la derecha el procesamiento aplicado en cada paso.

Una aseveración (assert) se define a partir de las restricciones expresadas por los facts del modelo. Se pueden ejecutar dos tipos de comandos, run predicado y check aseveración. El primero ejecuta un predicado buscando instancias que lo cumplan, el segundo ejecuta un predicado buscando contraejemplos que lo hagan fallar; ambos son acciones ejecutadas por el analizador de Alloy a través de un SAT Solver[5].

A los comandos se les provee por parámetro la dimensión del modelo total a explorar, es decir la cantidad de Micromodelos que conforman la prueba. De esta forma se construyen modelos y se los valida.

3. Modo de uso de los Micromodelos en la herramienta de análisis de software

A partir de la entrada de texto controlado según SBVR se construye el Modelo de Dominio que además de ser una de las salidas de la herramienta es entrada al generador del modelo Alloy.

El aspecto estático del Micromodelo se construye a partir del Modelo de Dominio, el dinámico a partir del análisis sintáctico y semántico de las reglas como se indica en la Fig. 2. La estrategia seguida es capturar las condiciones que imponen las reglas y las transacciones de negocio como premisas lógicas, éstas constituyen las proposiciones incluídas en los predicados cuya estructura conforma el razonamiento acerca de la dinámica del negocio. Los resultados de la ejecución de los comandos run y check constituyen las conclusiones lógicas[4][5].

En los tests generados las reglas son insertadas a efectos de probar las restricciones que las mismas imponen a la dinámica del modelo. Ambos tipos de reglas de negocio, estructurales y de comportamiento [13], son modeladas en nuestra propuesta como predicados enfocados en condicionar cada una de las transacciones que operan sobre los objetos de negocio. El analizador de Alloy evalúa la ejecución de un comando run predicado como una conjunción de las sentencias incluídas en el cuerpo del mismo, debido a esto los predicados reglas fueron incluídos en los tests de forma de generar el escenario exitoso por su presencia en el caso de las modalidades lógicas posible/prohibido [4][11]. El resultado de una ejecución que encuentra una instancia se interpreta como que existe por lo menos un caso para el cual la regla se cumple. Por cada regla se generaron predicados de prueba fallidos (sin regla) y exitosos (con regla). Al ejecutar un comando check para una aseveración el analizador niega la lógica en ella incluída y busca una instancia contraejemplo. Por esta razón en las validaciones las reglas se incluyeron como implicaciones materiales [4] en las aseveraciones de las modalidades necesario/obligatorio.

```

pred predicadoConBR_i[]
{
  some x: X |
  {
    BR_i[]
    proposición j
    ...
    proposición N
  }
}
run predicadoConBR_i for 10 but 2 A
assert testConBR_i {
  all x: X |
  BR_i[] =>
  {
    proposición j
    ...
    proposición N
  }
}
check testConBR_i for 10 but 2 A
    
```

Figura 3. Pseudocódigo Alloy mostrando un ejemplo de predicado de regla de negocio incluído en los test ejecutados por el analizador Alloy en la modalidad implementada; los predicados de las reglas se indican como BR_i[], el conjunto de proposiciones conforman la transacción que se condiona con la regla .

Así, el resultado de una ejecución cuando no se encuentran contraejemplos se interpreta como que la regla se cumple en todos los casos, universalmente. Para cada regla se generaron aseveraciones fallidas (sin regla) y exitosas (con regla). En la Fig. 3 se muestra un segmento de código Alloy con la inclusión de los predicados reglas descriptos en ambos tipos de pruebas. Las reglas así modeladas permiten su inclusión o exclusión y la creación del escenario para la evaluación de su influencia en el comportamiento del negocio, a diferencia de los facts que deben cumplirse en todo momento condicionando de esa forma todos los escenarios del modelo.

3.1. Modelo lógico

A partir del procesamiento de las reglas se determina el tipo de regla [2] y la modalidad lógica [12] derivada del estándar SBVR. En las plantillas utilizadas para la generación de código, las modalidades utilizadas y sus equivalencias fueron las que se listan a continuación

- Lógica modal alética : (Necesario, Posible, Imposible) = ($\Box\Phi$, $\Diamond\Phi$, $\neg\Diamond\Phi$) con Φ representando la regla de negocio sin la modalidad, \Box significando es necesario que, \Diamond es posible que y \neg operador negación.
- Lógica modal deóntica: (Obligatorio, Permitido, Prohibido) = ($O\Phi$, $P\Phi$, $F\Phi = \neg P\Phi$) con Φ representando la regla de negocio sin la modalidad, O significando es obligatorio que, P es permitido que y F es prohibido que.
- Consistencia en t: $\Diamond(\Phi_1, \Phi_2, \dots \Phi_i)$ con Φ_i representando a la regla i condicionando a la transacción t .

3.2. Implementación

Las modalidades mostradas fueron implementadas utilizando Alloy [5], donde “cond” y “trans” representan los predicados lógicos de primer orden de la condición y transacción de la regla de negocio Φ respectivamente:

Lógica modal alética

- Necesario: $\text{cond} \Leftrightarrow \text{trans}$ y `assert` con cuantificador universal `all`.
- Posible: $\text{cond} \Rightarrow \text{trans}$ y `assert` con cuantificador existencial `some`.
- Imposible : no posible = $\text{not}(\text{cond} \Rightarrow \text{trans}) = (\text{cond} \text{ and } \text{not } \text{trans})$ y cuantificador universal `all`.
- Lógica modal deóntica de igual forma que sus equivalentes aléticos.
- Consistencia: conjunción de condiciones = premisas derivadas de las reglas, condiciones y transacción que condicionan.

En la Fig. 4 se puede ver un ejemplo de esta implementación donde se muestran los predicados de reglas de negocio para la modalidad necesario/posible.

```
pred BR_i[]
{
    all x: X |
        cond[x] <=> trans[x]
}

pred BR_j[]
{
    some x: X |
        cond[x] => trans[x]
}
```

Figura 4. Pseudocódigo Alloy mostrando la implementación de los predicados de reglas de negocio para la modalidad necesario/posible.

La consistencia de las reglas se prueba a partir de un predicado que lista predicados de reglas y la transacción condicionada como premisas del proceso de inferencia para cada transacción.

Si el predicado es exitoso (el analizador encuentra una instancia) significa que existe un elemento, como se muestra en la Fig. 5, que cumple a la vez con todas las reglas y con el cual es posible realizar la transacción que se prueba.

El conjunto de premisas con las cuales se realiza la inferencia se deriva en forma automática del vínculo lógico entre las diferentes reglas teniendo en cuenta las transacciones a que hacen referencia y las condiciones sobre ellas impuestas.

```
pred predicadoConsistenciaTransaccion[]
{
    Premisas
}
run predicadoConsistenciaTransaccion for 10 but 2 A
```

Figura 5. Pseudocódigo Alloy mostrando un predicado de consistencia entre reglas centradas en una transacción.

4. Casos de Uso

Para un negocio de almacenamiento y distribución de contenedores se impusieron las tres reglas que se muestran las cuales definen los tres casos de prueba. Se muestran abajo las reglas y las premisas derivadas de sus relaciones lógicas para los tres casos mencionados.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

Caso 1

Reglas

BR_85: *it is necessary that a container can be moved if the container is approved*

BR_86: *it is prohibited that a container can be moved if the container is full*

BR_87: *it is obligatory that a container can be approved if the container is full*

Caso 2

Reglas

BR_85: *it is necessary that a container can be moved if the container is approved*

BR_86: *it is prohibited that a container can be moved if the container is empty*

BR_87: *it is obligatory that a container can be approved if the container is full*

Caso 3

Reglas

BR_85: *it is necessary that a container can be moved if the container is approved*

BR_86: *it is permitted that a container can be moved if the container is full*

BR_87: *it is obligatory that a container can be approved if the container is full*

Predicado de consistencia

pred predicadoConsistenciaMove[x: Operator, y: Container]

```
{  
  BR_85[]  
  BR_86[]  
  BR_87[]  
  isFull[y]  
  move[x, y]  
}
```

La salida de la herramienta para los tests se muestra en la Fig. 6. Los paralelogramos color ocre representan los tests por regla fallidos por no estar incluida la regla correspondiente, los blancos son exitosos por estar incluida la regla correspondiente. El rojo es fallido por estar presentes todas reglas y no ser consistentes. Este es un ejemplo simple para mostrar el comportamiento del procesamiento propuesto; la falta de consistencia entre reglas de negocio es un problema no fácil de resolver ya que aparece comunmente enmascarado y es difícil su detección. La herramienta ha sido probada en el negocio de trazabilidad de medicamentos así como en otros de variado origen con muy buenos resultados.

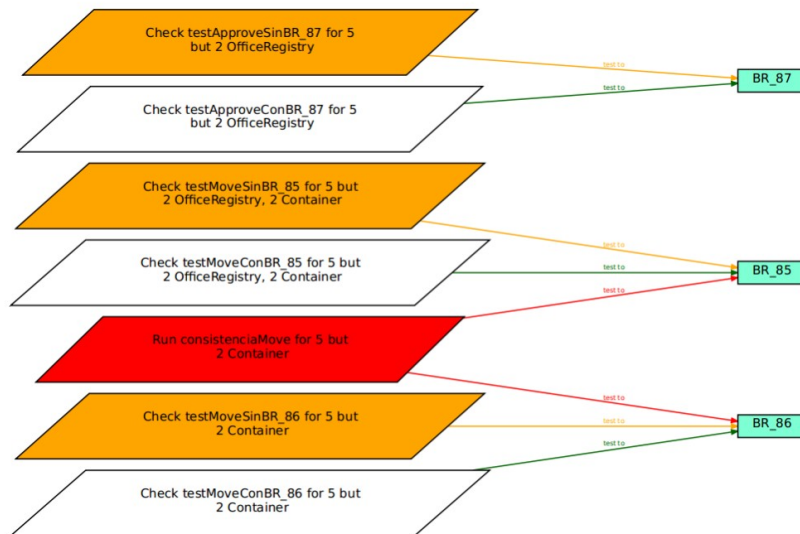


Figura 6-a. Salida de los tests de consistencia para el Caso 1. El paralelogramo color rojo muestra la contradicción generada por el conjunto de reglas sobre la transacción move.

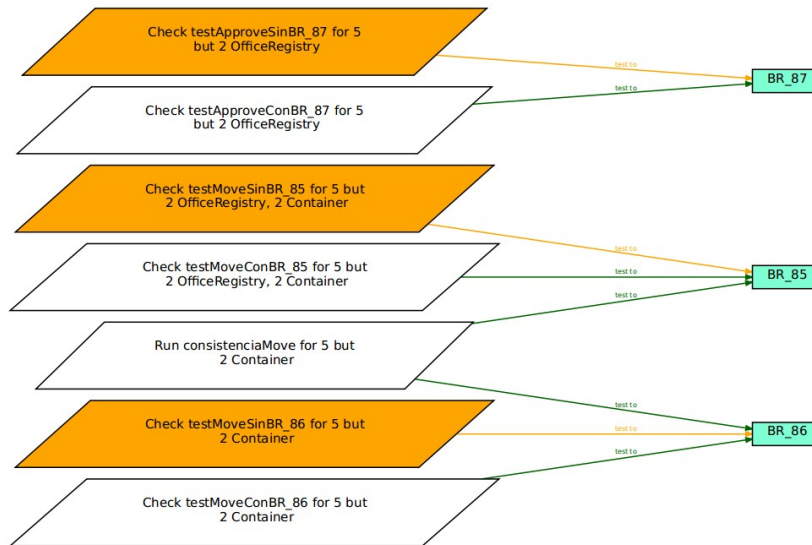


Figura 6-b. Salida de los tests de consistencia para el Caso 2 y 3. El paralelogramo representando el test de consistencia sobre la transacción move en estos casos muestra consistencia apareciendo en color blanco.

5. Conclusión

Las herramientas de ayuda en tareas que generan modelos en forma automática, en el proceso de desarrollo de software, necesitan de validaciones que aseguren la robustez de los resultados obtenidos. El objetivo de este trabajo fue la validación de la consistencia lógica de reglas de negocio, expresadas en lenguaje natural, para el modelo de dominio de un sistema de software en desarrollo.

Se implementó un proceso de generación automática de los predicados lógicos para dicha validación utilizando micromodelos. La implementación en forma dinámica de los predicados a partir de la generación automática de código, la expresión de los mismos contemplando las modalidades lógicas derivadas del estándar SBVR y la salida de resultados en forma gráfica a modo de tests, son los aspectos originales de la propuesta presentada.

Referencias

- [1] Guillermo Pantaleo, Ludmila Rinaudo, "Ingeniería de Software", Alfaomega, ISBN: 978-987-1609-78-9, Mexico 2015.
- [2] Guillermo Pantaleo, Ignacio Vazquez, "Una Plataforma para Facilitar la Comprensión del Vocabulario y las Reglas de Negocio en el Desarrollo de Software", Simposio en Ingeniería de Sistemas y Software, CoNaIISI, ISSN: 2346-9927 - Página 758, San Luis, Argentina, 2014.
- [3] Guillermo Pantaleo, "La máquina de hacer software", Simposio en Ingeniería de Sistemas y Software, CoNaIISI, ISSN: 2347- 0372, Salta, Argentina, 2016.
- [4] Huth M., Ryan M., "Logic in computer science", Cambridge University Press, 2004.
- [5] Daniel Jackson, "Software Abstractions: Logic, Language, and Analysis", MIT Press Software, 2012.
- [6] Nesa Asoudeh, Ramtin Khosravi, "Alloy as a Language for Domain Modeling", Proc. MySEC'08, Terengganu, Malaysia, December 2008.
- [7] Alain P. Toledo, Alain Pérez Alonso, Luisa M. González González, "From SBVR to Alloy: a contribution to integrity constraints transformation", II Conferencia Internacional de Ciencias Computacionales e Informáticas, La Habana, Cuba, 2013.
- [8] dos Santos Guimarães, Schmitz, Juarez Alencar, Lima, Correa, "Method for Verifying the Consistency of Business Rules Using Alloy", The Twenty-Sixth International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2014), Vancouver, Canada from July 1 to July 3, 2014.
- [9] Imran Sarwar Bajwa, Behzad Bordbar, Mark Lee, Kyriakos Anastasakis, "NL2 Alloy: A Tool to Generate Alloy from NL Constraints, Journal of Digital Information Management", Volume 10 Number 6, December 2012.
- [10] OMG. (2007). "Unified Modeling Language (UML)", OMG Standard, v. 2.3.
- [11] OMG. (2008). "Semantics of Business vocabulary and Rules (SBVR)", OMG Standard, v. 1.0.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [12] Rod Girle, “*Modal Logic and Philosophy*”, Mc Gill Queen’s, University Press, 2000.
- [13] Biljana Bajic-Bizumic, Irina Rychkova, Alain Wegmann, “*Simulation-Driven Approach for Business Rules Discovery*”, CAiSE Workshops 2013: 111-123

Modelo de Calidad Mixto para Software Responsable de la Gestión de la Movilidad Urbana en Smart Cities

Alejandro Ramón Rivoira⁽⁺⁾; Alberto Sánchez⁽⁺⁾; Alberto Fernández Gil^(*); Carlos Salgado⁽⁺⁾;
Mario Peralta⁽⁺⁾, Giselle Cavallera⁽⁺⁾

⁽⁺⁾ Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950 – C.P. 5700 – San Luis – Argentina
e-mail: {rivoira.ale, giselle.cavallera}@gmail.com, {alfanego, csalgado, mperalta}@unsl.edu.ar

^(*) Centro para las Tecnologías Inteligentes de la Información y sus Aplicaciones (CETINIA)
Universidad Rey Juan Carlos - Madrid – España
e-mail: alberto.fernandez@urjc.es

Resumen

Las Smart Cities son ciudades que, por medio de las aplicaciones de la tecnología en sus diferentes ámbitos, se transforman en localidades más eficientes en el uso de sus recursos, ahorrando energía, mejorando los servicios entregados y promoviendo un desarrollo sustentable. Las tecnologías de la información y de la comunicación son el eje central de las mismas, por tal motivo deben ofrecer garantía de calidad. La calidad de software puede ser entendida como el grado con el cual el usuario percibe que el software satisface sus expectativas [1]. De esta definición se deduce que hay expectativas o deseos que él no percibe y que pueden acarrear un problema inusitado. Para desarrollar software de calidad se debe seguir un modelo de calidad que se conoce como una metodología que permite a cualquier organización realizar una autoevaluación o autodiagnóstico, por medio de una revisión sistemática de sus estrategias y prácticas de gestión. En este trabajo de investigación se presenta un modelo de calidad mixto, para software responsable de la gestión de coordinación dinámica de flotas abiertas en una ciudad inteligente. La aplicación del modelo se hará sobre una aplicación para celulares llamada EcoBike, perteneciente al proyecto Ecobike Solutions [21a], que se encarga de gestionar la movilidad y el buen funcionamiento del tráfico específicamente de bicicletas en la ciudad de Madrid.

Palabras Claves: Modelo de Calidad, ISO/IEC 25010, Movilidad, Ciudades Inteligentes, Coordinación Dinámica de Flotas Abiertas, Calidad de Software, Métricas de Calidad.

1. Introducción

El aumento de la densidad de la población, generado

por el crecimiento poblacional, y la alta concentración de la población en centros urbanos, es un hecho generalizado en el mundo. Esta dinámica, crea la necesidad de pensar, prioritariamente, en modelos de desarrollo que organicen los procesos dentro de las ciudades por medio de sistemas que promuevan el uso eficiente de los recursos y, además, potencien la actividad económica y promuevan el desarrollo social [2].

El concepto Smart City (ciudades inteligentes) nace como idea global de la gestión de los recursos de una ciudad dirigidos a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. También se puede describir como aquella ciudad que aplica las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) con el objetivo de proveerla de una infraestructura que garantice: un desarrollo sostenible, un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos, una mayor eficacia de los recursos disponibles y una participación ciudadana activa. En definitiva, son ciudades sostenibles económica, social y medioambientalmente [3].

Para determinar si una ciudad es o no inteligente, generalmente, se toma como punto de partida un modelo en torno a seis características: Economía, Gestión de gobierno, Ciudadanía, Entorno, Calidad de vida y Movilidad [4]. En otras palabras, se busca modernizar la gestión de las ciudades, fomentando una mayor interacción entre las instituciones, los ciudadanos y los sistemas informáticos [5].

Una ciudad inteligente utiliza TIC y otros medios para mejorar no solo la toma de decisiones, sino también la eficiencia de las operaciones, los servicios urbanos y su competitividad, a la vez que se garantiza la atención a las necesidades de las generaciones actuales y futuras en relación con los aspectos económicos, sociales y medioambientales [26].

Si se centra el análisis solo en la movilidad, es imprescindible destacar que ante el reciente incremento de la preocupación por el medio ambiente y la mejora de la

calidad de vida tanto en España como en el resto del mundo, así como el interés de reducir factores que afectan al cambio climático, surge el uso de la bicicleta como una alternativa de bajo costo y no contaminante a los medios de transporte convencionales. Poder garantizar que el uso de aplicaciones, para la gestión de flotas abiertas, específicamente bicicletas, sea aceptable; transforma la infraestructura tradicional de la ciudad en un ecosistema vivo y sostenible, brindando beneficios a las personas que viven en la ciudad.

Las aplicaciones o productos de software cuando son lanzados al mercado se espera que tengan cierto grado de aceptación entre los usuarios, ese grado va a depender de las características particulares que cada usuario considere importantes. Desde el punto de vista de la Ingeniería de Software, una de las principales características que tiene que tener una aplicación para ser exitosa entre los usuarios es que sea de calidad. Resulta muy relevante para los desarrolladores de software poder medir la calidad de las aplicaciones construidas.

La calidad de software, en el sentido más general, se define como: "Proceso eficaz de software que se aplica de manera que crea un producto útil que proporciona valor medible a quienes lo producen y a quienes lo utilizan" [6, 7]. Es, también, una compleja combinación de factores, que varía entre diferentes aplicaciones. Autores como McCall [9] y estándares como ISO 9126 [10], ISO 14598 [11], ISO 25000 [12], entre otros, han tratado de determinar y categorizar los factores que afectan a la calidad del Software.

Desde este punto de vista se conoce como modelo de calidad a un conjunto de buenas prácticas para el ciclo de vida del software, enfocado en los procesos de gestión y desarrollo de proyectos. [18]. A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes modelos para evaluar la calidad del software que intentan descomponer la calidad en una categoría de características más sencillas. Entre ellos puede mencionarse el de McCall [9], Evans y Marciniak [13], FURPS [14], Piattini, García y Caballero [15], entre otros.

El modelo más actual está representado por las normas ISO 25000:2005, conocidas con el nombre de SQuARE (Software Quality Requirements and Evaluation) [12].

Cada modelo de calidad cuenta con características, subcaracterísticas y métricas asociadas para la medición y evaluación de la misma. Las métricas son una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado [19]. Los indicadores, por su parte, son métricas o combinación de métricas que proporcionan una visión profunda, del proceso, del proyecto o del producto software [20]. Las métricas e indicadores son activos claves de una organización que proveen datos e información útiles para los procesos de análisis [16]. A su vez, son un buen medio para entender, monitorizar, controlar, predecir y probar el desarrollo del

software y los proyectos de mantenimiento [17].

Relacionado con la calidad del producto, recientemente ha aparecido la familia de normas ISO/IEC 25000, que proporciona una guía para el uso de la nueva serie de estándares internacionales llamada Requisitos y Evaluación de Calidad de Productos de Software (SQuARE - System and Software Quality Requirements and Evaluation) [12].

El modelo de calidad representa la piedra angular en torno a la cual se establece el sistema para la evaluación de la calidad del producto. En este modelo se determinan las características de calidad que se van a tener en cuenta a la hora de evaluar las propiedades de un producto software determinado.

El modelo de calidad del producto definido por la ISO/IEC 25010 se encuentra compuesto por ocho características definidas a continuación:

1. Adecuación Funcional
2. Eficiencia de Desempeño
3. Compatibilidad
4. Usabilidad
5. Fiabilidad
6. Seguridad
7. Mantenibilidad
8. Portabilidad

Debido a que el modelo de calidad de la ISO/IEC 25010 no logra captar de una manera óptima todas las aristas que se presentan en la evaluación integral de un producto software de gestión de movilidad, en este trabajo de investigación se desarrolla un modelo que se puede ajustar a una aplicación móvil, web o desktop basados en la ISO/IEC 25010 pero con algunas adaptaciones de otros modelos.

2. Modelo de Calidad

El modelo propuesto y definido en este trabajo, se define a continuación y se denomina mixto porque, si bien tiene como base principal el Modelo ISO/IEC 25010, se adaptaron y/o agregaron algunas subcaracterísticas para el dominio del problema. Entre los cambios realizados figuran los siguientes:

- Se incorpora una métrica (Conveniencia de representación) del Modelo de Pressman [6] para medir la estética dentro de la usabilidad de la aplicación.
- Se incorpora al modelo dos subcaracterísticas dentro de la característica Usabilidad. *Beneficio* que intenta representar la capacidad del producto de agregar conocimiento como valor añadido e *Interpretabilidad* que se encarga de representar la capacidad de interpretación de los mensajes y los datos dispuestos en la pantalla.
- Se incorpora una métrica (Representación consistente) adaptada de una definición de Strong [30] y redefinida

por Piatini, García y Caballero [15].

En la Figura 1 se muestran las características y subcaracterísticas del modelo de calidad definido.

Características	Subcaracterísticas
Adecuación Funcional	Complejidad funcional
	Corrección funcional
Eficiencia de desempeño	Comportamiento temporal
	Utilización de recursos
Usabilidad	Inteligibilidad
	Aprendizaje
	Operabilidad
	Estética
	Accesibilidad
	Beneficio
	Interpretabilidad
Fiabilidad	Madurez
	Disponibilidad
	Tolerancia de Fallas

Figura 1. Modelo de calidad mixto para software responsable de la gestión de la movilidad urbana

Cada una de las componentes del modelo fueron seleccionadas pensando en cuatro características del modelo ISO/IEC 25010 que se ajustan a los requerimientos de un sistema de gestión de movilidad en una ciudad. La funcionalidad es clave para brindar seguridad en los resultados: en base a los requerimientos recolectados el sistema debe hacer lo que se relevó y lo debe hacer sin errores. Esta característica junto con la Fiabilidad le atribuyen confianza al mismo. El desempeño es importante para dar respuestas a tiempo, es decir tener una buena performance: apuntado específicamente al entorno demandante de información actualizada. Es bueno destacar la utilización de recursos como algo digno de evaluar ya que, si se logra una tasa baja de consumo de los mismos, la universalidad de aplicación se amplía cada vez más. La usabilidad, en cada una de sus subcaracterísticas otorgan como objetivo final que sea fácil de usar: recordando que el sistema de gestión de movilidad está destinado al público en general, se necesita que sea intuitivo, fácil de aprender y manipular, así como también claro en las respuestas de resultados. Pensando en que puede ser usado por tres generaciones a la vez. La fiabilidad por último se enfoca en la confianza que debe generar el uso del sistema. Como bien se describe en la funcionalidad, la robustez o fiabilidad de un software gana adeptos fácilmente.

A continuación, se desarrollan brevemente cada una de las componentes del modelo de calidad definido.

2.1. Adecuación Funcional

Representa la capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas, cuando el producto se usa en las

condiciones especificadas.

Entre otras ventajas, evaluar esta característica respalda que los productos software sean completos, correctos e idóneos para el usuario. Se podrá determinar si el producto cumple con todos los requisitos necesarios para sus clientes, y a su vez, los clientes tendrán la garantía de que los productos que adquieren son completos y correctos funcionalmente.

Esta característica se subdivide, a su vez, en las siguientes subcaracterísticas:

- Complejidad funcional: Grado en el cual el conjunto de funcionalidades cubre todas las tareas y los objetivos del usuario especificados.
- Corrección funcional: Capacidad del producto o sistema para proveer resultados correctos con el nivel de precisión requerido.

2.2. Eficiencia de Desempeño

Como eficiencia entendemos el uso óptimo de los recursos del sistema (CPU, consumo de energía, RAM, etc.) durante la ejecución. Los dispositivos actuales, cada día se vuelven más y más inteligentes, de la misma manera que aumentan su consumo energético. Usando uno de los dispositivos móviles extensivamente, lleve probablemente a recargar su batería al menos una vez por día. A su vez, cada componente hardware (pantalla de alta resolución, UMTS, Wi-Fi, Bluetooth, GPS, etc.) posee consumos de los recursos muy diversos.

Además de la energía, por supuesto también hay otros recursos restringidos en dispositivos móviles. Un recurso muy importante es la memoria. Cuando el dispositivo se queda sin memoria, es posible que cierre las aplicaciones pausadas y detenidas en el fondo, que nuevamente podría conducir a la pérdida de datos.

Entonces la eficiencia en los dispositivos de hoy se centra en el uso óptimo de los distintos componentes de hardware que lo componen. [24].

Esta característica se subdivide, a su vez, en las siguientes subcaracterísticas:

- Comportamiento temporal: Los tiempos de respuesta, procesamiento y los ratios de throughput de un sistema cuando lleva a cabo sus funciones bajo condiciones determinadas en relación con un banco de pruebas (benchmark) establecido.
- Utilización de recursos: Las cantidades y tipos de recursos utilizados cuando el software lleva a cabo su función bajo condiciones determinadas.

2.3. Usabilidad

Formalmente, la definición más utilizada o reconocida de usabilidad es la que se expone en la norma ISO 9241-11, en la cual usabilidad se describe como el grado con el que un producto puede ser usado por usuarios específicos

para alcanzar objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción, en un contexto de uso específico [23].

Los teléfonos móviles y tabletas pertenecen hoy a la mayoría de los dispositivos interactivos con que el usuario hace frente a la vida diaria en el campo de las TIC (Tecnologías de la información y la comunicación). Debido a la capacidad restringida de los mismos, los usuarios no pueden abrir un navegador al lado de un cliente de correo electrónico y colocar ambas aplicaciones junto a uno al otro en la pantalla. En cambio, el usuario generalmente puede cambiar entre estas dos aplicaciones diferentes mediante el cierre o minimizando uno y luego abriendo o maximizando el otro. Incluso si solo tiene una aplicación abierta, depende del desarrollador poder presentar la información de forma adecuada y utilizable [24].

La usabilidad se divide a su vez, en las siguientes subcaracterísticas:

- **Inteligibilidad:** Capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
- **Aprendizaje:** Capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación.
- **Operabilidad:** Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
- **Estética:** Capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario. Como todo "entra por los ojos", se requiere mucha dedicación para lograr una estética intuitiva, fácil de operar, fácil de entender y de recordar. Incluso, para un software de gestión de movilidad es un aspecto crucial la estética de la interfaz para atraer más usuarios.
- **Accesibilidad:** Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con determinadas características y discapacidades. Pensando en la universalidad e integración de todos los seres humanos.
- **Beneficio:** Capacidad del producto de contener datos que aporten ventajas al usarlos como un beneficio extra. Por ejemplo, informar el clima en el mismo lugar que se informa si hay bicicletas o lugares disponibles es un beneficio adicional que suma para una mejor experiencia de usuario.
- **Interpretabilidad:** Capacidad de interpretación de los mensajes y los datos dispuestos en la interfaz.

2.4. Fiabilidad

Capacidad de un sistema o componente para desempeñar las funciones especificadas, cuando se usa bajo condiciones y periodo de tiempo determinados.

Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes subcaracterísticas:

- **Madurez:** Capacidad del sistema para satisfacer las necesidades de fiabilidad en condiciones normales.

- **Disponibilidad:** Capacidad del sistema o componente de estar operativo y accesible para su uso cuando se requiere.

- **Tolerancia de fallas:** Capacidad del sistema o componente para operar según lo previsto en presencia de fallos hardware o software.

La probabilidad de fallo de un software depende fundamentalmente de dos factores: la existencia de errores en el código o la existencia de variables de entrada incorrectas que el sistema no espera. Precisamente, una de las características más importantes a la hora de definir la robustez y fiabilidad de un sistema software es comprobando que sigue realizando su función a pesar de recibir valores erróneos en su ejecución. Lo que un sistema puede recibir como valor correcto o no se suele determinar a la hora de realizar su toma de requerimientos y quedan definidos en el perfil operacional del sistema. Es decir, depende de los errores humanos cometidos durante el diseño y desarrollo del software.

3. Métricas

Debido a que las características y subcaracterísticas de un modelo son conceptos abstractos, estos no pueden ser directamente medidos en un software. Para medirlos se les asocian distintas métricas, por ejemplo, el atributo eficiencia puede ser evaluado mediante la métrica que calcula el tiempo empleado por un usuario en terminar una tarea específica.

Una métrica (medida) es un valor numérico o nominal asignado a características o atributos de un objeto computado a partir de un conjunto de datos observables y consistentes con la intuición [28].

Una de las clasificaciones para las métricas, es dividir las en estáticas y dinámicas [29]. Las métricas estáticas son utilizadas para medir las características estáticas de una aplicación, como el tamaño del código o la complejidad del mismo. Las dinámicas permiten medir el comportamiento de la aplicación, se calculan con la aplicación en ejecución. Cabe aclarar que las métricas no representan un fin por sí mismas, estas revelan datos e información sobre la experiencia personal del usuario cuando hace uso de una aplicación.

A continuación, se definen las métricas del modelo definido.

1. Adecuación Funcional

1.1 Completitud funcional

Integridad de implementación funcional (Iif): ¿Cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos?

Método de aplicación: Realizar pruebas funcionales (pruebas de caja negra) del sistema de acuerdo a la especificación de requerimientos. Contar el número de funciones faltantes detectadas en la evaluación y

compararlas con el número de funciones descritas en la especificación de requerimientos.

$$Iif = 1 - \left(\frac{FF}{FT} \right)$$

Donde:

FF: Número de funciones faltantes detectadas en la evaluación.

FT: Número de funciones descritas en la especificación de requerimientos.

Criterio de decisión: $0 \leq Iif \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 la funcionalidad del sistema cumple en mejor medida la especificación de requerimientos.

1.2 Corrección funcional

Exactitud esperada (EE): ¿Cuán frecuente no son aceptables las diferencias entre los resultados reales y los resultados razonablemente esperados?

Método de Aplicación: Hacer una prueba de casos de entrada versus salida y comparar la salida con los resultados razonablemente esperados. Contar el número de casos encontrados con una aceptable diferencia respecto a los resultados razonablemente esperados.

$$EE = 1 - \frac{CE}{CfT}$$

Donde:

CE: Número de casos encontrados por los usuarios con una diferencia respecto a los resultados razonablemente esperados más allá de lo aceptable.

CfT: Cantidad de funciones totales.

Cu: Cantidad de usuarios totales.

Criterio de decisión: $0 \leq EE \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 0, el sistema se hace más correcto en cuanto a su funcionamiento.

Ausencia de error (AE): ¿Cuán correctos y fiables son los datos?

Método de Aplicación: Contar la cantidad de datos correctos comparados con la cantidad de datos almacenados.

$$AE = \left(\frac{CdC}{CdT} \right)$$

Donde:

CdC: Cantidad de datos correctos.

CdT: Cantidad de datos totales almacenados.

Criterio de decisión: $0 \leq AE \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 disminuyen los errores en los datos.

2. Eficiencia de Desempeño

2.1 Comportamiento temporal

Tiempo medio de respuesta (TMR): ¿Cuál es el tiempo promedio de respuesta del sistema para tareas propuestas

para todos los usuarios?

Método de aplicación: Iniciar una tarea específica. Medir el tiempo que transcurre desde que concluye el ingreso del comando hasta la obtención del resultado. Mantener un registro del tiempo de respuesta de cada tarea para sacar un promedio por usuario. Repetir el proceso para todos los usuarios comparando el valor con el tiempo máximo de respuesta.

$$TMR = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \frac{TMRu}{TMaxR}$$

Donde:

Cu: Cantidad de usuarios totales.

TMaxR: Tiempo máximo de respuesta.

TMRu: Tiempo medio de respuesta por usuario.

$$TMRu = \frac{1}{CT} \sum_{n=1}^{n=CT} (t_n)$$

Donde:

CT: Cantidad de tareas totales

t_n: Tiempo de respuesta de la Tarea n

Criterio de decisión: $0 \leq TMR \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 0 el desempeño mejora.

2.2 Utilización de recursos

Ocurrencia de error de memoria (OEM): ¿Cuál es el número promedio de errores y fallas, relacionados con la memoria, en un intervalo de tiempo y carga en el sistema especificados?

Método de aplicación: Calibrar la condición de prueba. Emular una condición en que el sistema alcanza la situación de máxima carga. Ejecutar la aplicación y registrar el número de errores debido a fallas y advertencias en la memoria en un determinado tiempo. Repetir el proceso una determinada cantidad de veces y obtener un promedio

$$OEM = \frac{1}{CET} \sum_{n=1}^{n=CET} \left(\frac{CE_n}{CMaxE} \right)$$

Donde:

CET: Cantidad de evaluaciones totales

CE_n: Cantidad de errores para evaluación n.

CMaxE: Cantidad máxima de errores para la evaluación.

Criterio de decisión: $0 \leq OEM \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 0 el desempeño mejora debido a la disminución de la ocurrencia de error en memoria.

3. Usabilidad

3.1 Inteligibilidad

Comprensión de entradas y salidas (Ces): ¿pueden los usuarios entender qué es requerido como dato de entrada y qué es proporcionado como información de salida por el

sistema software?

Método de aplicación: Conducir la prueba de usuario y entrevistar al usuario con los cuestionarios u observar su comportamiento. Contar el número de los datos de entrada y de salida no entendidos por el usuario y comparar con el número total de éstos disponibles para el usuario.

$$Ces = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \frac{An}{B}\right)$$

Donde:

An: Número de datos de entrada y salida no entendidos por el usuario n.

B: Número de datos de entrada y salida disponible de la interfaz.

Cu: Cantidad de usuarios totales.

Criterio de decisión: $0 \leq Ces \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1, representa un mejor entendimiento de los mensajes del sistema.

3.2 Aprendizaje

Facilidad de aprendizaje (FA): ¿Cuántas funciones son aprendidas por el usuario en un determinado tiempo?

Método de aplicación: Hacer una prueba al usuario y observar su comportamiento. Hacer un promedio de usuarios de la proporción de funciones aprendidas sobre funciones totales.

$$FA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{FA}{FT}\right)$$

Donde:

Cu: Cantidad de usuarios totales.

FA: Cantidad de funciones aprendidas correctamente por el usuario.

FT: Cantidad de funciones totales.

Criterio de decisión: $0 \leq FA \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1, la facilidad de aprendizaje del sistema aumenta, es decir, aumenta la cantidad de funciones entendidas.

Eficacia de la documentación de usuario y/o del sistema de ayuda (EA): ¿Qué proporción de la tarea puede completarse correctamente después de usar la documentación de usuario y/o el sistema de ayuda?

Método de aplicación: Hacer una prueba al usuario y observar su comportamiento. Contar el número de las tareas terminadas satisfactoriamente después de tener acceso a la ayuda y/o la documentación en línea y comparar con el número total de tareas probadas.

$$EA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \frac{TTS}{CTP}$$

Donde:

Cu: Cantidad de usuarios totales.

TTS: Número de tareas terminadas satisfactoriamente

después de que tengan acceso a la ayuda.

CTP: Cantidad de tareas probadas.

Criterios de decisión: $0 \leq EA \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 la eficacia de la documentación de usuario y/o del sistema de ayuda aumenta.

3.3 Operabilidad

Capacidad de corrección de error (CCE): ¿Cuál es la proporción de errores ocurridos en tareas que el usuario puede corregir satisfactoriamente?

Método de aplicación: Conducir la prueba del usuario y observar su comportamiento. Contar la cantidad de errores corregidos satisfactoriamente en una tarea comparadas con la cantidad de tareas probadas.

$$CCE = \left(\frac{CEC}{CTP}\right)$$

Donde:

CTC: Cantidad de errores corregidos satisfactoriamente.

CTP: Cantidad de tareas probadas.

Criterio de decisión: $0 \leq CCE \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 aumenta la capacidad de corrección de error del sistema, es decir aumenta la cantidad de errores corregidos satisfactoriamente.

Capacidad para ser entendido el mensaje en uso (CE): ¿Puede el usuario entender fácilmente los mensajes del sistema software?

Método de aplicación: Observar el comportamiento del usuario que esté operando el sistema y contar los mensajes no entendidos (An) divididos por la cantidad de mensajes totales. Luego hacer la diferencia para obtener la capacidad de entendimiento. Hacer un promedio de todos los usuarios.

$$CE = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \frac{An}{CMT}\right)$$

Donde:

CMT: Cantidad de mensajes totales

Cu: Cantidad de usuarios evaluados.

An: Cantidad de mensajes no entendidos por el usuario n.

Criterio de decisión: $0 \leq CE \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1, la capacidad de entendimiento de los mensajes, mejora.

Recuperabilidad de error operacional en uso (RE): ¿Puede el usuario recuperarse fácilmente de la peor situación? ¿Cuál es la proporción de recuperabilidad del sistema?

Método de aplicación: Observar el comportamiento del usuario que esté operando el sistema. Contar la cantidad de situaciones de recuperación satisfactoria comparadas con la cantidad de situaciones probadas.

$$RE = \left(\frac{CRS}{CT} \right)$$

Donde:

CRS: Cantidad de situaciones de recuperación satisfactoria (después de un error de usuario o cambio).

CT: Cantidad total de situaciones probadas.

Criterios de decisión: $0 \leq RE \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 la cantidad de situaciones de recuperación satisfactoria después de un error, aumenta.

3.4 Estética

Interacción atractiva (IA): ¿Cuán atractiva es la interfaz del usuario?

Método de aplicación: Aplicar cuestionario a los usuarios para determinar la calidad de la estética de la interfaz después de la experiencia de uso. Se pondera de 1 a 10 y se saca el promedio de varios usuarios.

$$IA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} (Vn)$$

Donde:

Cu: Cantidad de usuarios evaluados.

Vn: Valor de ponderación del usuario n.

Criterios de decisión: $1 \leq IA \leq 10$

Donde a medida que el valor se acerca a 10 la atracción del sistema mejora.

Conveniencia de la representación (CR): Pressman [6] sugiere la conveniencia de la representación (CR) como una valiosa métrica de diseño para interfaces hombre-máquina. Una IGU (Interfaz Gráfica de Usuario) típica usa entidades de representación, iconos gráficos, texto, menús, ventanas y otras para ayudar al usuario a completar tareas. Método de aplicación: Para una representación específica (p. ej.: un diseño de una IGU específica), se pueden asignar costos a cada secuencia de acciones de acuerdo con la siguiente relación:

$$CR = \left(\frac{CRO}{CR} \right)$$

Donde:

CRO: Costo de la representación óptima.

CR: Costo de la representación del sistema.

$$CR = \frac{1}{CtT} \sum_{n=1}^{n=i} (fti)(cti)$$

Donde:

CtT: Cantidad de tareas totales.

fti: frecuencia de transición i. La frecuencia es la cantidad de pantallas que hay que sortear para finalizar un proceso.

cti: costos de transición i. El costo puede estar caracterizado en términos de tiempo, retraso del proceso o cualquier otro valor razonable, tal como la distancia que debe moverse el ratón entre entidades de la representación.

Criterio de decisión: $0 \leq CR \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1, la representación estética del sistema mejora.

3.5 Accesibilidad

Accesibilidad física (AF): ¿Qué proporción de funciones pueden ser accedidas por usuarios con discapacidad física?

Método de aplicación: Dirigir las pruebas de usuario y observar el comportamiento del usuario. Contar la cantidad de funciones satisfactoriamente accedidas comparadas con la cantidad de funciones totales.

$$AF = \left(\frac{CFA}{CFT} \right)$$

Donde:

CFA: Cantidad de funciones satisfactoriamente accedidas

CFT: Cantidad de funciones totales

Criterio de decisión: $0 \leq AF \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 el sistema tiene mayor cantidad de funciones accesibles por lo que mejora la accesibilidad física.

3.6 Beneficio

Eficacia de los datos como un valor añadido (ED): ¿Qué grado de beneficio y/o ventaja aportan los datos?

Método de aplicación: Analizar el sistema y determinar cuántos datos agregan un valor añadido al usuario y dividirlo sobre la cantidad de datos totales.

$$ED = \left(\frac{CdB}{CdT} \right)$$

Donde:

CdB: Cantidad de datos beneficiosos.

CdT: Cantidad de datos totales

Criterio de decisión: $0 \leq ED \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 aumenta la cantidad de datos que proporcionan valor extra, es decir crece el beneficio del sistema.

3.7 Interpretabilidad

Capacidad de Personalización de funciones, idiomas y símbolos (CP): ¿Qué proporción de funciones pueden ser personalizadas?

Método de aplicación: Dirigir pruebas de usuario y observar el comportamiento del usuario. Contar la cantidad de funciones satisfactoriamente personalizadas comparadas con la cantidad de funciones totales.

$$CP = \left(\frac{FSP}{CFP} \right)$$

Donde:

FSP: Cantidad de funciones satisfactoriamente personalizadas

CFP: Cantidad de funciones para personalizar

Criterios de decisión: $0 \leq CP \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1, la capacidad de personalización aumenta, lo que significa que crece el número de funciones satisfactoriamente personalizadas.

Representación consistente (RC): ¿Cuán consistente es la representación de los datos? ¿Todos los datos se representan en el mismo formato?

Método de aplicación: Revisar todas las pantallas del sistema y contar cuantos datos consistentes tienen.

$$RC = \left(\frac{PCdC}{CdT} \right)$$

Donde:

CdT: Cantidad de datos totales.

PCdC: Promedio de la Cantidad de datos consistentes.

$$PCdC = \frac{1}{CPT} \sum_{n=1}^{n=CPT} (CdCn)$$

Donde:

CPT: Cantidad de pantallas totales.

CdCn: Cantidad de datos Consistentes en la Pantalla n.

Criterios de decisión: $0 \leq RC \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 el sistema tiene una mejor consistencia en la representación de los datos.

4. Fiabilidad

4.1 Madurez

Densidad de fallas (DF): ¿Cuántas fallas fueron detectadas durante el periodo de prueba definido?

Método de aplicación: Contar el número de fallas detectadas y calcular la densidad en un período de prueba definido comparando con la cantidad de funciones totales. Sacar el promedio de todos los usuarios probados.

$$DF = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{FD}{CfT} \right)$$

Donde:

FD: Número de fallas detectadas.

CfT: Cantidad de funciones totales. Esta variable se usa para determinar el tamaño del producto. Sea CfT > FD.

Cu: Cantidad de usuarios.

Criterio de decisión: $0 \leq DF \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 0, se va mejorando la fiabilidad del sistema.

Tiempo medio entre fallas (TMEF): ¿Cuál es la frecuencia de fallas del software en operación?

Método de aplicación: Contar el número fallas ocurridas durante un periodo definido de operación y calcular el intervalo promedio entre fallas.

$$TMEF = \frac{1}{Cf} \sum_{n=1}^{n=Cf} (Tef)$$

Donde:

Tef: Tiempo entre fallas.

Cf: Número total de fallas detectadas actualmente (Fallas ocurridas durante el tiempo de operación observado).

Criterio de decisión: $0 < TMEF$

Donde a medida que el valor aumenta, mayor es el tiempo

esperado entre fallas.

4.2 Disponibilidad

Disponibilidad (D): ¿Cuán disponible está el sistema para su uso durante un período de tiempo específico?

Método de aplicación: Probar el sistema en un entorno como producción para un período de tiempo específico ejecutando todas las operaciones del usuario. Sacar el promedio para todos los usuarios evaluados.

$$D = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{IS}{CIT} \right)$$

Donde:

IS: Total disponible de intentos satisfactorios de disponibilidad del software cuando el usuario lo intenta usar.

CIT: Número total de intentos durante el tiempo de observación.

Cu: Cantidad de usuarios.

Criterio de decisión: $0 \leq D \leq 1$

Donde a medida que el valor se acerca a 1 mejora la disponibilidad del software.

4.3 Tolerancia a fallos

Prevención de caídas (PC): ¿Con qué frecuencia el producto software causa caídas en el ambiente total de producción?

Método de aplicación: Contar el número de caídas ocurridas con respecto al número de fallas. Sacar el promedio para todos los usuarios evaluados.

$$PC = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \left(\frac{CC}{CF} \right) \right)$$

Donde:

CC: Número de caídas

CF: Número de fallas

Cu: Cantidad de usuarios.

Criterio de decisión: $0 \leq PC \leq 1$

Donde, a medida que el valor se acerca a 1, el sistema produce menos caídas en el ambiente total de producción.

En este punto se han definido las métricas básicas para la aplicación del modelo. Sin embargo, para realizar la evaluación, es necesaria la definición de indicadores, ellos son detallados en la siguiente sección.

4. Diseño de la Evaluación

A la hora de realizar la evaluación, no es posible hacer un análisis integral basado en el modelo y las métricas solamente, debido a rangos de valores disímiles y unidades de expresión distintas. Para realizar operaciones y comparaciones consistentes, es necesario que cada métrica sea interpretada a través de un indicador elemental. Para

lo cual, deberá diseñarse una función de mapeo que realice la proyección de los valores de la variable de medición a los valores del indicador elemental. De esta manera, los valores de los indicadores son comparables, se los puede estudiar y llegar a conclusiones acerca del modelo conceptual completo puesto a trabajar. Con el propósito de una mejor comprensión, podemos asimilar que el valor del indicador representa el porcentaje del requerimiento satisfecho o preferido [27]. Por otro lado, existen Indicadores Derivados, los cuales permiten interpretar los requerimientos de mayor nivel de abstracción. Se define, para cada característica y subcaracterística del modelo de calidad, un indicador que lo evaluará. Es decir, se define cómo se van a interpretar los valores de las características, para luego obtener el grado de satisfacción brindado por cada uno de los requerimientos de mayor nivel de abstracción. [22].

Todos los indicadores elementales y los indicadores derivados o globales tendrán el mismo criterio de decisión. A saber:

- 0 <= X <= 45: no satisfactorio
- 45 < X <= 70: poco satisfactorio
- 70 < X <= 100: satisfactorio

Donde, no satisfactorio significa “No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes”, poco satisfactorio significa “Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora” y satisfactorio significa “Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios”.

4.1. Indicadores Elementales

A continuación, se detallan los indicadores elementales definidos.

1. Adecuación Funcional

1.1. Completitud Funcional

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Integridad de implementación funcional, %IF
Modelo Elemental: %IF = I_{IF} * 100

1.2. Corrección Funcional

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Exactitud Esperada, %EE
Modelo Elemental: %EE = (1 - EE) * 100

2. Eficiencia de Desempeño

2.1. Comportamiento temporal

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Tiempo Medio de Respuesta, %TMR
Modelo Elemental: %TMR = (1 - TMR) * 100

2.2. Utilización de recursos.

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Ocurrencia de Error en Memoria, %OEM
Modelo Elemental: %OEM = (1 - OEM) * 100

3. Usabilidad

3.1. Inteligibilidad

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Comprensión de entradas y salidas, %Ces
Modelo Elemental: %Ces = Ces * 100

3.2. Aprendizaje

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Facilidad de Aprendizaje, %FA
Modelo Elemental: %FA = FA * 100

3.3. Operabilidad

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Capacidad para ser entendido el mensaje en uso, %CE
Modelo Elemental: %CE = CE * 100

3.4. Estética

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Interacción Atractiva, %IA
Modelo Elemental: %IA = (IA * 100) / 10

3.5. Accesibilidad

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Accesibilidad Física, %AF
Modelo Elemental: %AF = AF * 100

3.6. Beneficio

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Eficacia de los datos como un valor añadido, %ED
Modelo Elemental: %ED = ED * 100

3.7. Interpretabilidad

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Capacidad de personalización, %CP
Modelo Elemental: %CP = CP * 100

4. Fiabilidad

4.1. Madurez

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Densidad de Fallas, %DF
Modelo Elemental: %DF = (1 - DF) * 100

4.2. Disponibilidad

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Disponibilidad, %D
Modelo Elemental: %D = D * 100

4.3. Tolerancia a Fallos

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Prevención de caídas, %PC
Modelo Elemental: %PC = PC * 100

4.2. Indicadores Derivados

Conjuntamente con el diseño de indicadores elementales, se debe establecer la relación entre ellos para formar indicadores globales o derivados que representen visiones más complejas, es decir que permiten conocer los requerimientos a un mayor nivel de abstracción dentro del modelo. En esta composición se define además un

ponderador, que califica la participación de cada indicador elemental [27]. Para el caso de estudio, se optó por un modelo de puntaje aditivo lineal para obtener un indicador global de todo el sistema que se está estudiando. Respecto de la idea que sustenta a los modelos de puntajes aditivos y lineales, la misma es bastante simple. Para cada característica o sistema a evaluar y comparar se identifican N atributos necesarios, cuya preferencia o indicador elemental (IE) se debe computar. Supongamos que los valores individuales de IE1, ..., IEn están normalizados de manera que:

$$0 \leq IE_i \leq 1;$$

o, en la escala de porcentaje

$$0 \% \leq IE_i \leq 100\%.$$

En el caso que todos los atributos intervinientes sean equi-pesados, podríamos expresar el indicador o preferencia global (IG) mediante el uso de una sumatoria. Pero si los elementos no tienen la misma importancia en el modelo de estructuración, debemos introducir la idea de pesos positivos y normalizados, de manera que:

$$0 \leq P_i \leq 1, \text{ para } i = 1 \dots n \text{ y,} \\ P_1 + \dots + P_n = 1$$

Por lo tanto, el puntaje o indicador global puede ser expresado mediante la siguiente expresión:

$$IG = P_1 IE_1 + \dots + P_n IE_n \\ \text{para: } 0 \leq IE_i \leq 1,$$

o, indicado de un modo más conversacional:

$$\text{Puntaje Global} = \sum (\text{componente Peso} \times \text{componente} \\ \text{Preferencia o Indicador Elemental})$$

Este enfoque puede ser adecuado para casos más simples, en donde la cantidad de atributos es suficientemente baja de modo que los pesos tengan mayor relevancia. Considere el lector, que si la cantidad de atributos es 100 el peso más bajo es casi irrelevante, en tanto que el componente peso en promedio es de 0,01 o 1% para cada indicador elemental. Esto le quita sensibilidad, flexibilidad y robustez al modelo, principalmente para evaluar sistemas de mediana o alta complejidad.

Para obtener el indicador de calidad global e indicadores parciales (IG/P), se puede emplear la siguiente estructura de agregación, tomando en cuenta el modelo aditivo:

$$IG/P = (P_1 IE_1 + \dots + P_n IE_n);$$

Donde IE_i son los indicadores elementales (o parciales, conforme al nivel del árbol que se calcule) y P_i son los pesos que modelan la importancia relativa de cada indicador elemental (o parcial) dentro de un grupo. Cada P_i debe ser mayor que cero y la sumatoria en un grupo/subgrupo debe dar uno.

A continuación, se aplica el modelo propuesto para el análisis y estudio de un software que se encarga de la gestión de movilidad urbana. Para ello, se va a instanciar el modelo de calidad y aplicar/calcular las métricas e indicadores que forman parte de la propuesta de este

trabajo.

5. Caso de estudio

La evaluación permite obtener los valores de los distintos indicadores asociados a cada uno de los elementos del modelo de calidad. Para instanciar el modelo se utilizó una aplicación móvil denominada Ecobike perteneciente al proyecto EcoBike Solutions [21a]. Ecobike Solutions es un sistema de gestión de alquiler de bicicletas el cual consta principalmente de una aplicación web junto con un API REST y una aplicación móvil (Android) conectadas a un servidor común. Estas herramientas, en su conjunto permitirán simular el comportamiento de un sistema de alquiler de bicicletas real. Como bien se definió anteriormente sólo se utilizó para el caso de estudio la app móvil Ecobike ya que de las tres soluciones es la que va a tener más recurrencia por la facilidad y el auge de los dispositivos celulares Smartphone.

A modo de resumen se presenta la Tabla 1 donde se muestra el modelo aplicado al dominio, es decir, todas las características, subcaracterísticas y métricas con los valores correspondientes a la medición de la aplicación móvil EcoBike.

5.1. Calcular Métricas

Integridad de implementación funcional (Iif):

$$Iif = 1 - \left(\frac{FF}{FT}\right) = 1 - (1/8) = 0.87$$

Exactitud esperada (EE):

$$EE = 1 - \frac{CE}{cft} = 1 - (1/16) = 0.93$$

Tiempo medio de respuesta (TMR):

$$TMR = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \frac{TMRu}{TMaxR}$$

Se evaluaron cuatro usuarios en diez tareas distintas. Se midieron los tiempos de respuesta comparados con los tiempos máximos de respuesta definidos por los desarrolladores de la aplicación (TMaxR= 10 segundos) y fueron los siguientes: 2, 1.7, 1.9 y 2

En base a estos resultados: TMR = 0.38

Ocurrencia de error de memoria (OEM):

$$OEM = \frac{1}{CET} \sum_{n=1}^{n=CET} \left(\frac{CE_n}{CMaxE}\right)$$

Se hicieron diez corridas del software, se registraron la cantidad de errores en memoria y se dividieron por la cantidad máxima de errores (CMaxE = 3) los valores obtenidos fueron los siguientes: 0.33, 0.66, 0.66, 1, 0.66, 1, 0.66, 0.33, 0.66 y 1.

En base a estos resultados: OEM = 0.7

Tabla 1. Modelo completo con valor de las métricas.

Características	Subcaracterísticas	Métricas	Valor
1.1. Adecuación Funcional	1.1.1. Completitud funcional	Integridad de implementación funcional (If)	0,87
	1.1.2. Corrección funcional	Exactitud esperada (EE)	0,93
1.2. Eficiencia de desempeño	1.2.1. Comportamiento temporal	Tiempo medio de respuesta (TMR)	0,38
	1.2.2. Utilización de recursos	Ocurrencia de error en memoria (OEM)	0,70
1.3. Usabilidad	1.3.1. Inteligibilidad	Comprensión de entradas y salidas (Ces)	0,81
	1.3.2. Aprendizaje	Facilidad de aprendizaje (FA)	0,87
	1.3.3. Operabilidad	Capacidad para ser entendido el mensaje en uso (CE)	0,92
	1.3.4. Estética	Interacción atractiva (IA)	7,75
	1.3.5. Accesibilidad	Accesibilidad física (AF)	0,18
	1.3.6. Beneficio	Eficacia de los datos como un valor añadido (ED)	0,10
	1.3.7. Interpretabilidad	Capacidad de personalización de funciones, idiomas y símbolos (CP)	0,07
1.4. Fiabilidad	1.4.1. Madurez	Densidad de fallas (DF)	0,18
	1.4.2. Disponibilidad	Disponibilidad (D)	0,87
	1.4.3. Tolerancia a Fallos	Prevención de caídas (PC)	0,50

Comprensión de entradas y salidas (Ces):

$$Ces = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \frac{An}{B}\right)$$

Se hizo una evaluación en cuatro usuarios distintos y se registraron los siguientes valores: 0.8, 0.85, 0.9 y 0.95. En base a estos resultados: Ces = 0.81

Facilidad de aprendizaje (FA):

$$FA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{FA}{FT}\right)$$

Se evaluaron cuatro usuarios en cuanto a la cantidad de funciones entendidas respecto de la cantidad de funciones totales y se registraron los siguientes resultados: 0.8, 0.85, 0.9 y 0.95. En base a estos resultados: FA = 0.87

Capacidad para ser entendido el mensaje en uso (CE):

$$CE = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \frac{An}{CMT}\right)$$

Se hizo una evaluación sobre cuatro usuarios y sobre 10 mensajes del sistema, se registraron los siguientes valores: 0, 0.1, 0 y 0.2. En base a estos resultados: CE = 0.92

Interacción atractiva (IA):

$$IA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} (Vn)$$

Se hizo una evaluación sobre cuatro usuarios y se registraron los siguientes resultados: 8, 7, 7 y 9. En base a estos resultados: IA = 7.75

Accesibilidad física (AF):

$$AF = \left(\frac{CFA}{CFT}\right) = 3/16 = 0.18$$

Eficacia de los datos como un valor añadido (ED):

$$ED = \left(\frac{cdB}{cdT}\right) = 2/20 = 0.1$$

Capacidad de Personalización de funciones, idiomas y símbolos (CP):

$$CP = \left(\frac{FSP}{CFP}\right) = 1/14 = 0.07$$

Densidad de fallas (DF):

$$DF = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{FD}{CfT}\right)$$

Se evaluaron cuatro usuarios y se registraron la cantidad de fallas detectadas respecto a la cantidad de funciones totales y se obtuvieron los siguientes valores: 0.187, 0.187, 0.25 y 0.12. En base a estos resultados: DF = 0.18

Disponibilidad (D):

$$D = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{IS}{CIT}\right)$$

Se evaluaron cuatro usuarios en un tiempo determinado y se registraron la cantidad de intentos disponibles respecto a la cantidad de intentos totales. Los valores que se obtuvieron son los siguientes: 0.9, 0.8, 0.9 y 0.9. En base a esto: D = 0.87

Prevención de caídas (PC):

$$PC = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \left(\frac{CC}{CF}\right)\right)$$

Se evaluaron cuatro usuarios y se registraron los números de caídas del sistema respecto al número de fallas ocasionadas. Los valores obtenidos son los siguientes: 0,

1, 0.5 y 0.5. En base a estos resultados: $PC = 0.5$

5.2. Calcular Indicadores Elementales

A continuación, se detallan los indicadores elementales según los valores que se obtuvieron en el cálculo de las métricas.

1. Adecuación Funcional

1.1. Completitud Funcional

Grado de Integridad de implementación funcional (%IF):
 $\%IF = I_{if} * 100 = 0,87 * 100 \rightarrow 87\%$ Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

1.2. Corrección Funcional

Grado de Exactitud Esperada (%EE):
 $\%EE = EE * 100 = 0,93 * 100 \rightarrow 93\%$
Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

2. Eficiencia de Desempeño

2.1. Comportamiento temporal

Grado de Tiempo Medio de Respuesta (%TMR):
 $\%TMR = (1 - TMR) * 100 = 0,62 * 100 \rightarrow 62\%$
Nivel poco satisfactorio: "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".

2.2. Utilización de Recursos.

Grado de Ocurrencia de Error en Memoria (%OEM):
 $\%OEM = (1 - OEM) * 100 = 0,30 * 100 \rightarrow 30\%$
Nivel no satisfactorio: "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes".

3. Usabilidad

3.1. Inteligibilidad

Grado de Comprensión de entradas y salidas (%Ces):
 $\%Ces = Ces * 100 = 0,81 * 100 \rightarrow 81\%$
Nivel satisfactorio: lo que significa que "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

3.2. Aprendizaje

Grado de Facilidad de Aprendizaje (%FA):
 $\%FA = FA * 100 = 0,87 * 100 \rightarrow 87\%$
Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

3.3. Operabilidad

Grado de Capacidad para ser entendido el mensaje en uso (%CE):
 $\%CE = CE * 100 = 0,92 * 100 \rightarrow 92\%$
Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

3.4. Estética

Grado de Interacción Atractiva (%IA):
 $\%IA = (IA * 100) / 10 = (7,75 * 100) / 10 \rightarrow 77.5\%$

Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

3.5. Accesibilidad

Grado de Accesibilidad Física (%AF):
 $\%AF = AF * 100 = 0,18 * 100 \rightarrow 18\%$

Nivel no satisfactorio: "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes".

3.6. Beneficio

Grado de Eficacia de los datos como un valor añadido (%ED):
 $\%ED = ED * 100 = 0,1 * 100 \rightarrow 10\%$

Nivel no satisfactorio: "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes".

3.7. Interpretabilidad

Grado de Capacidad de personalización (%CP):
 $\%CP = CP * 100 = 0,07 * 100 \rightarrow 7\%$

Nivel no satisfactorio: "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes".

4. Fiabilidad

4.1. Madurez

Grado de Densidad de Fallas (%DF):
 $\%DF = DF * 100 = 0,18 * 100 \rightarrow 18\%$

Nivel no satisfactorio: "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes".

4.2. Disponibilidad

Grado de Disponibilidad (%D):
 $\%D = D * 100 = 0,87 * 100 \rightarrow 87\%$

Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

4.3. Tolerancia a Fallos

Grado de Prevención de caídas (%PC):
 $\%PC = PC * 100 = 0,50 * 100 \rightarrow 50\%$

Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

5.3. Calcular Indicadores Derivados

Como se dijo anteriormente, se utiliza el modelo de puntaje aditivo lineal, donde la definición de los pesos se hizo de la siguiente manera: para la característica *Adecuación Funcional* y *Eficiencia de Desempeño* se le dio un valor del 0,25; para la *Usabilidad* un valor de 0,35 y para *Fiabilidad* el 0,15. Estos valores representan el grado de importancia que se le da a cada ítem que se está evaluando. En este caso puntual, se le asigna un valor mayor a la usabilidad, teniendo en cuenta que el software en cuestión se debe poder utilizar en cualquier dispositivo, y desde cualquier punto geográfico. Mientras que se le da igual valor al buen funcionamiento de la aplicación motivo de estudio y a la eficiencia en cuanto a su desempeño, puesto que se considera muy importante el buen funcionamiento. Respecto de la fiabilidad, en este

momento de la evaluación se le resta un poco de importancia a esta característica, en pos de que el software cumpla con todas las funcionalidades y sea accesible de manera global. Por supuesto, que luego de la evaluación y los ajustes que fueran necesarios, es posible ajustar los pesos para un nuevo análisis y estudio.

A continuación, se presentan los indicadores derivados según los valores de los indicadores elementales calculados.

Nombre del Indicador Derivado: Nivel de Adecuación Funcional (N_AFuncional)

Modelo Global:

$$N_AFuncional = \%IF * P_{\%IF} + \%EE * P_{\%EE} = 87\% * 0.5 + 93\% * 0.5 = 90\%$$

Nivel satisfactorio: "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

Nombre del Indicador Derivado: Nivel de Eficiencia de desempeño (N_Eficiencia)

Modelo Global:

$$N_Eficiencia = \%TMR * P_{\%TMR} + \%OEM * P_{\%OEM} = 62\% * 0.5 + 30\% * 0.5 = 46\%$$

Nivel poco satisfactorio: "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".

Nombre del Indicador Derivado: Nivel de Usabilidad (N_Usabilidad)

Modelo Global:

$$N_Usabilidad = \%Ces * P_{\%Ces} + \%FA * P_{\%FA} + \%CE * P_{\%CE} + \%IA * P_{\%IA} + \%AF * P_{\%AF} + \%ED * P_{\%ED} + \%CP * P_{\%CP} = 81\% * 0.1 + 87\% * 0.2 + 92\% * 0.2 + 77.5\% * 0.2 + 18\% * 0.15 + 10\% * 0.05 + 7\% * 0.1 = 63.3\%$$

Nivel poco satisfactorio: "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".

Nombre del Indicador Derivado: Nivel de Fiabilidad (N_Fiabilidad)

Modelo Global:

$$N_Fiabilidad = \%DF * P_{\%DF} + \%D * P_{\%D} + \%PC * P_{\%PC} = 18\% * 0.3 + 87\% * 0.4 + 50\% * 0.3 = 55.2\%$$

Nivel poco satisfactorio: "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".

Nombre del Indicador Derivado: Nivel de Calidad del Producto (N_CalidadProducto)

Modelo Global:

$$N_CalidadProducto = N_AFuncional * P_{N_AFuncional} + N_Eficiencia * P_{N_Eficiencia} + N_Usabilidad * P_{N_Usabilidad} + N_Fiabilidad * P_{N_Fiabilidad} = 90 * 0.25 + 46 * 0.25 + 63.3 * 0.35 + 55.2 * 0.15 = 64.44\%$$

Nivel poco satisfactorio: "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".

5.4. Resultados obtenidos

En la aplicación del modelo sobre la aplicación móvil EcoBike, se arribó al siguiente resultado:

Atributo	Valor	Satisfacción
Funcionalidad	90	Alta
Eficiencia	46	Media
Usabilidad	63.3	Media
Fiabilidad	55.2	Media

Calidad del Producto	64.44	Media
----------------------	-------	-------

Según la medición hecha hay muchas cosas por mejorar para aumentar la calidad del producto. Principalmente lo referente a usabilidad. A continuación, se hacen algunas sugerencias de mejoras:

- Mejorar la accesibilidad física (Usabilidad) para personas con algún tipo de discapacidad.
- Mejorar la capacidad de personalización (Usabilidad), es decir, que se puedan personalizar los símbolos, el idioma, las funciones más comunes, etc.
- Mejorar el beneficio de usar la aplicación (Usabilidad) añadiendo más información relevante.

Estos son sólo algunas de las recomendaciones que se hicieron, como parte de este trabajo de investigación que se utilizó para hacer una validación práctica del modelo.

6. Conclusiones

En el presente trabajo se ha propuesto un modelo de calidad mixto para software responsable de la gestión de la movilidad urbana. La contribución del modelo, métricas e indicadores, es tener un medio para medir y evaluar la calidad de aplicaciones web y móviles para la gestión de flotas abiertas en una ciudad inteligente. El objetivo fue producir información cuantitativa sobre ciertas características de calidad, basados en el modelo ISO/IEC 25010, con el fin de poder tomar decisiones de cambio o mejoras si fuesen necesarios. Cabe aclarar que el modelo no es cerrado bajo ningún aspecto, ya que el mismo se puede adaptar a nuevas situaciones de mercado o tecnológicas que fueran surgiendo. Además, brinda un conjunto de métricas e indicadores que pueden adaptarse también a los nuevos cambios. Se puede complementar el conjunto de métricas e indicadores, puesto que son el conjunto mínimo que se pudiera necesitar para evaluar software para gestionar la movilidad en zonas urbanas en lo que refiere, puntualmente, a las bicicletas.

Cabe mencionar, que se ha realizado otro análisis y estudio a través de un método multiatributo que no se presenta en este trabajo. Con ambos estudios se ha sugerido hacer ajustes sobre la fiabilidad y la eficiencia. Específicamente en la densidad de fallas y el tiempo medio de respuesta respectivamente.

Finalmente, el modelo servirá para concientizar sobre la importancia de la calidad en la creación, desarrollo y uso del software estando convencidos de que las mejoras propuestas tendrán incidencia sustancial en la vida cotidiana de una ciudad inteligente.

7. Referencias

- [1] Standard Glossary of Software Engineering Terminology, IEEE Standard 729-1983, 1983.
- [2] Moreno Herrera, L., and Gutiérrez Sánchez, A. "Ciudades Inteligentes: Oportunidades para generar soluciones sostenibles", Estudios Sectoriales CINTEL - Proyectos TIC Innovadores, Colombia, 2012.
- [3] "Smart Cities" Endesa Educa. Enel S.A. Chile, 2014. Recuperado de: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/smart-city/.
- [4] Colado, S., Gutiérrez, A., Vives, C. y Valencia, E. "SMART CITY: Hacia la gestión inteligente". Editorial: MARCOMBO. Año 2013.
- [5] "Smart Cities". Fundación País Digital. Chile, 2014. Recuperado de: <http://www.paisdigital.org/PD/smart-cities/>
- [6] Pressman, R. "Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Séptima Edición". Ed: McGraw-Hill. Año 2010
- [7] Bessin, J., "The Business Value of Quality", IBM developer Works. Año 2004. Recuperado de: <https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/4995.html>.
- [8] Dujmovic, J., Bayucan A. "A Quantitative Method for Software and its application in evaluating windowed environments". Año 2015.
- [9] McCall, J. A., Richards, P. K., and Walters, G. F. "Factors in Software Quality". VOL III. NTIS. Ed: DTIC Document. pp. 18-20. New York, Usa, 1977.
- [10] ISO/IEC 9126-1:2001. Software Engineering, "Software Product Quality Part 1: Quality Model, Int'l Org. For Standardization", Geneva, Switzerland, 2001.
- [11] ISO/IEC 14598-1. Information Technology "Software Product Evaluation Part 1: General overview". Año 1999.
- [12] ISO/IEC 25000. "SQuaRE - System and Software Quality Requirements and Evaluation". Recuperado de: <http://iso25000.com>
- [13] Evans, M. W., and Marciniak, J. J., "Software Quality Assurance and Management", Editorial: Wiley, New York, USA. Año 1987.
- [14] Grady, R., Caswell, D., "Software Metrics: Establishing a Company-wide Program. Prentice Hall". Hewlett-Packard. Año 1987.
- [15] Piattini, M., García F., Caballero, I. "Calidad de los Sistemas Informáticos". Editorial Alfaomega. 2008.
- [16] Olsina L., Pesotskaya E., Covella G., Dieser A., "Bridging the Gap between Security/Risk Assessment and Quality Evaluation Methods". Publicada en ASSE Argentine Symposium on Software Engineering. Año 2012.
- [17] Sommerville, I. "Ingeniería de Software Novena edición". Ed: PEARSON Addison Wesley, México, 2011.
- [18] "Modelo de calidad: breves consideraciones". EcuRed. La Habana, Cuba, 2005. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Modelo_de_calidad.
- [19] Standard Glossary of Software Engineering Terminology, IEEE Standard 610.12-1990, 1990.
- [20] Ragland, B. "Measure, Metric or Indicator: ¿What's the Difference?". Ed: Crosstalk. Año 1995.
- [21] Fernandez, A. and Billhardt. H., "Dynamic Coordination of Open Fleets in Urban Environments. SURF: Intelligent System for integrated and sustainable management of URban Fleets". Centre for Intelligent Information Technologies. Se analizan específicamente 2 (dos) proyectos:
 - Gómez Pérez, M., y López González, J. "Ecobike Solutions". Madrid, España, 2016.
 - López Cerezo, A. "Bikesmanager". Madrid, España, 2016.
- [22] Becker P., Olsina L, Rossi G., "Visión de proceso para Estrategias Integradas de Medición y evaluación de la calidad". Año 2014.
- [23] ISO 9241-11. "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs.) - Part 11: Guidance on usability". Año 1998.
- [24] Franke, D. Kowalewski, S., "A Mobile Software Quality Model". 12th International Conference on Quality Software. Año 2012.
- [25] Rubio, J., "Modelos de fiabilidad del Software". Escuela Universitaria de Informática. Universidad de Valladolid. Año 2013. Recuperado de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/4095>
- [26] "Smart Sustainable Cities", Grupo Temático sobre ciudades sostenibles e inteligentes, Unión Internacional de Telecomunicaciones. Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos 2015.
- [27] Peñalva M., Rossi G., "Un modelo de evaluación de la calidad de aplicaciones Web en e-government". La Plata, Argentina, 2014.
- [28] DeMarco, T, "Controlling Software Projects: Management, Measurement and Estimation". USA, 1986.
- [29] Tahir, A., Ahmad, R., "An AOP-Based Approach for Collecting Software Maintainability Dynamic Metrics". IEEE Second International Conference on Computer Research and Development. Kuala Lumpur, Malaysia, 2010.
- [30] Strong, D., Lee. Y y Wang. R., "Data quality in context". Año 1997.

Un Método para Medir la Calidad de Sistemas de Gestión del Tráfico para Flotas Dinámicas en una Ciudad Inteligente

Giselle Cavallera; Carlos Salgado; Alberto Sánchez; Mario Peralta, Alejandro Ramón Rivoira

Departamento de Informática - Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales - Universidad Nacional de San Luis Ejército de los Andes 950 – C.P. 5700 – San Luis – Argentina
e-mail: {giselle.cavallera, rivoira.ale}@gmail.com, {csalgado, alfanego, mperalta}@unsl.edu.ar

Alberto Fernández Gil

Universidad Rey Juan Carlos
Grupo de Inteligencia Artificial (GIA). Centro para las Tecnologías Inteligentes de la Información y sus Aplicaciones (CETINIA) – Madrid – España
e-mail: alberto.fernandez@urjc.es

Resumen

La gestión del tráfico es una de las áreas que implica mayores complicaciones en una ciudad ya que afecta directamente el bienestar de los habitantes de la misma. En los últimos años han surgido nuevas necesidades que han requerido otro tipo de soluciones en cuanto a movilidad, y, como resultado, han surgido sistemas que promueven el uso compartido de vehículos mediante el uso de tecnologías avanzadas. Haciendo un análisis particular de los usuarios en interacción con las herramientas tecnológicas, es notable que, junto a la madurez que han adquirido en el uso de las mismas, también se han incrementado sus requerimientos de calidad con respecto al software en general, en contextos reales de uso. Esto implica que las aplicaciones software desarrolladas para los ciudadanos receptores, deben ser consistentes con esta realidad. En este trabajo se propone la definición y desarrollo de un método que, mediante la utilización de un Modelo de Calidad, permite medir la calidad de una aplicación web de movilidad, y brindar algunos indicadores que posibiliten el reconocimiento de aspectos débiles de la misma, para detectar dónde deben aplicarse mejoras. Dicho método está en proceso de automatización, con el fin de facilitar y mejorar la tarea de medir y evaluar la calidad del producto.

1. Introducción

Dos elementos aparecen como centrales en la mayoría de las descripciones de las ciudades inteligentes: los aspectos de transporte / logística, predominantemente desde el punto de vista de la sostenibilidad; y las nuevas tecnologías para facilitar la organización de actividades de una ciudad inteligente [4]. Estas deben ser capaces de detectar los problemas de movilidad y tomar medidas en

tiempo real para solucionar las posibles complicaciones. Además, la información que se obtiene dinámicamente de las tecnologías móviles tiene que ser facilitada a los ciudadanos para que puedan tomar sus propias decisiones [5].

Los nuevos sistemas de uso compartido de vehículos son parte del desafío que plantean las Ciudades Inteligentes [1]. Por ello, y considerando que el objetivo de los mismos es la mejora de la movilidad humana y la reducción de costos, su análisis y evaluación es de gran utilidad para lograr su optimización.

El conjunto de vehículos que se usa de forma compartida para la movilidad de los ciudadanos conforma una flota. Algunas de ellas son totalmente controlables, pero otras apenas permiten un control limitado, como en el caso de, por ejemplo, el servicio público de bicicletas [2], el cual ya está implementado en grandes ciudades alrededor del mundo como París, Barcelona, Londres, Shanghai, Nueva York, entre otras [6].

La flota está disponible para todos los usuarios que utilizan sus vehículos a través de aplicaciones mobile o web. Ellos pueden reservar, tomar y dejar un vehículo cuando lo desean y dónde lo necesiten, siempre y cuando haya disponibilidad. Entonces, el ente que regula la flota, al usar la información sobre el estado dinámico de la misma, puede proveer y proponer mejores opciones para las necesidades de transporte.

Cuando se habla de una aplicación de uso compartido de vehículos en una ciudad inteligente, se refiere a un sistema software, con una gran cantidad de usuarios, que está constantemente en uso. A modo de ejemplo, una de las plataformas de bicicletas compartidas más grandes del mundo, OFO [7], opera en más de doscientas ciudades y tiene más de doscientos mil usuarios. Esto implica que, los fallos vinculados a la falta de calidad de la aplicación

podrían ser muy graves, generando caos en el transporte de las urbes.

Obtener un producto de alta calidad para la movilidad de los ciudadanos es esencial para impedir consecuencias negativas, ya que los beneficios de las herramientas software se ven opacados cuando el producto tecnológico no cumple con las condiciones de calidad requeridas para su uso. En dichas situaciones, se corre el riesgo de generar un conflicto mayor, en lugar de ser un elemento valioso que contribuya a la mejora o resolución del problema [8].

Debido a que los involucrados e interesados en un producto software son muchos, y cada uno tiene diferentes objetivos, el factor clave para asegurar valor agregado a los mismos es una especificación y evaluación exhaustiva del software. Esto, puede lograrse definiendo las características de calidad necesarias y deseadas asociadas a los objetivos y metas de los stakeholders [9] y efectuando la medición. En palabras de Peter Drucker [10]: "Lo que no se puede medir, no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar, no se puede mejorar".

Como consecuencia de lo expuesto, el método propuesto se basa en un Modelo de Calidad cuyo pilar es la norma de calidad de producto ISO 25000 [9]. Dicho modelo, se comenzó a definir específicamente para una aplicación web/mobile de gestión de tráfico en el contexto de las ciudades inteligentes. Ésta, es una aplicación de bicicletas compartidas llamada Ecobike [11], desarrollada en un trabajo de fin de grado de alumnos en Ingeniería Informática de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid.

Cabe destacar que un medio de transporte de rápido crecimiento en Europa son las bicicletas. Es así, que muchos países están implementando sistemas para compartir bicicletas [12]. Por tanto, la medición de la calidad de una aplicación de este tipo, es de vital importancia para los ciudadanos.

Los resultados de la medición y evaluación de la calidad aportan al mejoramiento del software que se desarrolla y, consecuentemente, a la optimización de las aplicaciones y sistemas y sus ámbitos de aplicación.

2. El Método Propuesto

El método propuesto se divide en 4 fases bien diferenciadas.

1° Fase: Determinación y Especificación de los Requisitos de Calidad Deseados: A partir de las necesidades y objetivos de la institución/organización, la primera actividad consiste en definir los requerimientos, lo cual incluye especificar el propósito, el foco y los atributos de la evaluación entre otros aspectos. Definir en primer lugar estas cuestiones, proporcionará una guía para realizar las actividades siguientes, como, por ejemplo, elegir métricas adecuadas a la necesidad de información o problema en cuestión.

2° Fase: Definición de Métricas – Heurísticas e Indicadores: En esta fase se seleccionan, definen o adaptan las métricas que se utilizarán para cuantificar los atributos. Las métricas se toman de repositorios, bibliografía, estándares. Luego se utilizan las métricas escogidas anteriormente para, así, obtener un valor para cada uno de los atributos de las entidades analizadas. Los valores medidos son almacenados en un repositorio para su posterior análisis.

En este punto, se deben especificar indicadores y criterios de aceptación que permitan obtener el grado o nivel de satisfacción que proporcionan cada uno de los requerimientos deseables/esperables por parte del interesado en la evaluación.

3° Fase: Análisis-Evaluación y Ajustes del Sistema: Una vez especificados todos los indicadores y realizadas las mediciones correspondientes, se está en condiciones de implementar la evaluación, es decir, utilizar los indicadores definidos anteriormente con el fin de conocer el grado de satisfacción de cada uno de los requerimientos. En esta fase, se utiliza LSP (Logic Scoring of Preference), que es un método de evaluación multiatributo de agregación lógica de preferencias [13]. LSP está basado en pesos, y permite utilizar operadores de preferencia lógica para modelar distintos niveles de intensidad de conjunción/disyunción ("y/o"), entre otros aspectos. Cabe destacar que la selección de este método de evaluación, se debió a que el mismo ha sido ampliamente utilizado dentro del grupo de investigación para el análisis de calidad de distintos tipos de sistemas y modelos, tal como puede apreciarse en [14, 15, 16, 17, 18].

Esta etapa es la más difícil de realizar, puesto que depende mucho de la experiencia del evaluador en lo que respecta al armado de la estructura de agregación y calibrado de las funciones de la lógica continua para llevar a cabo la evaluación.

4° Fase: Análisis y Documentación de los Resultados Obtenidos: Esta fase corresponde a la etapa final del método. En ella se debe realizar un análisis y comparación de los resultados obtenidos en la evaluación respecto de las preferencias elementales, parciales y globales obtenidas en la aplicación del método. Además, se debe documentar el proceso de evaluación y los resultados obtenidos, de manera que dicha documentación sirva como referencia e historial de la evolución de las características/sub-características de software de gestión de la movilidad en el contexto de las ciudades inteligentes, en futuras evaluaciones.

Esta etapa es una de las actividades más relevantes del método. Por ello, es de suma utilidad tener la información recopilada durante la aplicación del método volcada en estructuras y representaciones que sean claras de leer e interpretar.

3. Implementación de la Medición y Evaluación

Desde el punto de vista de la Ingeniería de Software, una de las principales características que tiene que tener una aplicación software para ser exitosa entre los usuarios, es que sea de calidad [6]. Para ello, se requiere generar valores, descriptores, indicadores o algún otro mecanismo de comparación. Por tanto, para garantizar la calidad es necesario llevar a cabo un proceso de medición del software [19]. En particular, dado que el software móvil y web tienen características propias de esas tecnologías, las mismas no deben ser ignoradas a la hora de evaluar este tipo de software, por lo que los modelos y métodos correspondientes deben ajustarse a su ámbito móvil o web [20].

A continuación, se detalla los pasos del método propuesto aplicados en un caso de estudio: la aplicación web Ecobike.

3.1. Fase 1: Determinación y Especificación de los Requisitos de Calidad Deseados:

En este caso, la entidad concreta de estudio sobre la que se está trabajando es la aplicación web de bicicletas compartidas, Ecobike [11]. Se deja de lado la aplicación mobile, que requiere de un proceso de medición distinta. Es parte de otro trabajo que se está llevando a cabo, de manera paralela, dentro del mismo proyecto de investigación. Se hace esta diferenciación debido a que los dispositivos móviles tienen características propias y restricciones que no aplican o se adecuan a los sitios web. Los controles de gestos, las pantallas especializadas, dimensiones reducidas y la compatibilidad son factores únicos de los dispositivos móviles. El desarrollo de los dos entornos es diferente, y la visualización para el usuario también.

Ecobike web permite la gestión de una flota dinámica de bicicletas. Se accede mediante un usuario y contraseña, y permite que cada usuario reserve y libere un anclaje de una estación; reserve, alquile y devuelva una bicicleta; revise su historial de reservas, alquileres, y los costos implicados.

El método propuesto permite la recolección de datos desde el dominio del problema. Puntualmente recolecta datos/información en la ciudad de Madrid, España.

El propósito del método es conocer la calidad de la aplicación Ecobike, con el fin de saber si ésta supera cierto umbral de satisfacción aceptable, el cual estaría definido por un valor de satisfacción del Indicador de Calidad del software mayor al 70%. Se fija como punto de vista el de un "usuario normal", personas que se movilizan en bicicleta y que utilizan este tipo de aplicaciones desde la web.

Los distintos dispositivos, junto con las aplicaciones web/móviles, son utilizados en un cierto contexto, donde

las características del mismo cambian continuamente. Los usuarios de éstos tienen ciertas particularidades, diferentes objetivos, realizan diferentes tareas; también se manipula en diferentes entornos físicos y sociales. Todos estos factores, y otros, influyen en la forma de uso de una aplicación. Conviene aclarar entonces, que no se analiza la calidad en el entorno real de uso, en tanto que la aplicación y servicios se despliegan sobre una plataforma de simulación, y sería imposible tener en cuenta todas las variantes.

El Modelo de Calidad seleccionado es un modelo específicamente definido para estudiar el software de movilidad de Smart City. Es un modelo mixto basado en la norma ISO 25000 [9].

Cabe destacar que esta labor se realizó en forma colaborativa con el grupo de investigación de Inteligencia Artificial (GIA), de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid- España. Dicho proyecto es la continuación de diversos trabajos de investigación sobre la gestión de flotas dinámicas y calidad aplicada a sistemas software.

La figura 1 muestra el modelo desarrollado.

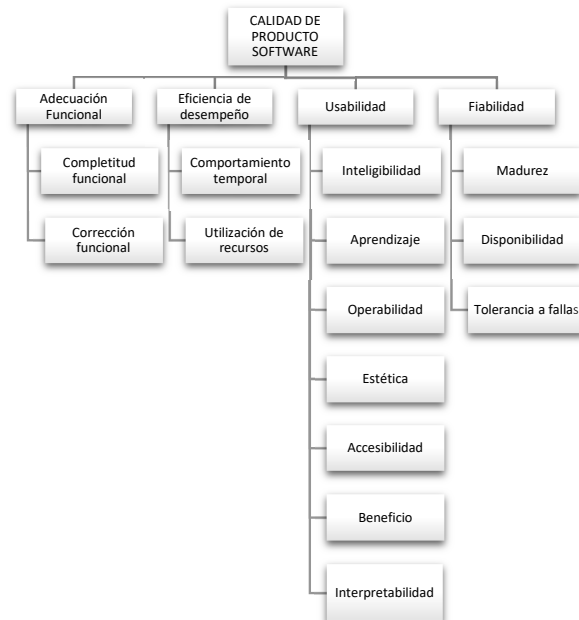


Figura 1. Modelo de Calidad del Caso de Estudio

Cabe aclarar que el modelo ha sido validado empíricamente en dos softwares de gestión de movilidad en ciudades inteligentes [2]. Una vez elegido el modelo de calidad se prosigue con la segunda fase del método propuesto.

3.2. Fase 2: Definición de Métricas – Heurísticas e Indicadores.

3.2.1. Definición y Cálculo de Métricas.

Una vez que se han especificado los requerimientos, se deben seleccionar las métricas significativas para cuantificar atributos. Sólo una métrica se asigna para cada atributo del árbol de requerimientos, para que al momento de obtener resultados haya consistencia con los datos y el análisis posterior sea comparable con otras instancias de medición y evaluación [21]. Por lo tanto, ese concepto se traslada al modelo de calidad elegido en este método.

El Modelo desarrollado establece las métricas a utilizar. La figura 2 muestra el árbol de características, subcaracterísticas, y las métricas que se definieron para medir cada una de ellas.

Para ejemplificar esta actividad, se elige el atributo Completitud funcional. En el caso de estudio, se identificó una métrica denominada *Integridad de Implementación funcional*, cuya fórmula asociada es:

$$I_{if} = 1 - A / B$$

Donde:

A: Número de funciones faltantes detectadas en la evaluación.

B: Número de funciones descritas en la especificación de requerimientos.

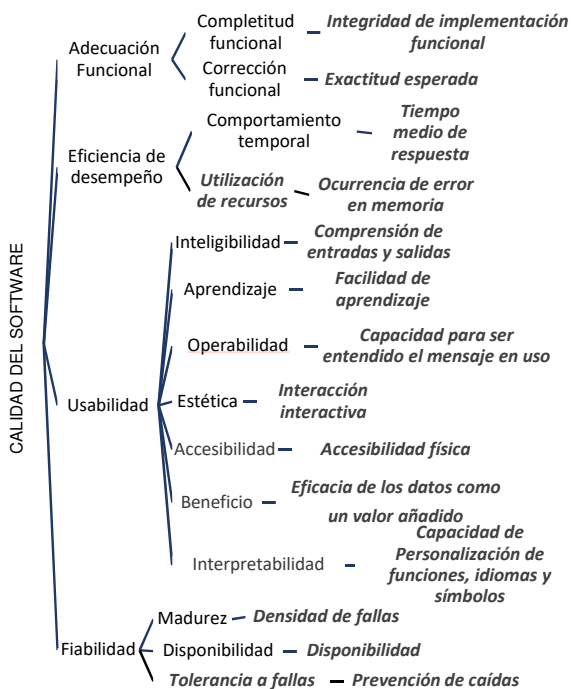


Figura 2. Características, subcaracterísticas, y métricas correspondientes al Modelo de Calidad.

Debido a que esta es una métrica indirecta, es necesario identificar las métricas relacionadas, en este caso: *Funciones Faltantes* (A) y *Funciones Descritas* en la

especificación de requerimientos (B).

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de una especificación de la métrica detallada.

De esta forma, se especifican todas las métricas de los atributos que se van a medir.

En la línea de investigación se ha implementado el método por medio de una herramienta que permite automatizar el procedimiento de cálculo para cada una de las métricas, como también la recolección de datos desde la Web, puntualmente desde la aplicación Ecobike que es motivo de este caso de estudio.

A modo de continuar con el mismo ejemplo, se implementa la medición de la métrica *Integridad de implementación funcional*.

Para la métrica *Funciones Descritas* en la especificación de requerimientos, se contaron cuántas funciones se definieron en la especificación de requerimientos del software Ecobike. Para la métrica *Funciones Faltantes*, se realizan pruebas funcionales del software de acuerdo a la especificación de requerimientos y se cuenta el número de funciones faltantes detectadas en la evaluación.

Nombre de la Métrica: Integridad de Implementación Funcional

Atributo que cuantifica: Completitud Funcional

Objetivo: Calcular cuán completa es la implementación de acuerdo a la especificación de requerimientos.

Procedimiento de Cálculo: Realizar pruebas funcionales (pruebas de caja negra) del sistema de acuerdo a la especificación de requerimientos. Contar el número de funciones faltantes detectadas en la evaluación y compararlas con el número de funciones descritas en la especificación de requerimientos.

$I_{if} = 1 - A / B$

A: Número de funciones faltantes detectadas en la evaluación.

B: Número de funciones descritas en la especificación de requerimientos.

Escala: numérica **Tipo de Escala:** absoluta

Unidad: proporción

Figura 3. Especificación de la métrica: Integridad de implementación funcional

Se obtuvieron los siguientes resultados:

$$A: 1 - B: 14$$

$$I_{if} = 1 - 1 / 14 = 1 - 0.0714 = 0.9285$$

La interpretación de la métrica indica que el resultado debe ser entre 0 (cero) y 1 (uno), y que es mejor cuanto más próximo a 1 se encuentre.

Se realiza el procedimiento de cálculo de cada una de las métricas para medir todos los atributos del modelo de calidad. La herramienta que implementa el método permite ingresar los datos para cada métrica, y calcularlos automáticamente, obteniendo los resultados y teniendo la posibilidad de guardarlos para un posterior estudio y análisis.

A continuación, se detallan las métricas utilizadas y el

cálculo de cada una de ellas aplicadas al caso de estudio.

Corrección funcional

Métrica: Exactitud Esperada (EE): $EE = 1 - \frac{CRD}{CFT}$

CRD= casos de funciones con resultados diferentes a los esperados. Los resultados esperados provienen de la documentación de la aplicación web.

CfT= cantidad de funciones totales.

$$EE = 1 - \frac{1}{14} = 0,9286$$

Comportamiento temporal

Métrica: Tiempo Medio de Respuesta (TMR)

$$TMR = \frac{1}{Ct} \sum_{n=1}^{n=Ct} \frac{TMRt}{TMaxR}$$

Donde:

Ct= cantidad de tareas - TMaxR= 10 segundos

$$TMRt = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} (t_n)$$

t_n = tiempo de respuesta del usuario n.

Se evaluaron 5 tareas, aquellas más importantes del software, ejecutadas por 15 usuarios: 1. Iniciar sesión, 2. Buscar bicicleta, 3. Dejar bicicleta, 4. Consultar historial y 5. Visualizar información de bicicleta.

Tareas	TMRt
1	0,168
2	0,100
3	0,100
4	0,170
5	0,071
TOTAL	0,609

$$TMR = 0.122$$

Utilización de recursos

Métrica: Ocurrencia de Error en Memoria (OEM)

$$OEM = \frac{1}{CET} \sum_{n=1}^{n=CET} \left(\frac{CE_n}{CMaxE} \right)$$

CE_n= Cantidad de errores en la evaluación n. Considerando una cantidad máxima de errores (CMaxE) de 2, se hicieron 5 pruebas. Para las mismas, se recargó al navegador para alcanzar una situación de estrés, y se ingresó a la plataforma web para intentar ejecutar alguna acción.

Prueba	CE	CE/CMaxE
1	1	0,5
2	2	1
3	1	0,5
4	2	1
5	1	0,5
	OEM	0,7

Inteligibilidad.

Métrica: Comprensión de entradas y salidas (Ces):

$$Ces = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \frac{An}{B} \right)$$

Se hace una evaluación sobre 15 usuarios, y se llevan a cabo los cálculos correspondientes. Considerando que el número de datos de entrada y salida disponibles en la interfaz (B) es 15, y An es el número de datos de entrada y salida no entendidos por el usuario n.

Usuarios	An	1 - (An/B)
1	1	0,933
2	0	1
3	2	0,866
4	2	0,866
5	1	0,933
6	0	1
7	0	1
8	2	0,866
9	1	0,933
10	3	0,8
11	2	0,866
12	2	0,866
13	4	0,733
14	1	0,933
15	1	0,933
	TOTAL	13,533

$$Ces = 0,9022$$

Aprendizaje

Métrica: Facilidad de aprendizaje (FA)

$$FA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(\frac{FA}{FT} \right)$$

FA: Cantidad de funciones aprendidas correctamente por el usuario. Considerando que las funciones totales de la aplicación FT= 14. Una función ha sido aprendida cuando se realiza la acción esperada y se cumple con el objetivo para el que se diseñó.

Usuarios	FA	FA/FT
1	14	1
2	14	1
3	14	1
4	14	1
5	13	0,928
6	14	1
7	14	1
8	14	1
9	14	1
10	13	0,928
11	14	1
12	14	1
13	14	1
14	14	1
15	14	1

TOTAL 14,857
FA= 0,9904

Operabilidad

Métrica: Capacidad para ser entendido el mensaje en uso (CE), siendo un mensaje en uso, uno que da la aplicación web al usuario con alguna indicación advertencia, resultado o error.

$$CE = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \left(1 - \frac{An}{CMT}\right)$$

An: Cantidad de mensajes no entendidos por el usuario n. Considerando la Cantidad de Mensajes Totales de la aplicación CMT= 16.

Usuarios	An	1 - (An/CMT)
1	0	1
2	1	0,9375
3	1	0,9375
4	0	1
5	0	1
6	2	0,875
7	0	1
8	1	0,9375
9	1	0,9375
10	2	0,875
11	0	1
12	1	0,9375
13	1	0,9375
14	0	1
15	3	0,8125
TOTAL		14,1875

CE= 0,9458

Estética

Métrica: Interacción atractiva (IA): $IA = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} (Vn)$

Cu: Cantidad de usuarios evaluados.

Vn: Valor de ponderación del usuario n.

Los usuarios ponderan con un valor del 1 al 10.

Usuarios	Valor puntuado
1	5
2	7
3	6
4	7
5	8
6	5
7	7
8	6
9	6
10	5
11	7
12	5
13	6
14	7
15	6
TOTAL	97,5

IA= 6,2

Accesibilidad

Métrica: Accesibilidad física (AF): $AF = \left(\frac{CFA}{CFT}\right)$

CFA: Cantidad de funciones satisfactoriamente accedidas
CFT: Cantidad de funciones totales

$$\frac{CFA}{CFT} = \frac{6}{14}$$

AF= 0,4285

Muchas de las funciones de esta aplicación no están adaptadas para que personas con alguna discapacidad física las accedan. En este caso, son más las que no cumplen con este propósito.

Beneficio

Métrica: Eficacia de los datos como un valor añadido (ED)

$$ED = \left(\frac{CdB}{CdT}\right)$$

CdB: Cantidad de datos beneficiosos: datos que agregan un valor añadido al usuario.

CdT: Cantidad de datos totales

$$\frac{CDB}{CDT} = \frac{7}{21}$$

ED= 0,333

Interpretabilidad

Métrica: Capacidad de Personalización de funciones, idiomas y símbolos (CP):

$$CP = \left(\frac{FSP}{CFT}\right)$$

FSP: Cantidad de funciones satisfactoriamente personalizadas

CFT: Cantidad de funciones totales

$$\frac{FSP}{CFT} = \frac{0}{14}$$

CP= 0

Madurez

Métrica: Densidad de fallas (DF): $DF = \frac{1}{CE} \sum_{n=1}^{n=CE} \frac{FD}{cft}$

FD: Número de fallas detectadas.

CFT: Cantidad de funciones totales= 14.

Las pruebas ejecutadas son Pruebas Funcionales definidas a partir de casos de prueba manuales, que siguen el orden en que se obtiene una bicicleta y finalmente se devuelve.

Pruebas	FD	FD/Cft
PRUEBA 1	0	0
PRUEBA 2	1	0,071428571
PRUEBA 3	0	0
PRUEBA 4	2	0,142857143
PRUEBA 5	0	0
TOTAL	14	0,2142

DF= 0,04285

Disponibilidad

Métrica: Disponibilidad (D): $D = \frac{1}{Cu} \sum_{n=1}^{n=Cu} \frac{IS}{CIT}$

IS: Cantidad de intentos satisfactorios de disponibilidad del software cuando el usuario lo intenta usar.

CIT: Número total de intentos durante el tiempo de observación.

Cu= cantidad de usuarios.

Usuarios	IS	IS/CIT
1	14	1
2	12	0,857142857
3	13	0,928571429
4	14	1
5	12	0,857142857
6	14	1
7	14	1
8	14	1
9	13	0,928571429
10	13	0,928571429
11	14	1
12	13	0,928571429
13	14	1
14	12	0,857142857
15	14	1
TOTAL	14,2857	

DF= 0,9523

Tolerancia a fallos

Métricas: Prevención de caídas (PC):

$$PC = \frac{1}{CE} \sum_{n=1}^{n=CE} 1 - \frac{CC}{CF}$$

CC: Número de caídas

CF: Número de fallas

CE= cantidad de evaluaciones

Pruebas	CC	CF	1- CC/CF
PRUEBA 1	1	2	0,5
PRUEBA 2	2	3	0,33333333
PRUEBA 3	1	3	0,66666667
PRUEBA 4	1	2	0,5
PRUEBA 5	1	1	0
TOTAL			2

PC= 0,4

En este punto se ha recolectado la información necesaria de todos los atributos motivo de estudio que se habían presentado en el modelo de calidad elegido. El cálculo de las métricas las realiza la herramienta que se ha desarrollado como implementación del método propuesto. Algunos de los parámetros / recolección de datos para las métricas se hacen automáticos, mientras que otros se realizan de manera semiautomática o manual. Pero en este punto, se necesitan definir los criterios que permitan interpretar las métricas calculadas. Esa tarea se detalla en la siguiente sección.

3.2.2. Indicadores Elementales, Derivados o Globales

El valor de una métrica no representa por sí mismo el nivel de satisfacción de un atributo. Por lo tanto, es necesario definir una transformación a partir del valor medido que produzca un nuevo valor numérico o categórico. Esta transformación está dada por un Indicador Elemental [22]. Asimismo, existen Indicadores Derivados, los cuales permiten interpretar los requerimientos de mayor nivel de abstracción, es decir, los conceptos calculables.

Bajo estas consideraciones, se define, para cada atributo y concepto calculable del modelo de calidad, un indicador que lo evaluará. Es decir, se define cómo se van a interpretar los valores de los atributos, para luego obtener el grado de satisfacción brindado por cada uno de los requerimientos de mayor nivel de abstracción.

3.2.2.1. Indicadores Elementales.

A modo de ejemplo, se detalla a continuación el indicador elemental del primer atributo del modelo de calidad (Complejidad Funcional). La métrica asociada a este atributo es Integridad de Implementación Funcional, y el indicador que se define es denominado Grado de Integridad de Implementación Funcional (%I_IF).

El modelo elemental o función de transformación se definió como sigue:

$$\%I_IF = I_{if} * 100$$

Donde: I_{if} es la Integridad de Implementación Funcional.

Una vez definido el modelo elemental se identificaron los siguientes criterios de decisión:

- $0 \leq \%I_IF \leq 45$: no satisfactorio
- $45 < \%I_IF \leq 70$: poco satisfactorio
- $70 < \%I_IF \leq 100$: satisfactorio

Donde:

- *no satisfactorio* significa "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes".
- *poco satisfactorio* significa "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".
- *satisfactorio* significa "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

Por último, los metadatos asociados a la escala fueron los siguientes:

- Escala: numérica
- Tipo de Escala: proporción
- Unidad: % (porcentaje)

En la Figura 4 se muestra la Especificación del indicador elemental para el atributo Complejidad Funcional.

Nombre del Indicador Elemental: Grado de Integridad de implementación funcional, %I_{IF}
Atributo que evalúa: Completitud Funcional
Modelo Elemental: %I_{IF} = I_{if} * 100
Criterios de Decisión:
 0 ≤ %I_{IF} ≤ 45: no satisfactorio
 45 < %I_{IF} ≤ 70: poco satisfactorio
 70 < %I_{IF} ≤ 100: satisfactorio
Donde:
 no satisfactorio significa “No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes”, poco satisfactorio significa “Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora” y satisfactorio significa “Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios”.
Procedimiento de cálculo: Obtener el valor de la métrica Integridad de implementación funcional (I_{if}) y multiplicarlo por 100.
Escala: numérica **Tipo de Escala:** proporción **Unidad:** porcentaje

Figura 4. Especificación del Indicador Elemental para el atributo Completitud Funcional.

Una vez que se calculan cada uno de los indicadores elementales, se hace necesario combinar esos valores en otros indicadores. Esos indicadores se nombran como indicadores derivados. A continuación, se muestra la forma de calcularlos.

3.2.2.2. Indicadores Derivados.

Al definir un indicador derivado se debe indicar el modelo global (función o algoritmo) mediante el cual se calculará el nivel de satisfacción de los diferentes conceptos calculables del modelo de calidad.

Para el caso de estudio de Ecobike, se optó por utilizar el mismo modelo global para todos los indicadores. Particularmente, se escogió un modelo cuantitativo basado en el método LSP [13].

El método LSP se basa en la siguiente fórmula o función:

$$ID(r) = (P_1 * I_1^r + P_2 * I_2^r + \dots + P_m * I_m^r)^{1/r}$$

donde:

ID representa el valor del Indicador Derivado a calcular
 I_i son los valores de los Indicadores del nivel inferior,
 0 ≤ I_i ≤ 100

P_i representan pesos o ponderación,

$$(P_1 + P_2 + \dots + P_m) = 1; P_i > 0; i = 1 \dots m$$

r es un coeficiente conjuntivo/disyuntivo,

$$-\infty < r < +\infty$$

De acuerdo a esta función, se observa que existen dos parámetros a ser fijados: los pesos (P_i) y el coeficiente del bloque de agregación (r).

Para los pesos, la herramienta software permite asignar diferentes valores de importancia a cada atributo dentro de cada subconcepto, y, del mismo modo, a cada subconcepto que conforman el concepto calculable Calidad de

Producto.

Con respecto al parámetro r, la elección de su valor permite seleccionar un operador que va desde la conjunción pura y la cuasi-conjunción hasta la cuasi-disyunción y la disyunción pura. El punto medio representa a la aditividad (para r = 1) la cual no está ni conjuntiva ni disyuntivamente polarizada, es decir, representa una función de relaciones de neutralidad o independencia entre las entradas. Los distintos valores de r, dependiente del tipo de operador y la cantidad de entradas, ya se encuentran tabulados en el modelo LSP [13].

En el caso de estudio, a nivel de subconceptos, el operador lógico empleado es C-, un operador para modelar una relación de cuasi-conjunción débil. Esto significa que un valor 0 (cero) en alguno de los atributos de entrada no producirá un 0 (cero) en la salida, aunque “castigará” a la misma. A nivel de concepto calculable (Calidad de Producto), se emplea el operador lógico C++ para modelar una relación de cuasi-conjunción fuerte, lo que implica que para obtener valores distintos de 0 (cero) de salida, es obligatoria la existencia de valores distintos de 0 (cero) en las subcaracterísticas de entrada. Además, cuanto mayor sean esos valores de entrada, mayor será el grado de satisfacción global.

De acuerdo a LSP, el valor de r para cada subconcepto:

- Adecuación Funcional: r = 0,26
- Eficiencia de Desempeño: r = 0,26
- Usabilidad:
 - Asociando Inteligibilidad, Aprendizaje, Operabilidad y Estética: r = 0,17
 - Asociando Accesibilidad, Beneficio e Interpretabilidad: r = 0,20
 - Y para el cálculo final: r = 0,26
- Fiabilidad: r = 0,20

Y para Calidad de Producto, el valor de r = -2,18

A modo de ejemplo, se asigna igual importancia a cada atributo dentro de cada subconcepto y, del mismo modo, a cada subconcepto que conforman el concepto calculable Calidad del producto. Esta asignación es mostrada en la Figura 5.

Como ejemplo, la Figura 6 muestra la especificación del indicador derivado Nivel de Adecuación Funcional.

Lo más apropiado, es que todos los indicadores, tanto elementales como derivados, posean los mismos criterios de decisión y escala para conseguir un conjunto de valores normalizados y así facilitar la interpretación de los resultados.

Por tanto, como está definido en los ejemplos presentados, todos los indicadores de la evaluación se definieron con una escala porcentual (%) y con tres rangos o criterios de decisión, a saber:

- Un valor entre 0-45% (no satisfactorio) significa “No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes”.

	Operador	Peso	Peso
1. Calidad del producto	C++		
1.1. Adecuación Funcional	C-		0,25
1.1.1. Completitud funcional			0,5
1.1.2. Corrección funcional			0,5
1.2. Eficiencia de Desempeño	C-		0,25
1.2.1. Comportamiento temporal			0,5
1.2.2. Utilización de recursos			0,5
1.3. Usabilidad	C-		0,25
1.3.1. Inteligibilidad	C-	0,333	0,5
1.3.2. Aprendizaje		0,333	
1.3.3. Operabilidad		0,333	
1.3.4. Estética	C-	0,25	
1.3.5. Accesibilidad		0,25	0,5
1.3.6. Beneficio		0,25	
1.3.7. Interpretabilidad		0,25	
1.4. Fiabilidad	C-		0,25
1.4.1. Madurez			0,333
1.4.2. Disponibilidad			0,333
1.4.3. Tolerancia a fallos			0,333

Figura 5. Operadores y pesos de cada atributo del Árbol de Requerimientos.

<p>Nombre del Indicador Derivado: Nivel de Adecuación Funcional, N_AFuncional</p> <p>Concepto Calculable que evalúa: Adecuación Funcional</p> <p>Modelo Global:</p> $N_AFuncional = (0,5 * \%I_IF^r + 0,5 * \%I_EE^r)^{1/r}$ <p>donde %I_EE es el indicador elemental asociado a la métrica Exactitud Esperada, llamado Grado de Exactitud Esperada.</p> <p>Criterios de Decisión:</p> <p>0 ≤ N_AFuncional ≤ 45: no satisfactorio</p> <p>45 < N_AFuncional ≤ 70: poco satisfactorio</p> <p>70 < N_AFuncional ≤ 100: satisfactorio</p> <p>Donde:</p> <p>no satisfactorio significa "No cumple los requisitos mínimos de satisfacción. Se requieren cambios urgentes", poco satisfactorio significa "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora" y satisfactorio significa "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".</p> <p>Escala: numérica Tipo de Escala: proporción Unidad: porcentaje</p>

Figura 6. Especificación del indicador derivado Nivel de Adecuación Funcional.

- Un valor entre 45-70% (poco satisfactorio) indica que "Cumple con los requisitos mínimos de satisfacción. Se requiere una planificación de cambios para la mejora".
- Y un valor entre 70-100% (satisfactorio) significa "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

El indicador derivado correspondiente al concepto calculable Calidad de Producto del Software, está definido de la siguiente manera:

$$N_CalidadProducto = (0,25 * N_Afuncional^r + 0,25 * N_Eficiencia^r + 0,25 * N_Usabilidad^r + 0,25 * N_Fiabilidad^r)^{1/r}$$

3.3. Análisis-Evaluación y Ajustes del Sistema

La ejecución de esta actividad permite obtener los valores de los distintos indicadores asociados a cada uno de los elementos del modelo de calidad. Se puede conocer el grado de satisfacción proporcionado por los diferentes conceptos calculables y atributos de Ecobike.

3.3.1. Calculo de Indicadores Elementales.

Como ejemplo se calcula el indicador Grado de Integridad de Implementación Funcional (%I_IF) para el atributo Completitud Funcional. Teniendo en cuenta el procedimiento de cálculo asociado al modelo elemental del indicador, se obtiene como valor:

$$\%I_IF = 0,9285 * 100 = 92,85$$

Este valor, según los criterios de decisión establecidos, corresponde a un nivel de satisfacción *satisfactorio*, lo que significa que "Cumple con los requisitos de forma satisfactoria. No se requieren cambios".

Una vez definidos todos los indicadores elementales, el método en su Fase 3° permitirá hacer el cálculo y obtención de los resultados.

Se miden, a continuación, los demás Indicadores Elementales.

Grado de Exactitud Esperada (%EE)

$$\%EE = EE * 100 = 0,9286 * 100 = 92,86\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Tiempo Medio de Respuesta (%TMR)

$$\%TMR = (1 - TMR) * 100 = (1 - 0,1221) * 100 = 87,78\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Ocurrencia de Error en Memoria (%OEM)

$$\%OEM = (1 - OEM) * 100 = (1 - 0,70) * 100 = 30\%$$

Alcanzando un nivel No Satisfactorio.

Grado de Comprensión de entradas y salidas (%Ces)

$$\%Ces = Ces * 100 = 0,9022 * 100 = 90,22\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Facilidad de Aprendizaje (%FA)

$$\%FA = FA * 100 = 0,9904 * 100 = 99,04\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Capacidad para ser entendido el mensaje en uso (%CE)

$$\%CE = CE * 100 = 0,9458 * 100 = 94,58\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Interacción Atractiva (%IA)

$$\%IA = (IA * 100) / 10 = (6,2 * 100) / 10 = 62\%$$

Alcanzando un nivel Poco Satisfactorio.

Grado de Accesibilidad Física (%AF)

$$\%AF = AF * 100 = 0,4285 * 100 = 42,85\%$$

Alcanzando un nivel No Satisfactorio.

Grado de Eficacia de los datos como un valor añadido (%ED)

$$\%ED = ED * 100 = 0,3333 * 100 = 33,33\%$$

Alcanzando un nivel No Satisfactorio.

Grado de capacidad de personalización de funciones, idiomas y símbolos (%CP)

$$\%CP = CP * 100 = 0 * 100 = 0\%$$

Alcanzando un nivel No Satisfactorio.

Grado de Densidad de Fallas (%DF)

$$\%DF = (1-DF) * 100 = (1 - 0,0428) * 100 = 95,71\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Disponibilidad (%D)

$$\%D = D * 100 = 0,9523 * 100 = 95,23\%$$

Alcanzando un nivel Satisfactorio.

Grado de Prevención de caídas (%PC)

$$\%PC = PC * 100 = 0,4 * 100 = 40\%$$

Alcanzando un nivel No Satisfactorio.

3.3.2. Cálculo de Indicadores Derivados.

A modo de ejemplo, se muestra el cálculo del indicador derivado *Nivel de Adecuación Funcional* (N_AFuncional). Por lo tanto, para obtener el valor del indicador se sigue la fórmula del modelo global:

$$N_AFuncional = (0,5 * \%I_IF^r + 0,5 * \%EE^r)^{1/r}$$

Donde: %I_IF corresponde a Grado de Integridad de implementación funcional (asociado al atributo Completitud Funcional), y %EE corresponde a Grado de Exactitud Esperada (asociado al atributo Corrección Funcional).

Entonces, si se tiene en cuenta que el valor de % EE es 92,86 y r=0,26, el valor del indicador resultante es:

$$N_AFuncional = (0,5 * 92,85^{0,26} + 0,5 * 92,86^{0,26})^{1/0,26}$$

$$N_AFuncional = (46,42 + 46,43)^{1/0,26} = 92,85\%$$

De igual forma, se obtiene el indicador asociado a Eficiencia de Desempeño, Usabilidad, Fiabilidad y, finalmente, el indicador asociado a Calidad del Producto.

Para el caso de estudio presentado, el método propuesto facilita el cálculo, la interpretación de los datos y la evaluación. Una vez ingresados los pesos de cada atributo, y calculados los puntajes de los indicadores elementales, realiza el cálculo de los indicadores derivados.

A continuación, se calculan los demás Indicadores Derivados.

Nivel de Eficiencia de desempeño (N_Eficiencia)

$$N_Eficiencia = (0,5 * \%TMR^{0,26} + 0,5 * \%OEM^{0,26})^{1/0,26} = (0,5 * 87,78^{0,26} + 0,5 * 30^{0,26})^{1/0,26} = 53,27\%$$

Alcanzando un nivel Poco Satisfactorio.

Nivel de Usabilidad (N_Usabilidad)

$$N_A = (0,25 * \%Ces^{0,17} + 0,25 * \%FA^{0,17} + 0,25 * \%CE^{0,17} + 0,25 * \%IA^{0,17})^{1/0,17} = (0,25 * 90,22^{0,17} + 0,25 * 99,04^{0,17} + 0,25 * 94,58^{0,17} + 0,25 * 62^{0,17})^{1/0,17} = 85,32$$

$$N_B = ((0,333 * \%Ces^{0,20} + 0,333 * \%FA^{0,20} + 0,333 * \%CE^{0,20})^{1/0,20} = ((0,333 * 42,85^{0,20} + 0,333 * 33,33^{0,20} + 0,333 * 0^{0,20})^{1/0,20} = 4,98$$

$$N_Usabilidad = (0,50 * N_A + 0,50 * N_B^{0,26})^{1/0,26} = (0,143 * 85,32^{0,26} + 0,143 * 4,98^{0,26})^{1/0,26} = 26,64\%$$

Alcanzando un nivel No Satisfactorio.

Nivel de Fiabilidad (N_Fiabilidad)

$$N_Fiabilidad = (0,333 * \%DF^{0,20} + 0,333 * \%D^{0,20} + 0,333 * \%PC^{0,20})^{1/0,20} = (0,333 * 95,71^{0,20} + 0,333 * 95,23^{0,20} + 0,333 * 40^{0,20})^{1/0,20} = 69,06\%$$

Alcanzando un nivel Poco Satisfactorio.

Nivel de Calidad del Producto (N_CalidadProducto)






$$N_CalidadProducto = (0,25 * N_AFuncional^{-2,18} + 0,25 * N_Eficiencia^{-2,18} + 0,25 * N_Usabilidad^{-2,18} + 0,25 * N_Fiabilidad^{-2,18})^{1/2,18} = (0,25 * 92,85^{-2,18} + 0,25 * 53,27^{-2,18} + 0,25 * 26,64^{-2,18} + 0,25 * 69,06^{-2,18})^{1/2,18} = 42,96\%$$

Con un nivel No Satisfactorio.

La tabla 2 muestra los resultados de los indicadores derivados resumidos. El color verde acompaña el resultado Satisfactorio, el amarillo identifica los resultados Poco Satisfactorios y el rojo, el resultado No Satisfactorio.

Con los datos obtenidos en esta fase, resumidos en la Tabla 1, se está en condiciones de hacer un estudio de los mismos en la fase siguiente.

Tabla 1. Resultados de los Indicadores Derivados

	ID (%)	CRITERIO	
1. Calidad del Producto	42,96	No Satisfactorio	
1.1. Adecuación Funcional	92,85	Satisfactorio	
1.2. Eficiencia de Desempeño	53,27	Poco Satisfactorio	
1.3. Usabilidad	26,64	No Satisfactorio	
1.4. Fiabilidad	69,06	Poco Satisfactorio	

3.4. Fase 4: Análisis y Documentación de los Resultados Obtenidos:

En esta actividad se realizan tareas orientadas al análisis de los datos e información provista por las métricas e indicadores y la justificación de los resultados obtenidos. Se vuelcan los datos numéricos e información generada a partir de las medidas y los valores de indicadores en un Informe mediante tablas, gráficos y otros documentos que permiten visualizar apropiadamente los resultados conseguidos para facilitar la tarea de toma de decisiones.

El método propuesto, vuelca los datos obtenidos y calculados para Ecobike, en diferentes tablas, gráficos e

informes de conclusión y recomendación para hacer frente a los problemas detectados.

A modo de ejemplo, en la Figura 7 se muestra el formulario que se propone en el método para registrar los resultados de la evaluación y las recomendaciones sugeridas.

Considerando los resultados obtenidos de la aplicación del método, se concluye que el cálculo del puntaje del

indicador de Calidad del Software resultó estar por debajo de un valor satisfactorio, arrojando un 42,96%. Haciendo un análisis a nivel de características, solamente la Adecuación Funcional alcanzó un nivel satisfactorio, llegando a 92,85%. La Eficiencia de Desempeño y la Fiabilidad alcanzan un valor poco satisfactorio, mientras que la Usabilidad no llega a ser satisfactoria para la aplicación, con un escaso 26,64%.

Formulario de evaluación: Medición y Evaluación de la Calidad de Producto					
N° de Referencia: 1			Fecha y Hora: 15-05-2018		
EVALUADORE/S		Áreas o Dpto o Comisión		Externo/ Interno	
Eval 1	UNSL	UNSL		Externo	
Eval 2	Cavallera Giselle	UNSL		Externo	
Software: Ecobike sistema de gestión de la movilidad					
Ciudad	País	Fecha	Modelo Calidad	Evaluación Anterior	
				Fecha	N° de Referencia
Madrid	España	15/05/2018	MC-1	-	-
		-	-	-	-
		-	-	-	-
Funciones de Criterio Aplicadas					
Definida (D) / Repositorio (R)	Criterio Elemental / Concepto Calculable	ID. Repositorio	ID. Función de Criterio		
D	Calidad del Producto	RFC-1	C++		
D	Adecuación Funcional	RFC-1	C-		
D	Eficiencia de Desempeño	RFC-1	C-		
D	Usabilidad	RFC-1	C-		
D	Fiabilidad	RFC-1	C-		
Análisis de los Resultados					
Considerando los resultados obtenidos, se observa que el cálculo del puntaje del indicador de Calidad del Producto resultó estar por debajo de un valor satisfactorio, arrojando un 42,96%. Además, analizando el puntaje a nivel de características, esto es: Adecuación Funcional (92,85), Eficiencia de Desempeño (53,27), Usabilidad (26,64) y Fiabilidad (69,06), la aplicación, si bien muestra una adecuación funcional satisfactoria, a nivel de desempeño y fiabilidad, se encuentra por debajo del de satisfacción aceptable, por lo que se debe prestar atención a estas características. Respecto de la usabilidad, se encuentra en un nivel No satisfactorio, por lo que se deberá realizar un importante trabajo para mejorar esta característica.					

Figura 7. Ejemplo de Informe de los resultados y recomendaciones sugeridas

Debido a que la Eficiencia de desempeño representa el desempeño relativo a la cantidad de recursos utilizados bajo determinadas condiciones, y que la Fiabilidad es la capacidad para desempeñar las funciones especificadas, se puede concluir que, deberían mejorarse los tiempos de respuesta y procesamiento de la aplicación y la cantidad de recursos utilizados por ella, así como también, revisar los causantes de las fallas para evitarlas, lo cual impactaría directamente en el funcionamiento global. Se debe optar por mejorar la tecnología de desarrollo, o aumentar y mejorar los recursos del servidor. Ya que la Usabilidad describe el grado con el que un producto puede ser usado por determinados usuarios para alcanzar objetivos específicos con efectividad, y siendo que ésta no ha alcanzado un nivel satisfactorio, se puede concluir que, deberían mejorarse los mecanismos de aprendizaje del funcionamiento de la aplicación y la distribución de

elementos de la interfaz, lo cual impacta directamente en la experiencia del usuario.

3.5. Herramienta Software

Una vez definido el método, y para poder validarlo empíricamente, se procedió a realizar la implementación del mismo a través de una herramienta. Realizada la especificación de las métricas y definición de los criterios de decisión, se inició el proceso de creación de la herramienta que permite implementar la medición de forma más eficiente y eficaz.

Los requerimientos de la misma, se definen a continuación:

- Medir la Calidad de Producto de una aplicación de movilidad para Smart City a partir del Modelo de Calidad.
- Calcular las métricas de cada atributo.

- Permitir detallar el peso de cada atributo.
- Calcular los indicadores elementales.
- Calcular los indicadores derivados.

- Interpretar los datos y generar reportes.

En base al análisis de estos requerimientos, se construyó el diagrama de clases para su implementación posterior (Figura 8).

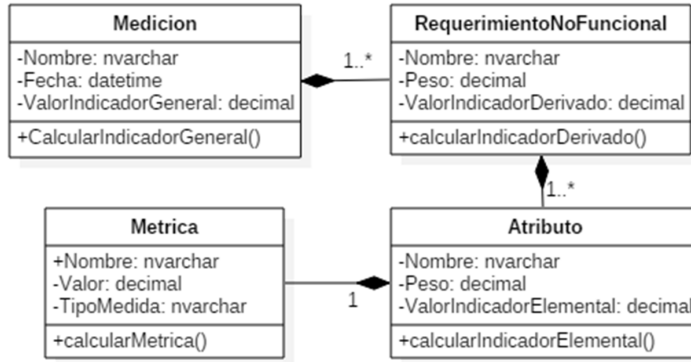


Figura 8. Diagrama de clases de la herramienta

Con base en las actividades Diseñar la Medición y Diseñar la Evaluación, se definen los elementos de interfaz para cada métrica e indicador. Continuando con el ejemplo de la métrica *Integridad de implementación funcional*, la Figura 9 muestra parte de la interfaz de la herramienta para poder implementar esta métrica.

Al ingresarse los datos de A y B, y haciendo clic en el botón ‘Calcular’, obtenemos el valor de la métrica y el indicador elemental correspondiente. Al finalizar con el cálculo de todas las métricas e indicadores elementales, se calculan los indicadores derivados, el indicador de Calidad

del Producto y también se genera el reporte de análisis con los resultados obtenidos.

La aplicación Ecobike tiene definidos servicios REST (servicios que cumplen con la arquitectura Representational State Transfer) que pueden ser consultados por terceros. Mediante herramientas que permiten conectarse a estos servicios se obtienen los datos necesarios para hacer la medición de algunas de las métricas (por ejemplo: Tiempo de respuesta, para medir el Comportamiento Temporal), sin necesidad de tomarse el tiempo para realizar la observación y registro manual de los mismos.

Figura 9. Componentes gráficos para la métrica Integridad de implementación funcional

La figura 10 muestra una pantalla general de la interfaz de usuario en desarrollo.

Cada atributo del Modelo de Calidad queda determinado por una pestaña que contiene los elementos de interfaz para cargar los datos que requieren las métricas.

El cálculo de las mismas, de Indicadores Elementales y Derivados es automático.

Las Figuras 11 muestra el reporte de Indicadores Derivados. Es un de las pantallas para visualizar apropiadamente los resultados conseguidos.

MOVILIDAD Y GESTIÓN DEL TRÁFICO

automatización y aplicación de un Modelo de Calidad para flotas dinámicas en una Smart City

Peso de cada REQUERIMIENTO NO FUNCIONAL:

ADECUACIÓN: • EFICIENCIA: • USABILIDAD: • FUNCIONALIDAD: = 1

1. Adecuación Funcional 2. Eficiencia de Desempeño 3. Usabilidad 4. Fiabilidad

1.1. COMPLETITUD FUNCIONAL

Peso:

Métrica: Integridad de implementación funcional: $IIF = 1 - A / B$

A: Número de funciones faltantes detectadas:

B: Número de funciones descritas en la especificación de requerimientos:

 MÉTRICA: I.E.:

1.2. CORRECCIÓN FUNCIONAL

1.2.1. Exactitud esperada:

Peso:

Cantidad de pruebas:

Figura 10. Pantalla de la herramienta

MOVILIDAD Y GESTIÓN DEL TRÁFICO

automatización y aplicación de un Modelo de Calidad para flotas dinámicas en una Smart City

Peso de cada REQUERIMIENTO NO FUNCIONAL:

ADECUACIÓN: • EFICIENCIA: • USABILIDAD: • FUNCIONALIDAD: = 1

Concepto calculable	I.E. (%)	
1. CALIDAD DEL SOFTWARE		
1.1. ADECUACIÓN FUNCIONAL		
1.1.1. Completitud funcional	92.85	✓
1.1.2. Corrección funcional	73.33	✓
1.2. EFICIENCIA DE DESEMPEÑO		
1.2.1. Comportamiento temporal	65.12	!
1.2.2. Utilización de Recursos	38.43	✗
1.3. USABILIDAD		
1.3.1. Inteligibilidad	90.22	✓
1.3.2. Aprendizaje	83.06	✓

Figura 11. Resultados de Indicadores Derivados

4. Conclusiones

En el presente artículo se detalló un método de medición de calidad que se basa en un Modelo de Calidad mixto definido para la gestión de la movilidad en una Smart City. El mismo se aplicó para evaluar la Calidad de Producto del sistema web Ecobike, y se presentó la herramienta creada para la implementación de dicho método.

La medición permite ganar comprensión acerca de un proceso y proyecto. Puede aplicarse al proceso de software con la intención de mejorarlo de manera continua, puede usarse a través de un proyecto de software para auxiliar en estimación, control de calidad, valoración de

productividad y control de proyecto. Finalmente, la medición puede ser usada por los ingenieros del software para ayudar en la valoración de la calidad de los productos de trabajo y auxiliar en la toma de decisiones tácticas conforme avanza un proyecto [23]. Es así que, en cuanto a la satisfacción de Ecobike, la medición sirvió para valorar la calidad del producto y brindar sugerencias y recomendaciones para los desarrolladores, observándose que el indicador de Calidad del Producto resultó estar por debajo de un valor satisfactorio. Además, analizando el puntaje a nivel de características, la aplicación, si bien muestra una adecuación funcional satisfactoria, a nivel de desempeño y fiabilidad, se encuentra por debajo del de satisfacción aceptable, por lo que se debe prestar atención

a estas características. Respecto de la usabilidad, se encuentra en un nivel No satisfactorio, por lo que se deberá realizar un importante trabajo para mejorar esta característica.

La aplicación del método propuesto en este trabajo a otros softwares de movilidad, mediante una herramienta automatizada, permite alinearnos con la meta dominante de la ingeniería del software: producir un sistema, aplicación o producto de alta calidad dentro de un marco temporal que satisfaga una necesidad de mercado. Para lograr esta meta, deben aplicarse métodos efectivos acoplados con herramientas modernas dentro del contexto de un proceso de software maduro [23].

Como contribución, se puede mencionar que el método desarrollado permite aportar a la optimización de la gestión del tráfico de una ciudad inteligente, debido a que posibilita la medición y evaluación de cualquier aplicación de movilidad, de forma tal que el uso de productos software de este tipo no represente una amenaza en la implementación de soluciones, sino que éstos puedan garantizar que son el elemento principal a través del cual las urbes logran continuar hacia un desarrollo sustentable.

Referencias

- [1] O. Mont, "Institutionalisation of sustainable consumption patterns based on shared use.," *Ecological economics, The International Institute for Industrial Environmental Economics at Lund University.*, pp. 135- 153, 2004.
- [2] A. Fernandez and H. Billhardt, " Dynamic Co-ordination of Open Fleets in Urban Environments. SURF: Intelligent System for integrated and sustainable management of URban Fleets. Centre for Intelligent Information Technologies (CETINIA):
 - Ecobike Solutions: Gómez Pérez, Manuel y López González, Julio. Gestión de sistemas de alquiler de bicicletas.
 - Bikesmanager: López Cerezo, Alejandro. Sistema cliente/servidor para la gestión de parques de bicicletas.," 2016.
- [3] G. J. Covella, "Medición y Evaluación de Calidad en Uso de Aplicaciones Web," <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/4082>, 2005.
- [4] G. Graham and L. Zhang, "Smart cities and digital technologies: the case of bike-sharing systems," <http://eprints.whiterose.ac.uk/84589/1/smart%20cities%20and%20bike-sharing%202015-1.pdf> 2015.
- [5] J. M. Cruzado, "Evolución inteligente de la movilidad urbana," <http://exeforum.biz/jornadas/smartmobility/kapsch.pdf>, 2017.
- [6] A. Kabra, E. Belavina, and K. Girotra, "Bike-Share Systems: Accessibility and Availability," *Chicago Booth Research Paper No. 15-04.*, 2015.
- [7] www.ofo.com/us/en.
- [8] I. Sommerville, *Ingeniería de Software Séptima edición*: Pearson Addison Wesley, 2005.
- [9] "ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models. ."
- [10] P. Drucker, "Management, W. H.," *Heinemann*, 1975.
- [11] M. Gómez Pérez and J. López González, "Ecobike Solutions: Gestión de sistemas de alquiler de bicicletas," 2016.
- [12] "www.embers.city/new-ways-move-car-bike-sharing/."
- [13] J. J. Dujmovic, "A Method for Evaluation and Selection of Complex Hardware and Software Systems," *The 22nd International Conference for the Resource Management and Performance Evaluation of Enterprise Computing Systems. CMG96 Proceedings*, vol. 1, pp. 368-378, 1996.
- [14] N. Debnath, C. Salgado, M. Peralta, D. Riesco, M. Berón, and G. Montejano, "A Strategy Based on Lsp for the Evaluation of Specific Languages for Business Process Modeling," in *20th SEDE 2011*, Las Vegas - USA, 2011.
- [15] C. Salgado, M. Peralta, M. Berón, D. Riesco, and G. Montejano, "SLMPN: un Modelo para la Evaluación y Comparación de Lenguajes de Modelado de Procesos de Negocio" *ASSE 2010 - 39 JAIHO 2010*.
- [16] C. Salgado, "Tesis de Especialización en Ingeniería de Software: El Modelado de Procesos de Negocio: Aplicando LSP para la Evaluación de Lenguajes de Modelado de Procesos de Negocio". UNSL, 2010.
- [17] A. Dasso, A. Funes, M. Peralta, and C. Salgado, "Una Herramienta para la Evaluación de Sistemas," in *Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, WICC 2001, U.N.S.L.* 2001.
- [18] A. Dasso, A. Funes, M. Peralta, and C. Salgado, "UML Tool Evaluation Requirements," *ASIS 2005 - JAIHO 2005". Rosario (Santa Fé, Argentina)*. 2005.
- [19] N. E. Fenton and S. L. Pfleeger, "Software metrics. A rigorous and practical approach," *PWS Pub.*, 19973
- [20] D. Franke, S. Kowalewski, and C. Weise, "A Mobile Software Quality Model," *12th International Conference on Quality Software.*, 2012.
- [21] G. Covella, A. Dieser, and L. Olsina, "Una Estrategia de Medición y Evaluación como Soporte para la Gestión de Tecnologías de Información en el Estado," 2013.
- [22] L. Olsina and M. Martin, "Ontology for Software Metrics and Idicators" *Journal of Web Engineering*, RintonPress, US, 2004
- [23] R. S. Pressman., *Ingeniería del Software: un enfoque práctico. Séptima Edición*, 2006.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Revisión Bibliográfica de la Literatura de Ingeniería de Requerimientos para Cloud Computing

Ana Sofía Zalazar¹, Luciana Ballejos² y Sebastian Rodriguez¹
Grupo de Investigación de Tecnologías Informáticas Avanzadas (GITIA)
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán
{ana.zalazar,sebastian.rodriguez}@gitia.org
Centro de Investigación y Desarrollo en Sistemas de Información (CIDISI)
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe
lballejo@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Cloud computing es un paradigma empresarial, donde los proveedores ofrecen recursos informáticos en forma de servicios (aplicaciones, almacenamiento, redes, procesamiento, etc.) y los consumidores contratan estos servicios pagando lo que utilizan. Los requisitos de un servicio pueden cambiar rápidamente con el tiempo, por lo que los consumidores deben contar con métodos para obtener, analizar, especificar, validar y administrar los requisitos dinámicos de una manera metódica y repetible. Existe evidencia de que la mayoría de los consumidores prefieren aplicar a este paradigma las metodologías tradicionales para la gestión de los requisitos. Por lo tanto, este trabajo de investigación tiene como objetivo proporcionar una revisión sistemática de la literatura referida a ingeniería de requerimientos para el contexto de cloud computing. Durante esta revisión, se encontraron algunas propuestas que consideran un número limitado de requisitos (seguridad, privacidad, rendimiento, etc.) y se pudo identificar algunos desafíos en este paradigma. En general, los consumidores de servicios no cuentan con guías y estándares validados para gestionar los múltiples aspectos que se deben considerar en los acuerdos y contratos de cloud computing antes de adquirir los servicios.

1. Introducción

Cloud computing o computación en la nube es una forma de negocio a través de Internet, donde un proveedor ofrece un catálogo de recursos informáticos, también llamados servicios, que administra o controla dentro de su infraestructura tecnológica. Estos recursos pueden ser adquiridos por los consumidores de servicio, acordando previamente un acuerdo de nivel de servicio

(SLA, *Service Level Agreement*) y aceptando pagar la cantidad o tiempo de servicio que utilizan [63].

Cloud Computing se caracteriza por el rápido aprovisionamiento de recursos informáticos para ajustarse a la demanda de servicios por parte de los consumidores. Bajo este paradigma, se considera que los requisitos de los consumidores pueden cambiar dinámicamente y, de esta forma, adaptarse a los nuevos escenarios.

Aunque el éxito de cualquier solución depende principalmente de la identificación de requisitos en la primera etapa del proyecto [62], no existen fundamentos y metodologías reconocidas académicamente para gestionar los requerimientos en cloud computing [49] [66]. Además, no se encontró ninguna evidencia empírica sobre cómo obtener y gestionar los requisitos en un proyecto de implementación de servicios cloud [58].

En este trabajo se presenta una revisión sistemática de la bibliografía sobre ingeniería de requerimientos y cloud computing. Para esto, se utilizó la guía de Kitchenham y Charters [31], que es un método para llevar a cabo revisiones sistemáticas de publicaciones en el área de ingeniería en sistemas.

Durante este análisis, se encontraron varios enfoques sobre algunas características de los servicios (por ejemplo: seguridad, privacidad, rendimiento), pero no se encontraron guías o procedimientos para manejar los múltiples aspectos de los servicios en los ambientes de cloud computing [48] [24] [64].

El objetivo principal de este trabajo es comprender y analizar cuidadosamente el dominio de cloud computing, considerando las investigaciones publicadas en el campo de ingeniería en requerimientos. Por lo tanto, en la Sección 2 se presenta la definición y las características de cloud computing. En la Sección 3, se introducen las principales nociones de ingeniería de requerimientos. En la Sección 4 se explica la conducción del análisis

bibliográfico de la literatura, los criterios de inclusión y los criterios de exclusión de los trabajos de investigación. En la Sección 5 se realiza un análisis de los resultados obtenidos y en la Sección 6 se presenta una evaluación calificativa de los trabajos seleccionados para este estudio. Finalmente, en la Sección 7 se presentan las conclusiones finales de esta revisión bibliográfica.

2. Cloud Computing

El *National Institute of Standard and Technology* (NIST) propone la siguiente definición que abarca los aspectos más importante de cloud computing [5], y es una de las más citadas: “*Cloud Computing es un modelo que permite acceso a redes bajo demanda, para compartir un conjunto de recursos de computación configurable (es decir, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden ser rápidamente provistos o liberados con un mínimo esfuerzo de administración o interacción con los proveedores de servicios*”.

Bajo esta definición se puntualizan cinco características principales [39]: (a) *Autoservicio a demanda*: el consumidor del servicio accede automáticamente a los recursos de computación según sus necesidades; (b) *Amplio acceso a redes*: los recursos están disponibles en la red y el acceso a los recursos se realiza por medio de diferentes plataformas clientes; (c) *Puesta en común de recursos*: los recursos de un proveedor son compartidos entre múltiples clientes, utilizando mecanismos de virtualización y múltiple tenacidad; (d) *Rápida elasticidad*: los recursos son adicionados y liberados según la demanda de los consumidores; y (e) *Medición de servicios*: los sistemas de cloud computing controlan y miden automáticamente la utilización de los servicios, de forma transparente a los actores.

El NIST propone tres modelos de servicios [39]: (a) *Software como un Servicio (SaaS)*: este modelo consiste en servicios web y aplicaciones de software, que el consumidor puede acceder a través de una cuenta de acceso, utilizando una interfaz de autenticación (un página web accedida desde un navegador, un aplicación cliente, un app en plataforma móviles, etc.) y la seguridad de datos consiste básicamente en la encriptación de datos, privacidad de datos personales, y diferentes políticas de autenticación; (b) *Plataforma como un Servicio (PaaS)*: este modelo consiste en servicios de soporte para el desarrollo de aplicaciones, y se puede considerar el servicio como un contenedor de ambientes virtuales con bibliotecas y herramientas de programación, donde la seguridad se centra principalmente en el control de interacciones con los diferentes entornos, la confidencialidad de la información, y la abstracción del hardware, que es

mantenido por el proveedor y puede ser compartido con otros clientes al mismo tiempo; y (c) *Infraestructura como un Servicio (IaaS)*: este modelo consiste en máquinas virtuales, repositorios de datos, y componentes de red, que el proveedor ofrece al consumidor a través de técnicas de acceso remoto y virtualización, controlando la integridad de la información, la seguridad física y el mantenimiento técnico de la infraestructura subyacente.

Además, el NIST describe los siguientes roles para diferenciar los distintos participantes en la adopción de un servicio [39]: (a) *Consumidor*: entidad que utiliza el servicio; (b) *Proveedor*: entidad responsable de la disponibilidad del servicio; (c) *Transportador*: intermediario que ofrece conectividad y exportación de datos para utilizar los servicios provistos; (d) *Broker*: intermediario que se involucra en las relaciones contractuales y de negocio; y (e) *Auditor*: agente externo que se encarga de informar el estado de los servicios.

Finalmente, el NIST clasifica cuatro modelos de despliegues que también es importante conocer para garantizar la privacidad y seguridad de datos en los servicios de cloud computing [39]: (a) *Cloud Privada*: los recursos del cloud son de uso exclusivo de un consumidor o una organización; (b) *Cloud Comunitaria*: los servidores y los centros de datos son compartidos por una comunidad de consumidores o de organizaciones que poseen políticas similares y características comunes que las llevan a formar determinada comunidad; (c) *Cloud Pública*: los servidores físicos de un proveedor son compartidos por varios consumidores independientes, que han adquiridos diferentes tipos de servicios; y (d) *Cloud Híbrida*: este modelo es una combinación de los tres modelos de despliegues, explicados anteriormente.

3. Nociones Preliminares

Ingeniería de requerimientos es el campo de la Ingeniería de Software dedicado a identificar, analizar, especificar y validar los requerimientos de un sistema [2]. Los requerimientos de sistemas representan las necesidades y las restricciones que deben ser consideradas en la solución de un problema real. La ingeniería de requerimientos está relacionada al diseño, prueba, mantenimiento, gestión de configuración, aseguramiento de la calidad y otros procesos de ingeniería de software.

Flores y colaboradores [19] indican que los procesos de ingeniería de requerimiento involucran las siguientes actividades: (a) *Especificación*: los requerimientos son identificados; (b) *Análisis*: Los requerimientos son estudiados en detalle y los conflictos entre ellos son examinados; (c) *Validación*: La consistencia y la completitud son evaluados; y (d) *Gestión*: Soporta todas las actividades y soluciones durante los procesos de ingeniería de requerimientos. Del mismo modo, Pohl

[45], como referente en el área, considera *la obtención, análisis, especificación, validación/verificación, y gestión de requerimientos*, como los procesos de ingeniería de requerimientos. Además, pone énfasis en la especificación de los requerimientos que es un proceso incremental e iterativo, donde cada interacción puede indicar nuevas necesidades y más detalles de la implementación [45].

Wiegiers y Beatty [62], de modo similar, proponen una clasificación para los artefactos de ingeniería de requerimientos, que consiste en: requerimientos de negocios, escenarios y casos de uso, reglas de negocio, requerimientos funcionales, atributos de calidad, requerimientos de interfaces externas, restricciones, definición de datos, y requerimientos orientados a la solución de software. Mientras que Pohl define metas (*goals*), escenarios, y requerimientos orientados a la solución, como artefactos de ingeniería de requerimientos [45]. Las metas son consideradas como un conjunto de comportamientos o circunstancias que deben cumplirse o aceptarse por el sistema en condiciones predefinidas [59].

Con respecto a cloud computing, la mayoría de los enfoques de ingeniería de requerimientos se basan en artefactos orientados a objetos y herramientas orientadas a servicios. Las organizaciones prefieren ajustar a este paradigma las metodologías conocidas, las herramientas, y los lenguajes existentes [66][58]. El desafío actual es la falta de estándares que soporten los diferentes aspectos de cloud computing [11] y el ciclo de vida de los servicios, que es diferente a las soluciones de sistemas tradicionales.

Schrödl y Wind [51] proponen un marco de trabajo para validar procesos de ingeniería de requerimientos tradicionales y concluyen que ninguno de los modelos existentes (*V-Model*, *Volere*, entre otros) son apropiados para cubrir las necesidades de cloud computing. Repschlaeger y colaboradores [49] presentan un marco de trabajo para la adopción de soluciones en cloud computing a través de un análisis de indicadores de servicios, dejando de lado el análisis de conflictos entre estos parámetros. Hanna y colaboradores [26] proveen una lista de requerimientos de usuario que se espera que los servicios cumplan. Aunque algunos autores proponen métodos y estrategias para el manejo de los requerimientos, no hay evidencia empírica sobre el uso de estas propuestas por parte de organizaciones consumidoras y proveedoras de servicios [4][58].

Sin dudas, este paradigma sigue creciendo en popularidad y aumentan las ofertas/demandas de servicios. Cada vez más, las organizaciones desarrollan proyectos para adoptar servicios y migrar sus sistemas a los entornos de cloud computing. A pesar de que los proyectos de esta naturaleza son una de las soluciones tecnológicas más utilizadas [32][58], hay poca información sobre los métodos para llevarlos a cabo. La

falta de propuestas y modelos promueve la existencia de factores de riesgo impredecibles, relacionados con requerimientos incorrectos y decisiones injustificadas durante la contratación de servicios [66].

En definitiva, cloud computing es muy complejo de administrar por el dinamismo impuesto en su contexto, la complejidad de los recursos elásticos (prender/apagar, agregar/disminuir, escalar, liberar, etc.), los requerimientos estocásticos dependientes de los cambios del negocio (tiempos picos y tiempos ociosos), los consumidores heterogéneos de diferentes zonas y jurisdicciones, los sistemas distribuidos conectados con un balanceador de carga y la gestión de recursos de modo remoto [48][52].

Durante este trabajo de investigación, se consultaron varios estudios analíticos y revisiones sobre cloud computing, porque compilan evidencias y sintetizan en alto nivel de abstracción las contribuciones realizadas en el pasado. Además, no se encontró ninguna revisión sobre ingeniería de requerimientos para este dominio. Los estudios consultados muestran interés en atributos específicos de los servicios, como es la seguridad de servicio [8] [38] [14], protección de datos [44], evaluación de riesgos [35], los aspectos tecnológicos [54], modelos de cuentas [15], calidad de servicios [1], y composición de servicios [29].

Sin embargo, ningún estudio describe procesos y actividades de ingeniería de requerimientos y, además, ciertas cuestiones no son tenidas en cuenta en las contribuciones en esta área, como los aspectos legales, técnicos, administrativos, entre otros [17].

4. Revisión Sistemática de la Literatura

Existen muchas razones para llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura. Las razones más comunes son resumir la evidencia existente relacionada con un dominio, la identificación de la brecha actual en investigación, y el análisis de antecedentes para posicionar adecuadamente nuevas actividades de investigación [31].

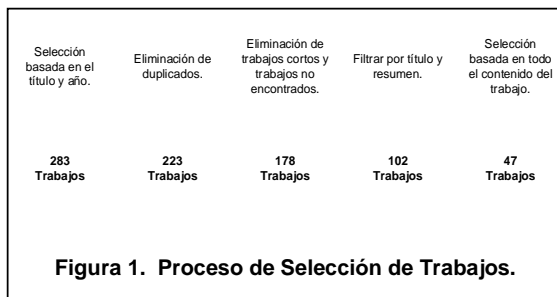
Este artículo tiene por objetivo proveer un estudio comprensivo y sistemático de cloud computing, introduciendo los mayores desafíos en el área de ingeniería de requerimientos. Contar con una revisión de los métodos y técnicas para manejar los requerimientos de servicios, permite a los proveedores y los consumidores implementar diferentes enfoques para evaluar los servicios.

Para comenzar, cuatro bibliotecas digitales fueron elegidas considerando la popularidad y la relevancia de sus publicaciones: *IEEE Xplore Digital Library*¹, *ACM*

¹ <http://ieeexplore.ieee.org>

*Digital Library*², *Elsevier Science Direct*³ y *Springer Link*⁴. Estas bibliotecas ofrecen trabajos importantes en las áreas de ingeniería de requerimientos y cloud computing.

Existen algunas salvedades en el alcance de este estudio y la estrategia de búsqueda. Primero, el motor de búsqueda Google Académico (*Google Scholar*) no fue utilizado, porque durante la simulación de búsquedas devolvió una gran cantidad de trabajos duplicados. Segundo, *ACM Digital Library* ofrece resultados similares a los listados por los motores de búsqueda de *IEEE* y *Springer*, pero se lo incluyó en el análisis porque también devuelve resultados únicos y relevantes. Tercero, no se encontró evidencia de trabajos sobre cloud computing antes del año 2009, por lo que se limitó la investigación al período comprendido entre el año 2009 y el año 2017. Finalmente, la cadena de consulta fue lo más simple posible ("*Cloud Requirement*") y fue calibrada para cada uno de los motores de las bibliotecas digitales seleccionadas. La extracción de datos y el proceso de selección fueron realizados siguiendo los pasos de la Figura 1.



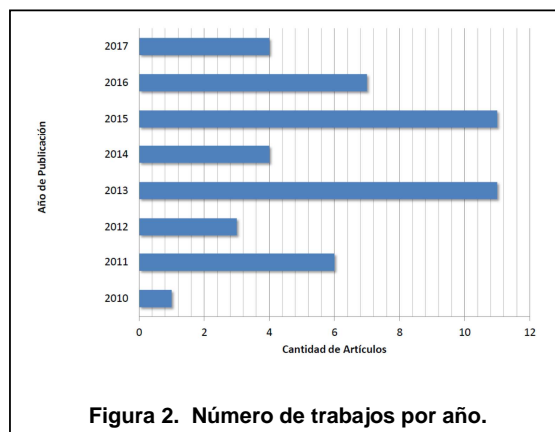
Las opciones de búsquedas avanzadas de las bibliotecas digitales permitieron mejorar la inclusión de artículos relacionados con el estudio bibliográfico. A pesar de que los primeros trabajos fueron elegidos por el título y el resumen, éstos no precisamente tratan de ingeniería de requerimientos para cloud computing, y es por ello que no presentan ningún modelo, proceso o lenguaje para esta área de conocimiento. Los criterios de inclusión y de exclusión se detallan en la Tabla 1.

En cada paso del proceso de selección de trabajos se inspeccionaron manualmente las publicaciones. Primero, se seleccionaron aquellas publicaciones con título relacionado al alcance de esta revisión bibliográfica, y esto dio como resultado 283 trabajos publicados entre 2009 y 2017. Luego, se analizaron los trabajos seleccionados considerando criterios generales en el formato y la contribución de cada publicación. Y

finalmente, se analizó cada trabajo considerando los criterios de inclusión y exclusión. Algunos trabajos se encuentran enlazados a otros, por lo que también fueron analizados en esta revisión. En definitiva, todo este proceso dio como resultado la selección de 47 trabajos publicados en bibliotecas digitales de gran alcance, que fueron analizados con mayor detalle para contestar las preguntas propuestas en el estudio bibliográfico. De la lista de artículos seleccionados, la tendencia de las publicaciones por año fue evaluada y se muestra en la Figura 2.

Tabla 1. Criterios de Selección de los Trabajos.

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
El trabajo fue publicado en las bibliotecas digitales entre 2009 y 2017	El trabajo no cumple con los criterios de inclusión.
El texto completo del trabajo está disponible y ésta en inglés.	El trabajo tiene menos de 6 páginas (<i>short paper</i>).
El trabajo fue publicado como artículo de revista o de conferencia.	El trabajo fue publicado como libro, capítulo, nota de la editorial, tutorial, póster o nota de panelista.
El trabajo está enfocado en ingeniería de requerimientos para servicios de cloud computing.	El trabajo es un reporte duplicado de una investigación (mismos autores, título similar e idénticos resultados).
El trabajo contiene información relevante para contestar las preguntas propuestas de esta revisión.	El trabajo es una versión previa de una investigación publicada sobre el mismo tema.
El trabajo está relacionado a los procesos de ingeniería de requerimientos e involucra actividades de esta área.	El trabajo es un resumen de una investigación o un plan de acción, por lo que se considera incompleto.
El trabajo incluye soluciones, experiencias o propuestas.	El trabajo realiza una revisión de otros trabajos (resultado de encuestas, revisión de bibliografía, estudio analítico, etc.).
El trabajo provee una cantidad razonable de información, características técnicas y detalles sobre su contribución.	El trabajo no sugiere explícitamente ningún método, técnica, herramienta, o artefacto para manejar los requisitos en cloud computing.



² <http://dl.acm.org/>

³ <http://www.sciencedirect.com/>

⁴ <http://link.springer.com/>

Evidentemente, el interés por el tema de ingeniería de requerimientos para cloud computing cambia a lo largo del tiempo, y más de la mitad de los estudios seleccionados tratan sobre los aspectos legales y de seguridad de cloud computing [20] [53]. La mayoría de los artículos fueron publicados en 2013 y 2015, pero solamente dos artículos fueron escritos por los mismos autores y publicados en la misma revista. Por ello, se concluye que los procesos de cloud computing son considerados eventualmente por investigadores en diferentes revistas y reuniones científicas en el área de ingeniería de requerimientos.

5. Análisis de los Resultados

Para la conducción de esta revisión literaria, ocho preguntas fueron formuladas con respecto a ingeniería de requerimientos y cloud computing. Estas preguntas funcionaron de guías para descubrir los desafíos y las oportunidades en esta área de investigación. Las preguntas y los resultados son evaluadas gráficamente a continuación.

5.1. ¿Cuáles son las propuestas principales de ingeniería de requerimientos para cloud computing? (RQ1)

Durante el análisis de la bibliografía se utilizaron las siguientes palabras y frases para detectar la propuesta de los autores: contribución (*contribution*), enfoque (*approach*), método de referencia (*reference method*), técnica (*technic*), metodología (*methodology*), marco de trabajo (*framework*), proceso (*process*), herramienta (*tool*) y lenguaje (*language*). Además, se debe considerar la diferencia entre método, metodología y técnica para poder clasificar correctamente algunas propuestas. Ander [3] clasifica como método a una serie de operaciones, reglas y procedimientos, ordenados y sistemáticos, fijados de antemano de manera voluntaria y reflexiva, para alcanzar un determinado fin. Una metodología es un conjunto de procedimientos con bases teóricas que conducen a una selección de métodos o técnicas concretas para alcanzar un resultado con una calidad aceptable. Una técnica es un conjunto de reglas y procedimientos que tiene como objetivo un resultado determinado.

Las propuestas principales son marcos de trabajo y metodologías, que motivan las actividades de investigación en el campo de cloud computing. Algunas publicaciones proponen marcos de trabajo para evaluar y manejar los requisitos de los servicios [16] [43]. En cambio, otros trabajos se concentran en enlazar la demanda de servicios del consumidor, cuyos requerimientos y necesidades procuran satisfacer en los servicios con las ofertas de los proveedores [40] [57].

También se encontraron modelos y ontologías para definir y clasificar las entidades, los atributos y las relaciones que participan durante los proyectos de adquisición de servicios [36] [21] [68] [24]. En la Figura 3 se muestra un gráfico que resume la respuesta a esta pregunta.

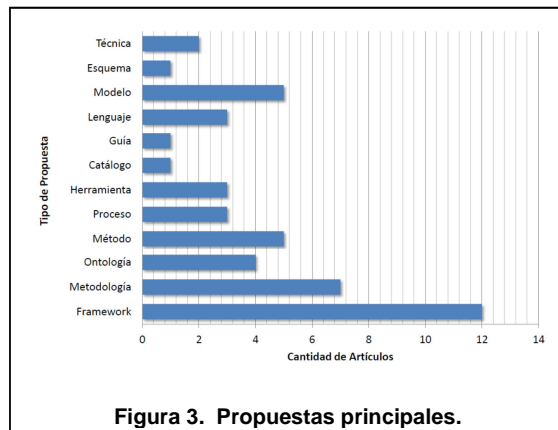


Figura 3. Propuestas principales.

5.2. ¿Cuáles son las actividades y fases de ingeniería de requerimientos donde se aplican estas propuestas? (RQ2)

Para esta pregunta se consideraron las actividades que presenta Pohl [45]: obtención, análisis, especificación, validación/verificación, y gestión de requerimientos. Cuando el artículo abarca todas estas actividades se consideró la propuesta como “General”, y solamente tres trabajos pertenecen a este tipo [47] [56] [61].

La mayoría de los artículos analizados se enfocan en las primeras actividades de ingeniería de requerimientos. La obtención de requerimientos (en inglés, *Eliciting*) es una de las actividades más representadas y, generalmente, se presenta en forma manual y en documentos en lenguaje natural [46]. Además, algunos autores unifican la obtención y análisis de requisitos en una sola fase [66].

Por otro lado, no se detectaron aportes significativos para la validación de requerimientos, y esto tiene sentido porque es una actividad difícil de llevar a cabo, especialmente cuando los actores tienen un control reducido sobre los recursos. Para validar los requerimientos, se deben llevar a cabo pruebas y controles que verifiquen el cumplimiento de los niveles de calidad del servicio, los contratos y los acuerdos. En la Figura 4 se presentan gráficamente estos resultados.

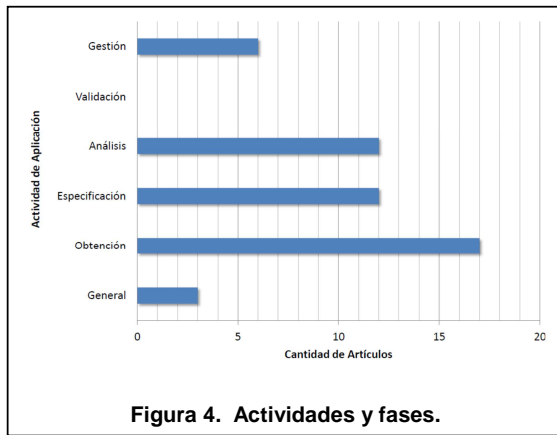


Figura 4. Actividades y fases.

5.3. ¿Cuáles son los actores o roles considerados en estas propuestas? (RQ3)

Para esta pregunta se tuvieron en cuenta los actores definidos por el NIST [37]: proveedor, consumidor, broker, auditor y portador. También se incorporó el rol “Desarrollador”, debido a que varios estudios lo anuncian explícitamente en sus propuestas. Sin embargo, no señalan otros roles como gerente, analista o consultor. El rol de usuario está incluido en el rol “Consumidor”, debido a que el consumidor generalmente es el mismo actor que hace uso de los servicios. Durante el análisis de los trabajos, la opción “General” fue considerada cuando la contribución no señala ningún actor como participante de la propuesta.

De los resultados presentados en la Figura 5 se puede concluir que la mayoría de los trabajos están referidos a las tareas de los consumidores de servicio. Estos trabajos abordan la capacidad de identificar y seleccionar servicios, basados en los requisitos y las restricciones.

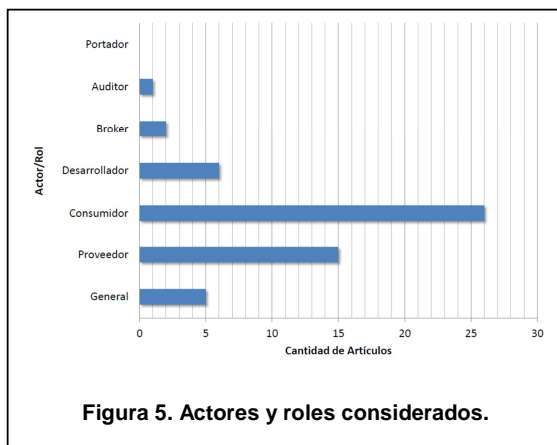


Figura 5. Actores y roles considerados.

Los consumidores tienen la responsabilidad de elegir el servicio que más se ajuste a sus requerimientos, y para ello deben analizar diversas variables de los servicios y los contratos (disponibilidad, escalabilidad, tiempo de respuesta, etc.). En cuanto al rol “Portador”, éste se encuentra claramente fuera del alcance de las publicaciones seleccionadas, aunque muchos de los requerimientos de seguridad y privacidad impactan en las tareas de este rol. El portador debe encargarse de transmitir los datos, garantizando la seguridad y confidencialidad de los mismos, entre los entornos del proveedor y del consumidor de servicio.

5.4. ¿Cuáles son los atributos y requerimientos que abarcan estos trabajos seleccionados? (RQ4)

La mayoría de los trabajos están enfocados en atributos y requisitos específicos, como se muestra en la Figura 6. La seguridad es el atributo de servicio más estudiado en el área de ingeniería de requerimientos y son muchos los trabajos que buscan una manera de garantizarla. Además, la mayoría de los acuerdos de servicios contienen declaraciones muy vagas sobre este atributo, aunque los requisitos funcionales, por el contrario, se presentan con más detalle [7]. En este estudio, se decidió separar este requisito de otros aspectos que también lo representan, como la privacidad, la legalidad y la reputación/confianza.

Los términos legales de la adquisición de servicio también se han destacado en numerosos esfuerzos de investigación [34] [65]. Los artículos en esta área buscan esclarecer las reglas y normas impuestas en los contratos de servicios. En definitiva, las propuestas sobre requerimientos tratan de la coherencia de los requisitos, y cómo obtener la similitudes y la varianza de los requisitos para múltiples usuarios en cloud computing.

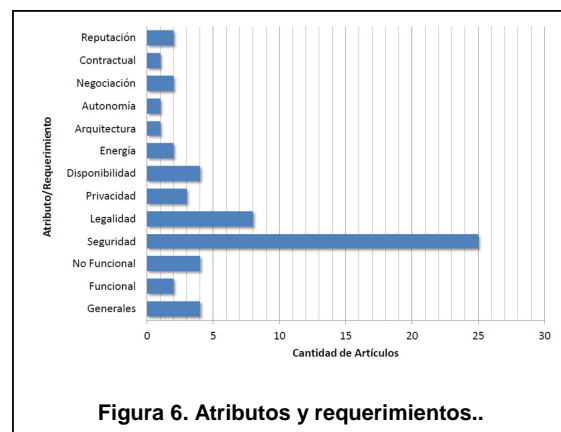


Figura 6. Atributos y requerimientos..

5.5. ¿Cuáles son los dominios considerados en estas publicaciones? (RQ5)

En la Figura 7 se presentan los diferentes dominios o campos de aplicación de los enfoques enunciados en los trabajos seleccionados. La mayoría de las contribuciones son generales y, por lo tanto, tienen poca información sobre su aplicación en casos de estudio. Esto quiere decir que existe una fuerte tendencia a utilizar una misma solución genérica en todos los dominios.

Por otro lado, algunos trabajos indican que son adecuados para dominios específicos, tales como las actividades bancarias [7] [6], las empresas [33] [66] y la medicina [25] [42].

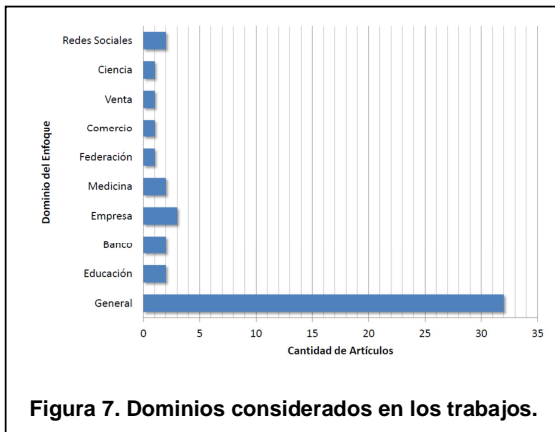


Figura 7. Dominios considerados en los trabajos.

5.6. ¿Cuáles son los modelos de servicios de cloud computing considerados en estas propuestas? (RQ6)

En esta pregunta se busca evaluar si las contribuciones son genéricas o presentan soluciones a algún modelo de servicio en particular. Para responder esta pregunta, se buscó información sobre las capas (aplicación, datos, sistema operativo, servidor, etc.) que considera cada solución o enfoque propuesto.

Software como servicio es el modelo más estudiado en ingeniería de requerimientos, y se debe a que existe más oferta y demanda de este tipo de servicio. Aunque la mayoría de los trabajos seleccionados presentan soluciones generales debido a que las contribuciones son genéricas, o los autores de los trabajos no especificaron ningún modelo en particular para la aplicación de sus propuestas. En la Figura 8 se muestran los resultados.

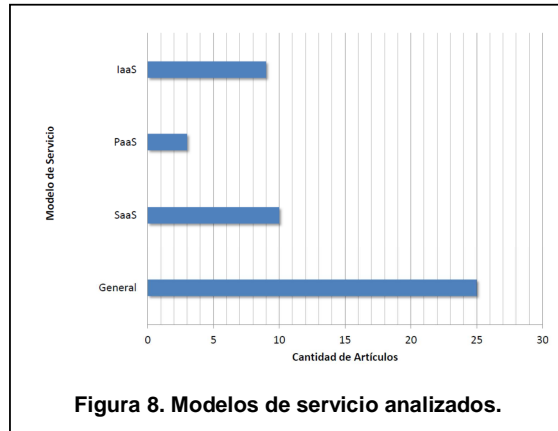


Figura 8. Modelos de servicio analizados.

5.7. ¿Cuán automáticas son las propuestas descriptas en estos trabajos? (RQ7)

Para responder esta pregunta, se analizó cada una de las contribuciones de los artículos seleccionados. Además, se evaluó la presentación de algún algoritmo, código o reglas en un lenguaje formal, que permita indicar que la propuesta es automatizada.

Para esta pregunta, existen tres posibles respuestas: automático, semi-automático y manual. Los enfoques manuales son los más comunes en los trabajos seleccionados y existen muchas contribuciones semi-automáticas, debido a que presentan actividades para ser realizadas por los actores, asistidas con alguna herramienta o programa. Durante esta revisión, se descubrió que los trabajos que presentan herramientas y procesos automatizados son referidos al modelo IaaS y tratan de la gestión y especificación de los requerimientos en cloud computing. El resultado de esta evaluación se encuentra en la Figura 9.

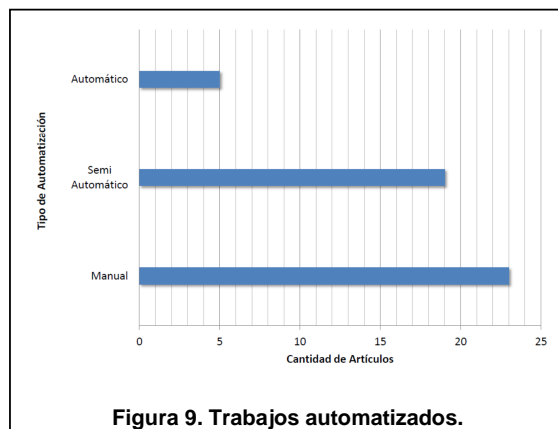


Figura 9. Trabajos automatizados.

5.8. ¿Cuáles son las cuestiones abiertas y las tendencias en ingeniería de requerimientos para cloud computing? (RQ8)

Los servicios de cloud computing se despliegan en múltiples recursos que son compartidos por diferentes consumidores [13] [41], y el principal desafío es cómo obtener los puntos en común y las variaciones de los requisitos generados por diferentes usuarios de un mismo tipo de servicio [67]. Por lo tanto, los proveedores podrían considerar, de esta manera, las características que todos los servicios deben tener y aquellos atributos específicos que varían para cada consumidor.

Hasta el momento, se identificó una gran cantidad de cuestiones inconclusas con respecto a las restricciones legales [6] [23] [27] [34], y esto se debe a que puede resultar muy complejo construir servicios teniendo en cuenta los diferentes y siempre cambiantes aspectos legales, que deben ser considerados cuando un proveedor ofrece su servicio a los consumidores de todo el mundo [20]. Asegurar la privacidad [30] [40], el control de acceso [25] y la seguridad [18] [36] [43] de los servicios también representa un gran desafío y debe ser analizado en detalle. Además, la reputación y la confianza hacia los proveedores son atributos importantes que se deben analizar antes de contratar recursos [41].

Varios enfoques se centraron en aspectos funcionales [55] [67] y requisitos no funcionales [21] [22] [56], como los modelos tradicionales. Sin embargo, los autores de estos enfoques coinciden en que es necesario contar con modelos y métodos específicos para los servicios desplegados en Internet [49].

En resumen, se podría considerar que los servicios de cloud computing tienen múltiples dimensiones. Por lo tanto, varios aspectos de diferente naturaleza deben ser examinados durante las actividades de ingeniería de requerimientos y contratación de servicios. Es fundamental que, cuando se consideran los requisitos funcionales y financieros, no se pierdan de vista los requisitos legales y de seguridad. De la misma manera, es importante considerar los requisitos de facturación [28], los aspectos de la arquitectura [50], los requisitos de servicios autónomos [60], las regulaciones del negocio [33] y las reglas contractuales [9] presentes en los contratos de servicios.

6. Evaluación Cualitativa

La metodología de Kitchenham y Charters [31] para realizar revisiones sistemáticas de la literatura indica que luego de la selección de los artículos y la contestación de las preguntas de investigación, se debe realizar una evaluación de calidad. Esta evaluación consiste en una lista de verificación o preguntas de calidad, que deben contestarse para cada artículo. Esta evaluación ayuda a

los revisores a analizar si la contribución de los trabajos fue realmente relevante en el área de investigación. Con el fin de detectar el nivel de significación de cada estudio, se definieron seis preguntas de evaluación de la calidad [10]:

- ¿Qué tan claro fue el enfoque presentado en el estudio? (QA1).
- ¿Cuán relevante y maduro fue el enfoque para la computación en nube? (QA2).
- ¿Cuán detalladas fueron las actividades explicadas en el enfoque? (QA3).
- ¿Qué tan claro fue el enfoque aplicado en el dominio de la aplicación? (QA4).
- ¿Qué tan completa fue la lista de metas y requisitos considerados en el enfoque? (QA5).
- ¿Qué tan flexible y extensible fue el enfoque presentado en el estudio? (QA6).

Estas preguntas fueron discutidas, al igual que los criterios de inclusión/exclusión, con un grupo de investigadores reconocidos del área de ingeniería de requerimientos. Las preguntas de calidad fueron contestadas para los 47 artículos seleccionados en esta revisión, de forma independiente. Alternativamente, se aplicó un enfoque de prueba y muestra aleatoria, después del examen inicial, para verificar la consistencia de las decisiones y evaluaciones realizadas. Al asignarle escalas numéricas a las preguntas de calidad, se puede obtener una evaluación numérica de calidad [31] [10]. Para esto se consideró una escala de 0 (bajo) a 1 (alto). En la Tabla 2 se resume el número de trabajos que presentan valores altos, medios y bajos para cada una de las preguntas cualitativas.

Tabla 2. Calificación Cualitativa.

Descripción del Valor	QA1	QA2	QA3	QA4	QA5	QA6
Alto = 1	31	29	28	28	11	34
Medio = 0.5	16	18	19	18	36	12
Bajo/Nada = 0	0	0	0	1	0	0

En cuanto a las preguntas contestadas, se puede considerar que la mayoría de los artículos fueron presentados de forma clara y proponen enfoques relevantes y maduros. Los artículos de revista presentaron más detalles de las actividades y procedimientos que los artículos de congresos internacionales. Por otro lado, no todos los trabajos presentaron un dominio de aplicación y casos de estudios donde se clarifiquen las propuestas realizadas. Los autores de los artículos se han ocupado de los requerimientos de los servicios, pero sin detallar los términos y las relaciones que existen entre estos

requisitos. Sin embargo, la mayoría de los artículos han presentado una propuesta flexible y extensible, para continuar enriqueciendo esta área de investigación.

7. Conclusiones

En este trabajo se presentó una revisión exhaustiva de fuentes bibliográficas sobre ingeniería de requerimientos y cloud computing. Este análisis plantea una visión general de todo lo realizado sobre esta temática y examina las propuestas existentes y los desafíos actuales en la gestión de requisitos. De un conjunto de 283 artículos de revistas y congresos internacionales, publicados entre los años 2009 y 2017, resultaron seleccionados 47 artículos para este análisis.

Los enfoques existentes para abordar los temas de ingeniería de requerimientos para cloud computing, tratan sobre un número limitado de requerimientos no funcionales y están enfocados a características específicas, como la seguridad [7], la privacidad [12], la disponibilidad y otros aspectos de los servicios [13] [15]. Actualmente, los consumidores que desean adquirir servicios de cloud deben confiar en los proveedores de servicios, teniendo en cuenta los atributos funcionales, precio, reputación y cuota de mercado del proveedor [7] [40] [41]. Por lo tanto, se podría considerar que los servicios son multidimensionales, y existen muchos parámetros que se deben evaluar antes de contratar estos servicios. Además, se requiere de mecanismos de monitoreo y trazabilidad para controlar los cambios en los requisitos, debido a que estos cambian frecuentemente para satisfacer la demanda del consumidor.

Se puede concluir que cloud computing puede ser estudiado y aplicado a diferentes dominios (medicina, seguros, financieros, etc.). De modo similar, se encontraron algunos enfoques que consideran características específicas (seguridad, privacidad, rendimiento), pero no existen guías o procedimientos para manejar los múltiples aspectos de servicios. El desafío actual consiste en la definición de artefactos de software que faciliten la captura de requisitos y acompañen a la gestión de los requerimientos a lo largo del proyecto de adopción, implementación y migración de servicios, así como también brindar soporte a la administración de contratos y acuerdos de servicios.

8. Referencias

[1] Abdelmaboud, A., Jawawi, D.N., Ghani, I., Elsafi, A. and Kitchenham, B., 2015. Quality of service approaches in cloud computing: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 101, pp.159-179.

[2] Abran, A., Moore, J.W., Bourque, P., Dupuis, R. and Tripp, L.L., 2004. *Software engineering body of knowledge*. IEEE Computer Society, Angela Burgess.

[3] Ander, E., Ezequiel (1982). *Técnicas de investigación social*. España. Humanitas Alicante.

[4] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A.D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. and Zaharia, M., 2010. A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), pp.50-58.

[5] Liu, F., Tong, J., Mao, J., Bohn, R., Messina, J., Badger, L. and Leaf, D., 2011. NIST cloud computing reference architecture. NIST special publication, 500(2011), pp.1-28.

[6] Beckers, K., Heisel, M., Côté, I., Goeke, L. and Guler, S., 2013, September. Structured pattern-based security requirements elicitation for clouds. In *Availability, Reliability and Security (ARES)*, 2013 Eighth International Conference on (pp. 465-474). IEEE.

[7] Beckers, K., Côté, I. and Goeke, L., 2014, March. A catalog of security requirements patterns for the domain of cloud computing systems. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing* (pp. 337-342). ACM.

[8] Benslimane, Y., Plaisent, M., Bernard, P. and Bahli, B., 2014, December. Key challenges and opportunities in cloud computing and implications on service requirements: Evidence from a systematic literature review. In *Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*, 2014 IEEE 6th International Conference on (pp. 114-121). IEEE.

[9] Bochicchio, M.A., Longo, A. and Mansueto, C., 2011, May. Cloud services for SMEs: Contract Management's requirements specification. In *Integrated Network Management (IM)*, 2011 IFIP/IEEE International Symposium on (pp. 145-152). IEEE.

[10] Brereton, P., Kitchenham, B.A., Budgen, D., Turner, M. and Khalil, M., 2007. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of systems and software*, 80(4), pp.571-583.

[11] Buyya, R., Yeo, C.S., Venugopal, S., Broberg, J. and Brandic, I., 2009. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation computer systems*, 25(6), pp.599-616.

[12] Carroll, M., Van Der Merwe, A. and Kotze, P., 2011, August. Secure cloud computing: Benefits, risks and controls. In *Information Security South Africa (ISSA)*, 2011 (pp. 1-9). IEEE.

[13] Clarke, R., 2010, May. User requirements for cloud computing architecture. In *Proceedings of the 2010 10th IEEE/ACM International Conference on Cluster, Cloud and Grid Computing* (pp. 625-630). IEEE Computer Society.

[14] Cruz Zapata, B., Fernández-Alemán, J.L. and Toval, A., 2015. Security in cloud computing: A mapping study. *Computer Science and Information Systems*, 12(1), pp.161-184.

- [15] da Silva, F.A.P., Neto, P.A.D.M.S., Garcia, V.C., Assad, R.E. and Trinta, F.A.M., 2012, January. Accounting models for cloud computing: A systematic mapping study. In Proceedings of the International Conference on Grid Computing and Applications (GCA) (p. 1). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp).
- [16] Dabbagh, M., Hamdaoui, B., Guizani, M. and Rayes, A., 2015, December. Online assignment and placement of cloud task requests with heterogeneous requirements. In Global Communications Conference (GLOBECOM), 2015 IEEE (pp. 1-6). IEEE.
- [17] El-Gazzar, R.F., 2014, June. A literature review on cloud computing adoption issues in enterprises. In International Working Conference on Transfer and Diffusion of IT (pp. 214-242). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [18] Ficco, M., Palmieri, F. and Castiglione, A., 2015. Modeling security requirements for cloud-based system development. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 27(8), pp.2107-2124.
- [19] Flores, F., Mora, M., Álvarez, F., Garza, L. and Duran, H., 2010, October. Towards a systematic service-oriented requirements engineering process (S-SoRE). In International Conference on ENTERprise Information Systems (pp. 111-120). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [20] Furfaro, A., Gallo, T., Garro, A., Saccà, D. and Tundis, A., 2016, May. Requirements specification of a cloud service for cyber security compliance analysis. In Cloud Computing Technologies and Applications (CloudTech), 2016 2nd International Conference on (pp. 205-212). IEEE.
- [21] Gomes, R., Costa, F. and Bencomo, N., 2013, December. On modeling and satisfaction of non-functional requirements using cloud computing. In Cloud Computing and Communications (LatinCloud), 2nd IEEE Latin American Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- [22] Gonçalves Junior, R., Rolim, T., Sampaio, A. and Mendonça, N.C., 2015, April. A multi-criteria approach for assessing cloud deployment options based on non-functional requirements. In Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing (pp. 1383-1389). ACM.
- [23] Gordon, D.G. and Breaux, T.D., 2011, October. Managing multi-jurisdictional requirements in the cloud: towards a computational legal landscape. In Proceedings of the 3rd ACM workshop on Cloud computing security workshop (pp. 83-94). ACM.
- [24] Greenwell, R., Liu, X., Chalmers, K. and Pahl, C., 2016. A Task Orientated Requirements Ontology for Cloud Computing Services. SciTePress.
- [25] Guesmi, A. and Clemente, P., 2013, December. Access control and security properties requirements specification for clouds' seclas. In Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013 IEEE 5th International Conference on (Vol. 1, pp. 723-729). IEEE.
- [26] Hanna, E.M., Mohamed, N. and Al-Jaroodi, J., 2012, May. The cloud: requirements for a better service. In Proceedings of the 2012 12th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (ccgrid 2012) (pp. 787-792). IEEE Computer Society.
- [27] Humberg, T., Wessel, C., Poggenpohl, D., Wenzel, S., Ruhroth, T. and Jürjens, J., 2013, May. Using ontologies to analyze compliance requirements of cloud-based processes. In International Conference on Cloud Computing and Services Science (pp. 36-51). Springer, Cham.
- [28] Iwashita, M., Tanimoto, S. and Fujinoki, Y., 2013, June. Approaches to analyze requirements of billing management for cloud computing services. In Computer and Information Science (ICIS), 2013 IEEE/ACIS 12th International Conference on (pp. 17-22). IEEE.
- [29] Jula, A., Sundararajan, E. and Othman, Z., 2014. Cloud computing service composition: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 41(8), pp.3809-3824.
- [30] Kalloniatis, C., Mouratidis, H. and Islam, S., 2013. Evaluating cloud deployment scenarios based on security and privacy requirements. *Requirements Engineering*, 18(4), pp.299-319.
- [31] Kitchenham, B A y Charters, S (2007). Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. EBSE Technical Report.
- [32] Klems, M., Nimis, J. and Tai, S., 2008, December. Do clouds compute? a framework for estimating the value of cloud computing. In Workshop on E-Business (pp. 110-123). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [33] Kourtesis, D., Bratanis, K., Friesen, A., Verginadis, Y., Simons, A.J., Rossini, A., Schwichtenberg, A. and Gouvas, P., 2013, December. Brokerage for quality assurance and optimisation of cloud services: An analysis of key requirements. In International Conference on Service-Oriented Computing (pp. 150-162). Springer, Cham.
- [34] Kousiouris, G., Vafiadis, G. and Corrales, M., 2013, April. A cloud provider description schema for meeting legal requirements in cloud federation scenarios. In Conference on e-Business, e-Services and e-Society (pp. 61-72). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [35] Latif, R., Abbas, H., Assar, S. and Ali, Q., 2014. Cloud computing risk assessment: a systematic literature review. In Future information technology (pp. 285-295). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [36] Liccardo, L., Rak, M., Di Modica, G. and Tomarchio, O., 2012, November. Ontology-based Negotiation of security requirements in cloud. In Computational Aspects of Social Networks (CASoN), 2012 Fourth International Conference on (pp. 192-197). IEEE.
- [37] Liu, F., Tong, J., Mao, J., Bohn, R., Messina, J., Badger, L. and Leaf, D., 2011. NIST cloud computing reference architecture. NIST special publication, 500(2011), pp.1-28.

- [38] Mazher, N. and Ashraf, I., 2014. A Systematic Mapping Study on Cloud Computing Security. *International Journal of Computer Applications*, 89(16), pp.6-9.
- [39] Mell, P. and Grance, T., 2011. The NIST definition of cloud computing.
- [40] Mouratidis, H., Islam, S., Kalloniatis, C. and Gritzalis, S., 2013. A framework to support selection of cloud providers based on security and privacy requirements. *Journal of Systems and Software*, 86(9), pp.2276-2293.
- [41] Moyano, F., Fernandez-Gago, C. and Lopez, J., 2013. A framework for enabling trust requirements in social cloud applications. *Requirements Engineering*, 18(4), pp.321-341.
- [42] Muller, I., Han, J., Schneider, J.G. and Versteeg, S., 2011, July. Tackling the loss of control: standards-based conjoint management of security requirements for cloud services. In *Cloud Computing (CLOUD)*, 2011 IEEE International Conference on (pp. 573-581). IEEE.
- [43] Naveed, R. and Abbas, H., 2014. Security requirements specification framework for cloud users. In *Future Information Technology* (pp. 297-305). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [44] Pfarr, F., Buckel, T. and Winkelmann, A., 2014, January. Cloud Computing Data Protection--A Literature Review and Analysis. In *System Sciences (HICSS)*, 2014 47th Hawaii International Conference on (pp. 5018-5027). IEEE.
- [45] Pohl, K., 2010. *Requirements engineering: fundamentals, principles, and techniques*. Springer Publishing Company, Incorporated.
- [46] Rago, A., Marcos, C. and Diaz-Pace, J.A., 2016. Assisting requirements analysts to find latent concerns with REAssistant. *Automated Software Engineering*, 23(2), pp.219-252.
- [47] Rana, K., Thakur, P., Sharma, P., Tomar, M., Gupta, V. and Thakur, A., 2015. Improved structural and magnetic properties of cobalt nanoferrites: influence of sintering temperature. *Ceramics International*, 41(3), pp.4492-4497.
- [48] Repschlaeger, J., Zarnekow, R., Wind, S. and Turowski, K., 2012. Cloud Requirement Framework: Requirements and Evaluation Criteria to Adopt Cloud solutions. In *ECIS* (p. 42).
- [49] Repschlaeger, J., Wind, S., Zarnekow, R. and Turowski, K., 2012, January. A reference guide to cloud computing dimensions: infrastructure as a service classification framework. In *System Science (HICSS)*, 2012 45th Hawaii International Conference on (pp. 2178-2188). IEEE.
- [50] Rimal, B.P., Jukan, A., Katsaros, D. and Goeleven, Y., 2011. Architectural requirements for cloud computing systems: an enterprise cloud approach. *Journal of Grid Computing*, 9(1), pp.3-26.
- [51] Schrödl, H. and Wind, S., 2011. Requirements engineering for cloud computing. *Journal of Communication and Computer*, 8(9), pp.707-715.
- [52] Shei, S., Alcaniz, L.M., Mouratidis, H., Delaney, A., Rosado, D.G. and Fernandez-Medina, E., 2015, August. Modelling secure cloud systems based on system requirements. In *Evolving Security and Privacy Requirements Engineering (ESPRE)*, 2015 IEEE 2nd Workshop on (pp. 19-24). IEEE.
- [53] Shei, S., Mouratidis, H. and Delaney, A., 2017. A Security Requirements Modelling Language to Secure Cloud Computing Environments. In *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling* (pp. 337-345). Springer, Cham.
- [54] Sriram, Ilango y Khajeh-Hosseini, Ali (2010). *Research Agenda in Cloud Technologies*. University of Bristol, UK, Technical Report.
- [55] Sun, Y.L., Harmer, T. and Stewart, A., 2012, September. Specifying cloud application requirements: an ontological approach. In *International Conference on Cloud Computing* (pp. 82-91). Springer, Cham.
- [56] Tariq, A., Khan, S.A. and Iftikhar, S., 2014, December. Requirements Engineering process for Software-as-a-Service (SaaS) cloud environment. In *Emerging Technologies (ICET)*, 2014 International Conference on (pp. 13-18). IEEE.
- [57] Thakare, V.R. and Singh, K.J., 2015, November. Users' Security Requirements Architectural Framework (USRAF) for Emerging Markets in Cloud Computing. In *2015 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM)* (pp. 74-80). IEEE.
- [58] Todoran, I., Seyff, N. and Glinz, M., 2013, July. How cloud providers elicit consumer requirements: An exploratory study of nineteen companies. In *Requirements Engineering Conference (RE)*, 2013 21st IEEE International (pp. 105-114). IEEE.
- [59] Van Lamsweerde, A., 2009. *Requirements engineering: From system goals to UML models to software* (Vol. 10). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- [60] Vassev, E. and Hinchey, M., 2014. *Autonomy Requirements Engineering*. In *Autonomy Requirements Engineering for Space Missions* (pp. 105-172). Springer, Cham.
- [61] Wagner, C., Hudic, A., Maksuti, S., Tauber, M. and Pallas, F., 2015, August. Impact of critical infrastructure requirements on service migration guidelines to the cloud. In *Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, 2015 3rd International Conference on (pp. 1-8). IEEE.
- [62] Wiegers, K. and Beatty, J., 2013. *Software requirements*. Pearson Education.
- [63] Wu, L. and Buyya, R., 2012. Service level agreement (SLA) in utility computing systems. In *Grid and Cloud Computing: Concepts, Methodologies, Tools and Applications* (pp. 286-310). IGI Global.
- [64] Zalazar, A.S., Ballejos, L. and Rodriguez, S., 2017. Analyzing requirements engineering for cloud computing. In *Requirements Engineering for Service and Cloud Computing* (pp. 45-64). Springer, Cham.
- [65] Zalazar, A.S., Ballejos, L. and Rodriguez, S., 2017. Security and compliance ontology for cloud service agreements. *Open Journal of Cloud Computing (OJCC)*, 4(1), pp.17-25.
- [66] Zardari, S. and Bahsoon, R., 2011, May. Cloud adoption: a goal-oriented requirements engineering approach. In

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Proceedings of the 2nd International Workshop on Software Engineering for Cloud Computing (pp. 29-35). ACM.

[67] Zhou, X., Yi, L. and Liu, Y., 2011, July. A collaborative requirement elicitation technique for SaaS applications. In Service Operations, Logistics, and Informatics (SOLI), 2011 IEEE International Conference on (pp. 83-88). IEEE.

[68] Zikra, I., 2016. Model-based Requirements for Integrating Cloud Services. In CAiSE Forum (pp. 65-72).

Optimización organizacional basada en la aplicación del ciclo de vida BPM completo para la mejora continua de los procesos de negocio

Diego Cocconi*, Juan Pablo Ferreyra*, Claudia Verino*, Marisa Pérez*
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Francisco

Av. de la Universidad 501 – San Francisco (2400) – Provincia de Córdoba – República Argentina

{dcocconi, jpferreyra, cverino, mperez}@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

La aplicación de la Gestión de Procesos de Negocio (del inglés Business Process Management, BPM) en las organizaciones, teniendo en cuenta los nuevos modelos organizacionales y la tecnología de la información disponible, puede llevar a lograr mejoras significativas en la performance de las mismas y nuevas oportunidades de mejoramiento. BPM implica la aplicación de un ciclo de mejora continua conocido como el ciclo de vida de BPM, el cual involucra varias perspectivas de los procesos (control de flujo, datos, recursos), y no sólo se centra en el modelado de los procesos, sino también en su implementación, ejecución y monitoreo, para obtener una realimentación de valor a la hora de evaluar las mejoras conseguidas. Este trabajo describe la implantación de BPM aplicado a un caso de estudio particular, resaltando la importancia de cada etapa del ciclo de vida, considerando también las diferentes perspectivas involucradas. La aplicación de BPM se realizó en el marco de referencia de la metodología BPTrends, utilizando herramientas software adecuadas que dan soporte a cada etapa del ciclo de vida. Particularmente, en este caso de estudio, se requirió mostrar resultados a los responsables del área, para demostrar que fue valiosa la implementación de BPM como proyecto de mejora, sirviendo como base de futuros proyectos (como el de la implementación de minería de procesos).

1. Introducción

La aplicación de la Gestión de Procesos de Negocio (del inglés Business Process Management, BPM) en las organizaciones, teniendo en cuenta los nuevos modelos organizacionales y la tecnología de la información disponible, puede llevar a lograr mejoras significativas en su desempeño y nuevas oportunidades de negocio. BPM no sólo considera la forma en que actividades individuales son llevadas a cabo, sino que tiene en cuenta procesos completos, los cuales consisten en cadenas de eventos, actividades y decisiones que agregan valor a la

organización y sus clientes [1]. A este tipo de procesos se les conoce como *procesos de negocio* y los mismos definen una colección de actividades que toman distintas entradas y crean una salida de valor para el cliente [2].

BPM implica la aplicación de un ciclo de mejora continua, conocido como el ciclo de vida de BPM, en el que intervienen las fases de *identificación de procesos*, *descubrimiento de procesos*, *análisis de procesos*, *diseño de procesos*, *configuración e implementación*, *ejecución y monitoreo* y *evaluación* (Figura 1) [1].

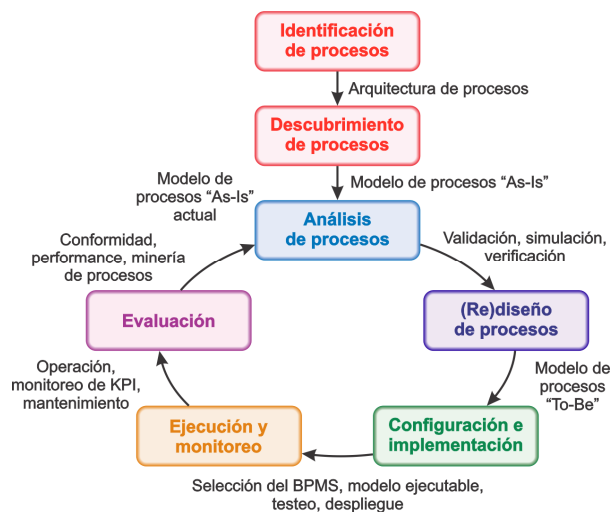


Figura 1. Ciclo de vida de BPM [1].

La fase inicial junto con la fase de descubrimiento de procesos producen como resultado una *arquitectura o mapa de procesos*, que por lo general se compone de un conjunto de (macro) procesos relacionados entre sí, proveyendo una vista global. Dicha arquitectura es producto de la identificación de los procesos de negocio relevantes de la organización (aquellos alineados a las metas organizacionales) y su posterior representación en modelos de procesos de negocio, mediante algún *lenguaje de modelado* apropiado, como BPMN (del

inglés *Business Process Model and Notation* [3]). Esta última etapa se conoce también como *modelado de procesos "As-Is"*, porque revela el estado actual de los procesos documentados.

Durante el análisis, se identifican cuestiones propias de los modelos documentados como "As-Is", incluyendo en lo posible *indicadores de performance* (del inglés *Key Performance Indicators*, KPI) [4].

La etapa de diseño identifica posibles cambios en los procesos que podrían mejorar los aspectos identificados durante el análisis, para alcanzar los objetivos de performance deseados. Esto implica un trabajo en paralelo con la fase de análisis, para validar e incluso simular las nuevas mejoras propuestas. La salida de esta fase es típicamente un modelo "To-Be" que sirve como entrada para la siguiente fase. Algunos autores como [2] incluso colocan la fase de diseño antes de la de análisis, resaltando este hecho.

Durante la fase de configuración e implementación se configuran y especifican aspectos necesarios para que los modelos de procesos puedan ser interpretados y orquestados por un *Sistema de Gestión de Procesos de Negocio* (del inglés *Business Process Management System*, BPMS) [5], convirtiéndose en modelos ejecutables (en términos de un *lenguaje de especificación*, como WS-BPEL, del inglés *Web Services Business Process Execution Language* [6]). Luego, en la fase de ejecución y monitoreo, el BPMS crea instancias de los modelos de procesos de negocio de la organización para que puedan ser ejecutados, haciendo uso de un *Sistema de Información Orientado a Procesos* (SIOP), del inglés *Process-Aware Information System*, PAIS) o de un sistema de gestión de *Workflows* (o, del inglés *Workflow Management System*, WfMS). Durante esta fase también se realiza el monitoreo de los KPI definidos, a fin de evaluar el desempeño.

Finalmente, en la fase de evaluación se analizan los registros de ejecución de las instancias de procesos para aplicar ajustes necesarios a futuro [6], cuando se realice una nueva iteración del ciclo de vida.

Aunque BPM está muy ligado a las tecnologías de información, no es una tecnología ni la aplicación de determinado software en particular, es una disciplina de gestión orientada a procesos [7].

Si bien el modelado de procesos ocupa un rango considerable del ciclo de vida BPM, no debe entenderse que BPM se remite sólo a eso; el fin de BPM es la mejora continua de procesos [8]. Por lo tanto, la aplicación de BPM en una organización no se resume solamente a llevar a cabo las etapas de diseño y análisis del ciclo de vida BPM, obteniendo los artefactos típicos de estas fases (el mapa de procesos, los macroprocesos y los procesos principales, detallados en los modelos "As-Is" y "To-Be", y la descripción detallada de las actividades, sus entradas,

salidas, recursos, lógica, etc.) y presentándolos como resultado final.

Respecto de la ejecución de los procesos de negocio, la especificación de los mismos no sólo incluye el conjunto ordenado de las actividades a ejecutar (perspectiva de *control de flujo*), sino que debe dar soporte a la información que fluye entre ellos (perspectiva de *datos*) y a la asignación de recursos organizacionales para garantizar su ejecución (perspectiva de *recursos*) [9]. Entonces, la aplicación de BPM debería considerar estas diferentes perspectivas. Este trabajo pretende, además, hacer énfasis en dichas perspectivas, en la medida que el modelado permita representar esos detalles adecuadamente.

Finalmente, BPM no sólo se remite al entorno interno de una organización (procesos de negocio *intra-organizacionales*). Con las nuevas tendencias organizacionales y las tecnologías de información y comunicaciones, hoy en día es fácil establecer relaciones de colaboración entre diferentes organizaciones para obtener beneficios comunes. De este modo, es posible llevar a cabo procesos de negocio *colaborativos* o *inter-organizacionales* [10]. La aplicación de BPM a este tipo de procesos también se remite a aplicar el ciclo de vida definido y a considerar las perspectivas antes mencionadas.

A lo largo del presente trabajo se pretende detallar la implantación de BPM considerando un caso de estudio particular, resaltando la importancia de cada etapa del ciclo de vida (a veces no manifiesta en la práctica), considerando también las diferentes perspectivas involucradas. Producto de estas consideraciones, se obtendrá al finalizar cada iteración del ciclo de vida, una cuantificación realmente medible de la performance de los procesos, que servirá como dato de entrada para una nueva iteración. A lo largo de sucesivas iteraciones es que se obtiene el fin perseguido por BPM: la mejora continua de los procesos de negocio. A fin de dar soporte al ciclo de vida completo, se considerará como eje principal la metodología de trabajo *BPTrends* [11, 12], debido a la flexibilidad que ofrece en comparación con otras metodologías basadas en estándares, específicas para determinados ámbitos.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera. Primero, en la Sección 2, se hará una breve descripción del caso de estudio considerado. A continuación, en las siguientes secciones se detallarán las actividades realizadas en cada fase del ciclo de vida, aplicando la metodología elegida (Sección 3: identificación y descubrimiento, Sección 4: análisis y diseño, Sección 5: configuración e implementación, Sección 6: ejecución y monitoreo, y Sección 7: evaluación), conjuntamente con los recursos y demás artefactos involucrados. La Sección 8 resume las

conclusiones y finalmente, la Sección 9 presenta los próximos pasos y trabajos futuros.

2. Contexto

El presente trabajo tiene como objetivo general describir la optimización organizacional basada en la aplicación del ciclo de vida BPM completo, considerando como caso de estudio la Secretaría de Extensión y Cultura (SEU) de la UTN (Universidad Tecnológica Nacional), Facultad Regional San Francisco, en sus actividades de vinculación y transferencia. El mismo se encuadra dentro de los proyectos de investigación I+D UTN 4090 “Optimización organizacional basada en un modelo de gestión por procesos en la Secretaría Extensión y Cultura de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco” [4, 11] y UTN 4955 “Implementación de técnicas de minería de procesos como herramienta de soporte y optimización de los procesos de negocio en la Secretaría de Extensión y Cultura de la U.T.N. Facultad Regional San Francisco”. Ambos proyectos se encuentran homologados como proyectos de investigación y desarrollo por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN.

La necesidad de llevar adelante dichos proyectos surge a partir de una auditoría realizada en la Facultad por parte de la Sindicatura General de la Nación (SIGEN), de la que surgieron varias observaciones de impacto medio que son motivadoras de los mismos. Dichas observaciones refieren a la falta de procedimientos estandarizados, ausencia de registros auxiliares, información insuficiente para la toma de decisiones y procedimientos de control.

2.1. Descripción del dominio

La Secretaría de Extensión y Cultura de la UTN, Facultad Regional San Francisco, tiene por finalidad promover actividades de vinculación hacia el medio. Las principales actividades llevadas a cabo son: (1) servicio de cursos; (2) desarrollo de proyectos de capacitación en organizaciones utilizando mecanismos de financiación de diferentes entes gubernamentales; y (3) prestación de servicios de los laboratorios de la Facultad.

El servicio de desarrollo de proyectos permite introducir capacitaciones en diversas organizaciones a través de diferentes programas que ofrecen los organismos a nivel nacional y/o provincial, siendo la Facultad la unidad capacitadora.

La oferta y prestación de servicios a través de los laboratorios permite la vinculación de la Facultad con las instituciones productivas del medio, tratando de detectar sus necesidades y brindando las respuestas requeridas.

Finalmente, el servicio de cursos procura promover la transferencia de conocimiento a áreas productivas. Dicho

servicio se brinda a un amplio espectro de destinatarios que comprende alumnos, docentes, graduados, administrativos, operarios, empresarios, técnicos, profesionales, miembros de distintas instituciones y la comunidad en general. Para el presente trabajo, se considera como caso de estudio la oferta de servicio de cursos, y se pretende, luego de evaluar los resultados y en caso de ser satisfactorios, rever el caso ampliando el ámbito de aplicación a otras áreas y/o servicios ofrecidos.

2.2. Proceso de ejemplo

A los fines de ilustrar las actividades en cada etapa del ciclo de vida, se considerará un proceso de ejemplo como referencia. Como se mencionó anteriormente, para la implementación de BPM se consideró como caso de estudio la gestión del servicio de cursos, por lo que, dentro de éste, se toma el proceso *detección de oportunidades*.

El objetivo de dicho proceso es analizar las demandas de capacitación, tanto del ámbito académico de la Facultad Regional como de la comunidad de San Francisco y la región, considerando además las tendencias de capacitación en el orden nacional.

El proceso comienza cuando se analizan las diferentes propuestas de capacitación (internas) desde la Facultad: cursos exitosos realizados en años anteriores, cursos solicitados por los asistentes de cursos en las encuestas que completan y propuestas de cada departamento de carrera. Se consideran también requerimientos de capacitación (externos) provenientes de empresas de la ciudad y la región, cursos dictados en otras Facultades Regionales y propuestas que los docentes hacen llegar a la Secretaría.

Como resultado del proceso se obtiene un listado de posibles cursos a realizar durante el siguiente año, estudiando la viabilidad de cada uno.

Al finalizar un curso de capacitación, los participantes realizan una encuesta de opinión; luego, en la Secretaría se toman los resultados de las mismas como una de las fuentes de propuestas.

3. Identificación y descubrimiento

El ciclo de vida BPM comienza con la etapa de identificación de procesos. En dicha etapa se llevan a cabo una serie de actividades que tienen por objetivo definir el conjunto de procesos de negocio de una organización, además de establecer criterios claros para priorizarlos. Cuando una organización pretende convertirse en una organización centrada en procesos, la primera dificultad que enfrenta es la de determinar cuáles son los procesos existentes [1]. Para poder identificar dichos procesos de negocio, es necesario entender a la organización como un todo.

Si se pretende pensar a la organización como un todo, las personas deben aprender a visualizar las mismas con modelos que permitan conocer cómo tales organizaciones funcionan en realidad, en términos de *cadena de valor* en lugar de pensar en términos de divisiones, departamentos o su propia unidad funcional [1, 12].

Desde esta etapa temprana se comienza a aplicar una metodología de trabajo. Debido a su flexibilidad, se opta por la *metodología BPTrends* [11, 12], pues al tratarse de una entidad educativa, es difícil que las metodologías basadas en estándares se adapten de una forma conveniente al caso de estudio. La metodología BPTrends provee un modo de obtener la arquitectura de procesos. Esta metodología abarca dos métodos complementarios (Figura 2): uno para el desarrollo de la arquitectura de procesos (*Metodología de la arquitectura de procesos de negocio BPTrends*) y otro para proyectos de rediseño de procesos de negocio (*Metodología de rediseño de procesos de negocio*) [12].

La metodología de la arquitectura de procesos de negocio BPTrends comprende varias fases, las cuales pueden apreciarse en la Figura 2: (1) entender el contexto organizacional, (2) modelar los procesos de negocio, (3) definir medidas de desempeño, (4) definir gobernabilidad de los procesos y (5) alinear la arquitectura. En la primera fase (entender el contexto organizacional) se pretende entender a la organización como un todo; comienza con un análisis de la organización para definir la estrategia, los objetivos y las relaciones clave, refinando el entendimiento de la organización y sus *stakeholders*, incluyendo clientes, proveedores, distribuidores y entidades gubernamentales. A tal fin, se

recurre a la cadena de valor de la oferta de cursos de la Secretaría (Figura 3).

A partir de la cadena de valor es posible identificar los *procesos estratégicos*, los *procesos que producen valor* y los *procesos de apoyo*. Mediante esta representación se clarifica la creación de valor desde los recursos hasta los destinatarios. Según el enfoque adoptado para la implementación de BPM, los procesos que agregan valor al producto o servicio que la organización ofrece constituyen los procesos de negocio [1, 2].

Los procesos que aportan valor se encuentran agrupados en las siguientes categorías: *planificación de curso*, *gestión de inscripciones*, *dictado de curso*, *cierre de curso* y *estudio de demanda de capacitación*.

Analizando las relaciones existentes entre los grupos de procesos identificados en la cadena de valor, se puede observar que existen relaciones consumidor-productor [1], donde cada eslabón de la cadena proporciona un resultado que otro toma como entrada; por ejemplo, *gestión de inscripciones* produce como resultado un conjunto de inscriptos a un curso que luego *dictado de curso* toma como entrada.

A los fines de simplificar el caso de estudio, durante el detalle de las actividades específicas llevadas a cabo, se eligió un proceso de ejemplo sencillo para tomar como referencia, como se mencionó anteriormente (el proceso de detección de oportunidades). Dicho proceso se encuadra en *estudio de demanda de capacitación*, como se puede observar en el mapa de procesos que se obtiene a partir de la cadena de valor (Figura 4).

Durante la confección de dicho mapa, ya desde una etapa temprana se consideran las diferentes perspectivas



Figura 2. Metodología BPTrends [12].

involucradas en BPM. Es por ello que se utiliza la notación BPMN 2.0 desde el comienzo, dado que ofrece una gran cantidad de elementos en su notación que permiten representar modelos de procesos de diferentes niveles de complejidad, además de permitir representar las diferentes perspectivas. La perspectiva de flujo de control muestra los macroprocesos principales, mientras que la de datos muestra los principales documentos y fuentes de datos utilizadas.

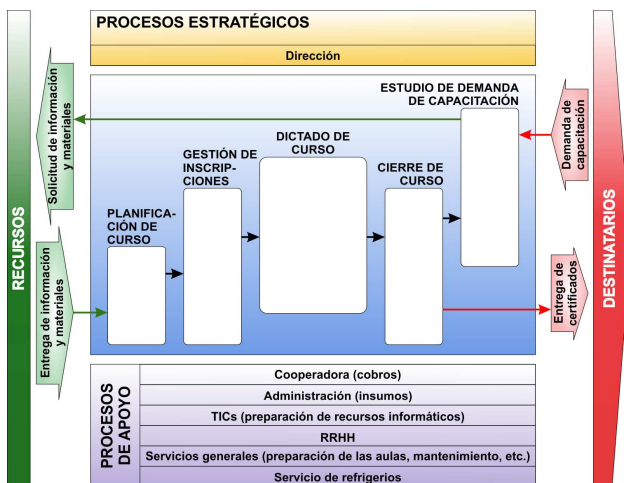


Figura 3. Cadena de valor de la SEU.

Definido el mapa de procesos, se puede proseguir con la etapa de descubrimiento de procesos. Esta etapa se alinea con la fase 2 de la metodología de la arquitectura de procesos de negocio BPTrends (modelar los procesos de negocio). Aquí se considera cada macroproceso del mapa de procesos y se identifican los procesos completos, especificando los mismos en un modelo conocido como “As-Is”. Una vez más, se utiliza la notación BPMN 2.0 (Figura 5). Ahora la perspectiva de flujo de control muestra la secuencia de actividades, los elementos de control de flujo (*gateways*) y los eventos.

Desde el punto de vista de los datos, a esta altura los documentos son más específicos. Los recursos humanos se agrupan en roles, como muestran los *lanes* (carriles) del diagrama; los recursos software que se utilizan para gestionar cada documento se especifican junto a cada dato.

4. Análisis y diseño

Durante el análisis, siguiendo con la metodología BPTrends, se identifican aspectos propios del modelo “As-Is”. A tal fin, se construye una descripción detallada de cada proceso, como se muestra en la Tabla 1.

Un detalle importante de esta descripción de procesos, además de reflejar el objetivo, datos, entradas, salidas, recursos y lógica de las actividades, es la definición de posibles indicadores de desempeño del proceso. Esto se corresponde con la fase 3 de la metodología de la arquitectura de procesos de negocio BPTrends (definir medidas de desempeño).

Con los posibles indicadores para el proceso, la etapa de diseño identifica cambios en los procesos que podrían mejorar su desempeño. Como se había indicado anteriormente, esta fase puede realizarse en paralelo con la de análisis. Ahora se pueden aplicar los pasos de la metodología de rediseño de procesos de negocio BPTrends (Figura 2). Este método comprende 5 fases: (1) entender el proyecto, (2) analizar procesos de negocio, (3) rediseñar procesos de negocio, (4) implementar procesos de negocio rediseñados y (5) desplegar procesos de negocio rediseñados.

La primera fase comprende definir un proyecto que sirva de marco para el rediseño de los procesos. Como la etapa de diseño va a contemplar un considerable esfuerzo por parte de los stakeholders involucrados en los procesos, debería definirse una agenda o un plan que detalle el alcance. Dicho plan puede ser impuesto por los procesos estratégicos. Una vez que el plan del proyecto y la agenda están definidos, deberían ser revisados en un encuentro que involucre a todos los interesados en el proyecto. La segunda fase (analizar procesos de negocio) implica considerar como entrada y revisar lo realizado durante el análisis (modelo “As-Is”, descripción detallada de los procesos).

Durante la fase 3 (rediseñar procesos de negocio) se realizan modificaciones teniendo en cuenta todas las perspectivas posibles. Para el caso concreto que se está considerando, se agrega una nueva tarea (*revisar formulación de encuestas*), la cual permite la formalización del formulario de las encuestas, para revisar si se solicitan datos innecesarios a los participantes de los cursos o adaptar las solicitudes que habitualmente no se entienden o no se completan. Esto también permite definir un modelo de encuesta para implementar los formularios vía Web, a modo de lograr las optimizaciones planteadas según los KPI. Respecto de los datos, se formalizan todos los documentos, logrando consenso por parte de todos los involucrados. Además, se decide implementar *on-line* todos los documentos compartidos, lo cual implica utilizar los servicios en la nube de *Google Drive*; como las plantillas de las encuestas son documentos más “estáticos”, se decide almacenarlos mediante aplicaciones de escritorio (*Microsoft Office Word*). La salida de esta fase es el modelo “To-Be” de la Figura 6. Todo esto conlleva verificar y validar el modelo en la medida de lo posible, recurriendo a simuladores para observar el comportamiento del proceso rediseñado. En el caso de

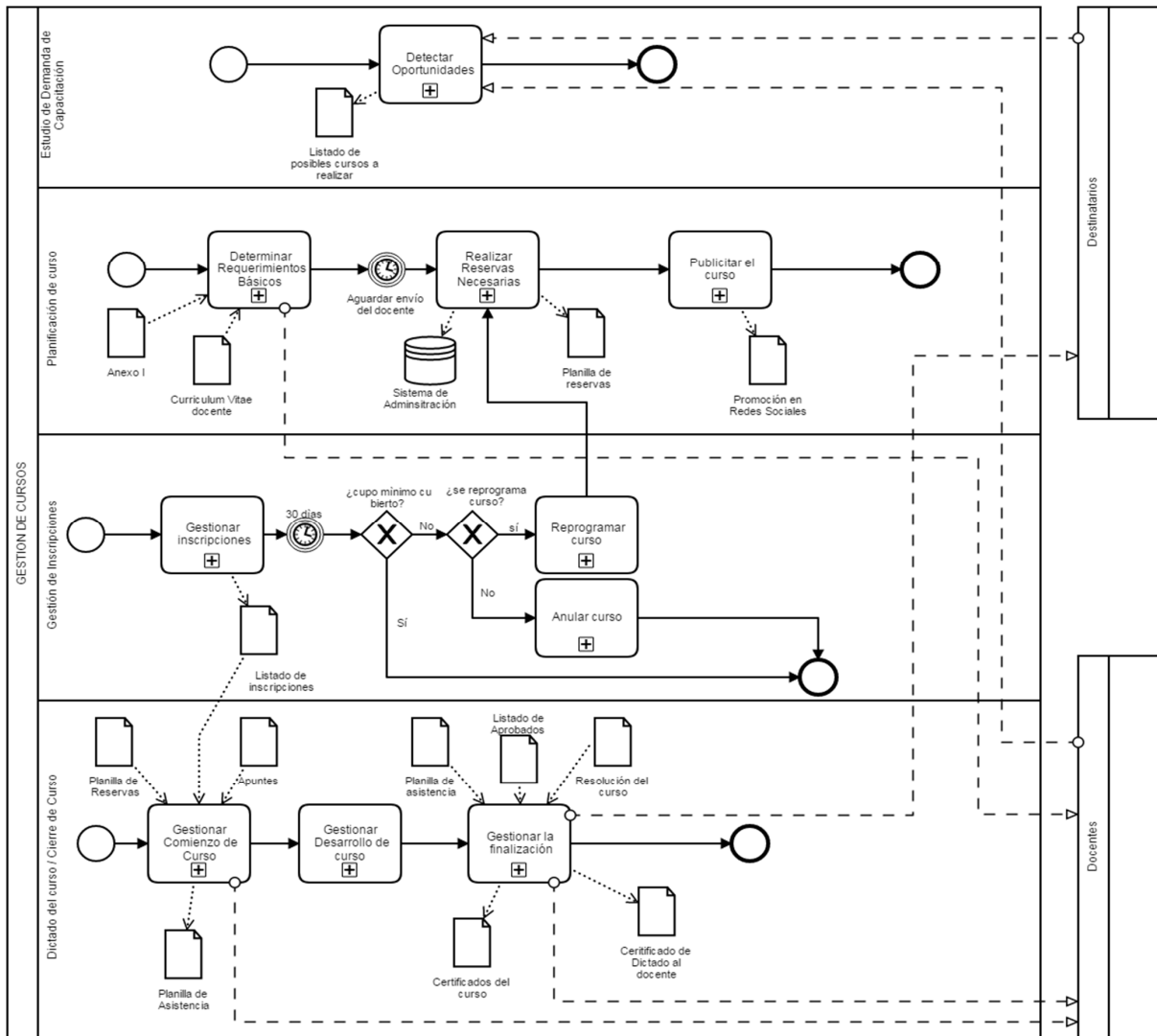


Figura 4. Mapa de procesos de la SEU.

procesos pequeños (como el ejemplo de referencia), la inspección visual sería suficiente, pero a medida que la complejidad del proceso aumenta, verificar la consistencia del proceso y validar el cumplimiento de las metas se vuelve realmente difícil. Además, debería actualizarse la descripción del proceso según lo actualizado en la fase de rediseño (Tabla 2). Por eso es que se recomienda que las etapas de análisis y diseño de proceso se lleven de la mano.

5. Configuración e implementación

En la fase de configuración e implementación del ciclo de vida BPM, el modelo de proceso "To-Be" es

implementado mediante un SIOP o WfMS apropiado. Un SIOP cuenta con un *motor de procesos* que interpreta el modelo (el cual debe convertirse a una *especificación ejecutable*) y lo ejecuta. Esta etapa se corresponde con las fases 4 y 5 de la metodología de rediseño de procesos de negocio BPTrends (implementar procesos de negocio rediseñados y desplegar procesos de negocio rediseñados, respectivamente).

En el presente trabajo, la configuración e implementación se llevó a cabo en dos partes. La primera parte fue la selección de la plataforma o BPMS que permitiera la implementación y el despliegue de los procesos.

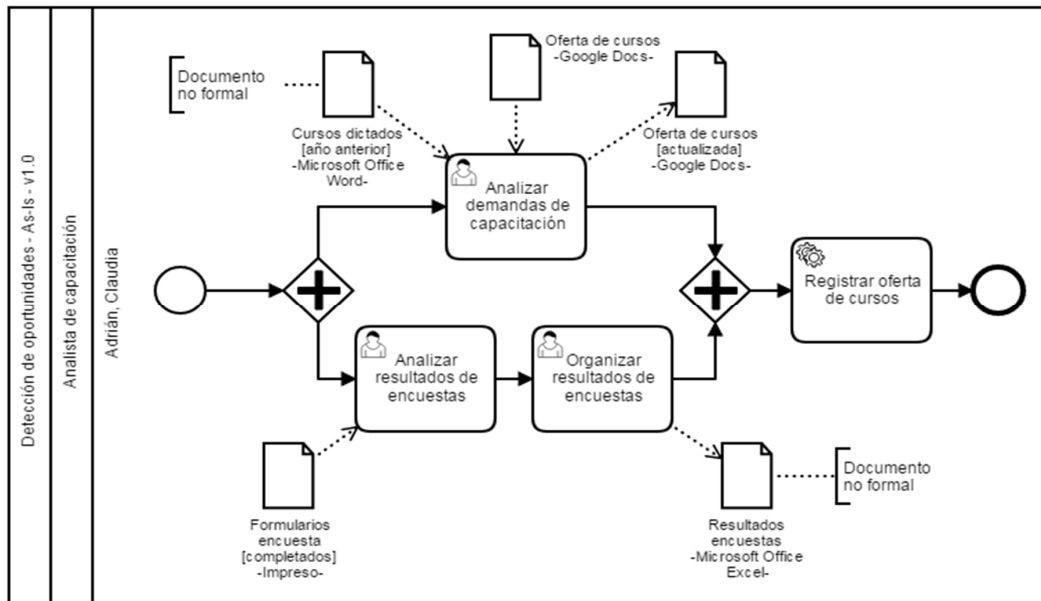


Figura 5. Modelo "As-Is" del proceso detección de oportunidades.

Tabla 1. Descripción detallada del proceso detección de oportunidades, según modelo "As-Is".

Descripción del proceso							
Nombre	Detección de oportunidades						
Versión	As-Is: 1.0						
Objetivo	Analizar las demandas de capacitación, tanto del ámbito académico de la Facultad Regional como las de la comunidad de San Francisco y la región, considerando además las tendencias de capacitación en el orden nacional, y definir una oferta de cursos acorde.						
Dueño del proceso	Secretario de Extensión Universitaria y Cultura						
Entradas	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos dictados el año anterior (Microsoft Office Word, documento no formal). • Oferta de cursos actual (Google Docs, documento formal, consensado por todos los usuarios). • Formularios de encuestas de cursos completadas (Documento impreso). 						
Salidas	Oferta de cursos actualizada (Google Docs, documento formal, consensado por todos los usuarios).						
Recursos humanos	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rol</th> <th>Usuarios</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Analista de capacitación</td> <td>Secretario de Extensión Universitaria y Cultura</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Director/a de capacitación y oficios</td> </tr> </tbody> </table>	Rol	Usuarios	Analista de capacitación	Secretario de Extensión Universitaria y Cultura		Director/a de capacitación y oficios
	Rol	Usuarios					
Analista de capacitación	Secretario de Extensión Universitaria y Cultura						
	Director/a de capacitación y oficios						
Tareas	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Analizar demandas de capacitación</td> <td>Determinar los cursos solicitados en la ciudad de San Francisco y la región por instituciones, empresas y la comunidad.</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	Descripción	Analizar demandas de capacitación	Determinar los cursos solicitados en la ciudad de San Francisco y la región por instituciones, empresas y la comunidad.		
Nombre	Descripción						
Analizar demandas de capacitación	Determinar los cursos solicitados en la ciudad de San Francisco y la región por instituciones, empresas y la comunidad.						

		Determinar los cursos solicitados por los departamentos de cada carrera. Analizar la factibilidad a priori de cada curso.	
	Analizar resultados de encuestas	Analizar todos los datos recabados de las encuestas haciendo uso de conceptos de estadística y análisis.	
	Organizar resultados de encuestas	Discriminar en forma sencilla y gráfica los resultados del análisis de encuestas.	
Recursos tecnológicos	<i>Tarea</i>	<i>Herramientas</i>	
	Analizar demandas de capacitación	Microsoft Office Word. Google Docs.	
	Analizar resultados de encuestas	Microsoft Office Excel.	
	Organizar resultados de encuestas	Microsoft Office Excel.	
KPI	<i>Tarea</i>	<i>Indicador</i>	<i>Meta propuesta</i>
	Analizar demandas de capacitación	Cantidad de cursos con perfil tecnológico (técnico).	Incrementar un 30%.
		Cantidad de cursos dictados en la región.	Incrementar un 10%.
	Analizar resultados de encuestas	Tiempo necesario para analizar las encuestas (tiempo de la actividad).	Optimizar en un 50%.
Organizar resultados de encuestas	Tiempo necesario para organizar los resultados de las encuestas (tiempo de la actividad).	Optimizar en un 80%.	

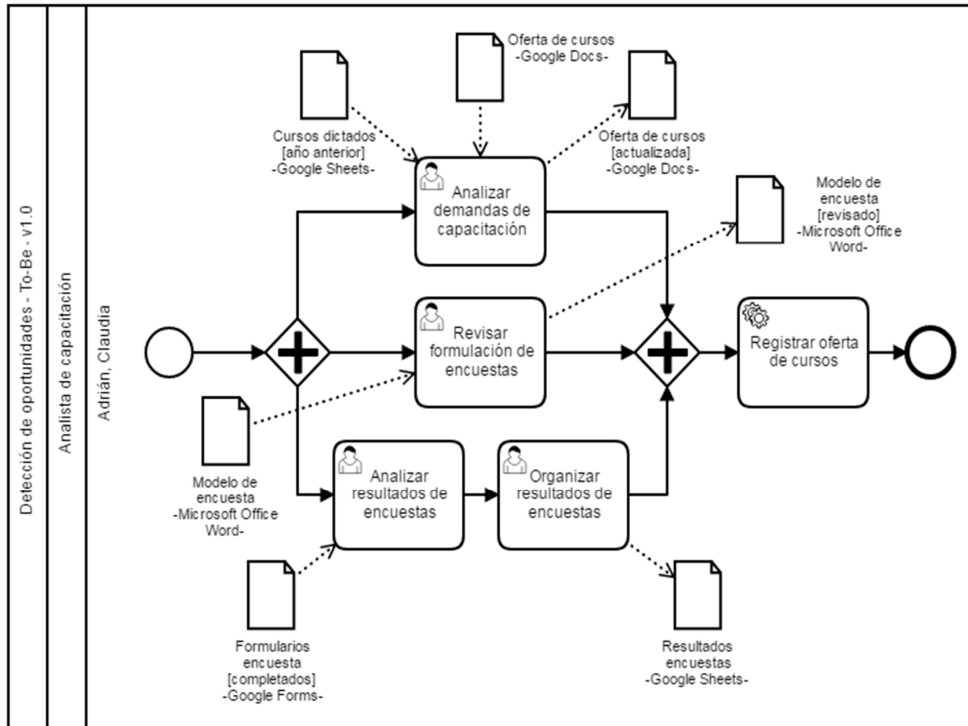


Figura 6. Modelo "To-Be" del proceso detección de oportunidades.

Tabla 2. Descripción detallada del proceso detección de oportunidades, según modelo "To-Be".

Descripción del proceso		
Nombre	Detección de oportunidades	
Versión	To-Be: 1.0	
Objetivo	Analizar las demandas de capacitación, tanto del ámbito académico de la Facultad Regional como las de la comunidad de San Francisco y la región, considerando además las tendencias de capacitación en el orden nacional, y definir una oferta de cursos acorde.	
Dueño del proceso	Secretario de Extensión Universitaria y Cultura	
Entradas	Cursos dictados el año anterior (Google Sheets). Oferta de cursos actual (Google Docs). Modelo de encuesta (Microsoft Office Word). Formularios de encuestas de cursos completadas (Google Forms).	
Salidas	Modelo de encuesta revisado (Microsoft Office Word). Oferta de cursos actualizada (Google Docs).	
Recursos humanos	<i>Rol</i>	<i>Usuarios</i>
	Analista de capacitación	Secretario de Extensión Universitaria y Cultura Director/a de capacitación y oficios
Tareas	<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>

	Analizar demandas de capacitación	Determinar los cursos solicitados en la ciudad de San Francisco y la región por instituciones, empresas y la comunidad. . Determinar los cursos solicitados por los departamentos de cada carrera. Analizar la factibilidad a priori de cada curso.
	Revisar formulación de encuestas	Revisar y/o modificar el modelo de la encuesta de capacitación.
	Analizar resultados de encuestas	Analizar todos los datos recabados de las encuestas haciendo uso de conceptos de estadística y análisis.
	Organizar resultados de encuestas	Discriminar en forma sencilla y gráfica los resultados del análisis de encuestas.
Recursos tecnológicos	<i>Tarea</i>	<i>Herramientas</i>
	Analizar demandas de capacitación	Google Sheets. Google Docs.
	Revisar formulación de encuestas	Microsoft Office Word.
	Analizar resultados de encuestas	Google Forms.
	Organizar resultados de encuestas	Google Sheets.

	Tarea	Indicador	Meta consolidada
KPI	Analizar demandas de capacitación	Cantidad de cursos con perfil tecnológico (técnico).	Incrementar un 30%.
		Cantidad de cursos dictados en la región.	Incrementar un 10%.
	Revisar formulación de encuestas	Tiempo necesario para revisar la formulación de las encuestas (tiempo de la actividad).	-
	Analizar resultados de encuestas	Tiempo necesario para analizar las encuestas (tiempo de la actividad).	Optimizar en un 50%.
	Organizar resultados de encuestas	Tiempo necesario para organizar los resultados de las encuestas (tiempo de la actividad).	Optimizar en un 80%.

Se evaluaron diferentes alternativas de BPMS (*jbpm*¹, *Bonita*² y *Bizagi*³), y se optó por la solución ofrecida por *Bonita* [4]. Si bien se utilizó la versión *open source* (*community*), la cual presenta varias limitaciones, las prestaciones ofrecidas son suficientes para lo requerido por el caso de estudio. Utilizando el modelador integrado en esta versión se completó el modelo ejecutable (*Bonita* genera el modelo adecuado en XPDL⁴, un lenguaje de especificación de procesos). *Bonita* también permite desplegar los procesos con su motor de procesos, creando las instancias de los mismos; incluso cuenta con una interfaz Web (el portal) para mostrar los formularios que sirven de interacción con los recursos que llevan a cabo las tareas de usuario. Para orquestar la interacción con otros sistemas software, cuenta con una *API Java* y una *API REST*, lo cual otorga gran flexibilidad a la hora de realizar conexiones con aplicaciones externas o sistemas legados. Existe una amplia cantidad de documentación y ejemplos para realizar estas conexiones, que suelen involucrar diferentes tipos de sistemas de información.

La segunda parte de la configuración e implementación tuvo en cuenta una importante deficiencia del sistema BPMS elegido: su soporte es prácticamente nulo en lo que respecta al monitoreo. Para subsanar esta dificultad, se recurrió a técnicas de *Data Warehousing* para implementar un *Data Warehouse*.

Para la implementación de dicho *Data Warehouse* se sigue el método propuesto en [13], el cual consta de las etapas detalladas a continuación.

La primera etapa, *especificación de requerimientos*, identifica la información relevante para producir los resultados deseados considerando las necesidades de los

usuarios y la disponibilidad de datos a partir de las fuentes operacionales. Las necesidades fueron expresadas anteriormente en términos de los KPI, por lo que ese es el punto de partida. Se realizó un análisis de los KPI requeridos y se notó la incidencia del factor tiempo en buena parte de ellos (por ejemplo, el tiempo para completar cierta actividad), por lo que se decidió agrupar los KPI en dos grupos diferentes: (1) *KPI generales* y (2) *KPI específicos del proceso*. Dentro de los KPI generales se agrupan aquellos que son comunes a todos los procesos, independientemente de la estructura de los mismos (por ejemplo, el tiempo en que tarda en completarse un proceso o una actividad cualquiera); a partir de ellos pueden obtenerse KPI concretos de cierto proceso. Los KPI específicos son propios de cada proceso, por lo que utilizan datos que generalmente no son comunes a todos los procesos. Esto dio lugar a la estructuración de KPI mostrada en la Tabla 3, en la que sólo se muestran los KPI específicos del proceso de detección de oportunidades.

Como se puede observar, sólo hay dos KPI específicos para el proceso de detección de oportunidades; los demás, que aparecen en las Tablas 1 y 2, pueden determinarse haciendo uso de consultas usando los KPI generales. Para simplificar, de ahora en más se hará mención solamente a los detalles asociados con los KPI generales.

Se analizó la disponibilidad de los datos operacionales y, para proveer flexibilidad a la hora de agregar nuevos KPI en el futuro, se decidió crear una base de datos de monitoreo, que se nutra de información proveniente del modelo de procesos implementado en *Bonita* (a través de los conectores apropiados) y de la propia base de datos de *Bonita*. Dicha base de datos de monitoreo se implementó en MySQL⁵ y su esquema se muestra en la Figura 7 (en forma de un esquema simplificado, ya que se omite información relativa a procesos específicos).

Tabla 3. Resumen de los KPI generales y los KPI específicos del proceso de detección de oportunidades.

KPI generales
Cantidad de instancias de proceso
Cantidad de instancias de actividad (en general)
Cantidad de instancias de actividad (de usuario y manuales)
Duración promedio de las instancias de proceso [días]
Duración promedio total de las instancias de actividad [días]
Duración promedio en posesión de las instancias de actividad [días]
Duración promedio de ejecución de las instancias de actividad [días]
KPI específicos de detección de oportunidades
Cantidad de cursos con perfil tecnológico
Cantidad de cursos dictados en la región

¹ <https://www.jbpm.org/>

² <https://es.bonitasoft.com/>

³ <https://www.bizagi.com/es>

⁴ <http://www.xpdl.org/>

⁵ <https://www.mysql.com/>

Este esquema comprende dos tablas principales: *inst_proceso* e *inst_actividad*. La primera almacena información de la ejecución de las instancias de proceso, mientras que la segunda, de la ejecución de las instancias de actividad. Los campos más importantes en ambas tablas son *id*, ya que permiten identificar las instancias. Estos números de ID (identificador) son generados por el propio motor de procesos, y es a través de los mismos que se pueden identificar las instancias de las actividades que forman parte de una determinada instancia de proceso.

Como los modelos de proceso pueden incluir *actividades de llamada*, las cuales invocan a otro proceso independiente, una instancia de una actividad de llamada representa una instancia de otro proceso completo; por lo tanto, la tabla *inst_actividad* también incluye un ID para la instancia de proceso que es llamada (*id_inst_subproceso_llamado*), permitiendo una anidación de procesos. Por otro lado, la tabla *inst_proceso* cuenta con el campo *es_subproceso* para indicar que la instancia es en realidad un subproceso correspondiente a una actividad de llamada.

La base de datos no se encuentra normalizada por simplicidad a la hora de realizar las conexiones desde el modelo de procesos en *Bonita*, y también para cumplir la función de *log*, en el que cada registro brinda toda la información directamente sin tener que realizar demasiadas consultas SQL.

En la tabla *inst_proceso*, los campos se agregan y/o actualizan en diferentes etapas a medida que avanza la ejecución de la instancia de proceso. Por ejemplo, al crearse una nueva instancia, se inserta un nuevo registro, especificando *id*, *id_proceso* (otro ID que corresponde a la definición del proceso a la cual pertenece la instancia, que también es definido por *Bonita*), *nombre_proceso* (el nombre del proceso, especificado en el modelo), *version_proceso* (la versión del proceso, especificada en el modelo), *id_estado* (un ID que determina el estado en el que se encuentra la instancia del proceso: iniciado, en ejecución, etc.), *estado* (el nombre del mencionado estado), *timestamp_inicio* (estampa de tiempo de inicio de la instancia), *date_time_inicio* (lo mismo que el anterior, en formato *DateTime*), *id_usuario_iniciador* (ID interno del usuario que inició el proceso) y *username_usuario_iniciador* (*nickname* del usuario anterior), *nombre_usuario_iniciador* (nombre de pila del usuario anterior) y *es_subproceso*. Al avanzar la ejecución de la instancia del proceso se actualizan los campos *id_estado* y *estado*, y cuando el mismo finaliza, se completan los campos *timestamp_fin* y *date_time_fin* (ambos almacenan el momento en que finaliza la instancia del proceso).

También se agregan y actualizan los campos de la tabla *inst_actividad* a medida que se ejecutan las diferentes actividades, ya sean de usuario o de servicio.

Cuando el motor de procesos crea una instancia de una nueva actividad, se agrega un nuevo registro en la tabla, con los valores para los campos *id*, *id_actividad* (otro ID que corresponde a la definición de la actividad a la cual pertenece la instancia, definido por *Bonita*), *nombre_actividad* (el nombre de la actividad, especificado en el modelo), *id_tipo_actividad* (un ID que determina el tipo de actividad: de usuario, de servicio, etc.), *tipo_actividad* (el nombre del mencionado tipo de actividad), *id_estado* (ídem *inst_proceso*), *estado* (ídem *inst_proceso*) y *timestamp_disponibilidad* (y *date_time_disponibilidad* (momento a partir del cual la instancia de actividad está disponible para ser tomada por un usuario); las instancias de tarea de usuario que forman parte de una instancia de proceso constituyen *items de trabajo*, los cuales necesitan ser tomados por un recurso que los pueda llevar a cabo [1]. Los demás campos dependen del tipo de actividad.

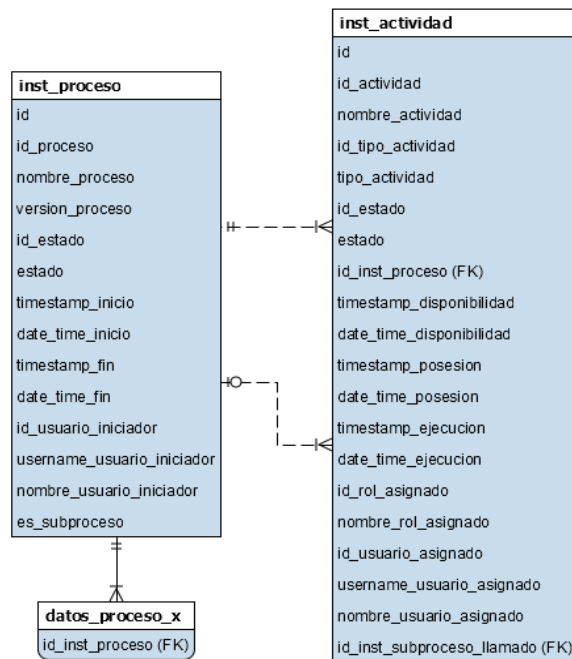


Figura 7. Esquema de la base de datos de monitoreo (simplificada).

Para las actividades de usuario, son importantes *timestamp_posecion* y *date_time_posecion* (momento en el cual el ítem de trabajo es tomado por un usuario), *timestamp_ejecucion* y *date_time_ejecucion* (momento en el cual el usuario ejecuta el ítem de trabajo), *id_rol_asignado* (ID del rol que desempeña el usuario), *nombre_rol_asignado* (nombre del rol anterior),

id_usuario_asignado, *username_usuario_asignado* y *nombre_usuario_asignado* (datos del usuario, ídem al usuario iniciador en *inst_proceso*). Las actividades de servicio sólo utilizan los campos *timestamp_ejecucion* y *date_time_ejecucion*. El rol y el usuario no son requeridos, pues la actividad es ejecutada por un sistema software.

Las etapas restantes del proceso de diseño del Data Warehouse (*diseño conceptual*, *diseño lógico* y *diseño físico*), permiten obtener una serie de artefactos que posibilitan el despliegue del Data Warehouse.

Entre ellos se encuentra el modelo del Data Warehouse (a través de sus diferentes etapas). Para el caso de estudio considerado (y teniendo en cuenta sólo los KPI generales), el esquema del modelo, implementado también en *MySQL*, se muestra en la Figura 8.

En dicho esquema de la base de datos del Data Warehouse se pueden observar tres tablas de hechos. La tabla *ft_inst_proceso* permite determinar los KPI “cantidad de instancias de proceso” y “duración promedio de las instancias de proceso”. La tabla *ft_inst_actividad* permite calcular los KPI asociados a cualquier tipo de actividad (“cantidad de instancias de

actividad” y “duración promedio total de las instancias de actividad”). Finalmente, la tabla *ft_inst_actividad_usuario_manual* brinda mediciones propias de actividades que no son de servicio y dependen de usuarios, como “duración promedio en posesión de las instancias de actividad” y “duración promedio de ejecución de las instancias de actividad”. Estas tablas de hechos se valen de varias tablas dimensionales para clasificar las medidas de los KPI (*dt_tiempo*, *dt_proceso*, *dt_estado_inst_proceso*, etc.).

Otros artefactos generados son las transformaciones ETL (del inglés *Extraction, Transformation, and Loading*), las cuales permiten extraer los datos de las fuentes operacionales (la base de datos de monitoreo), transformar estos datos para realizar las agregaciones necesarias de acuerdo al modelo dimensional y cargar los datos en la base de datos del Data Warehouse. Estas transformaciones fueron implementadas mediante la herramienta *Pentaho Data Integration*⁶.

Finalmente, también se definen los cubos OLAP (del inglés *On-Line Analytical Processing*), los cuales permitirán mostrar la información de la base de datos del Data Warehouse. A tal fin se emplea la herramienta *Pentaho Schema Workbench*⁵.

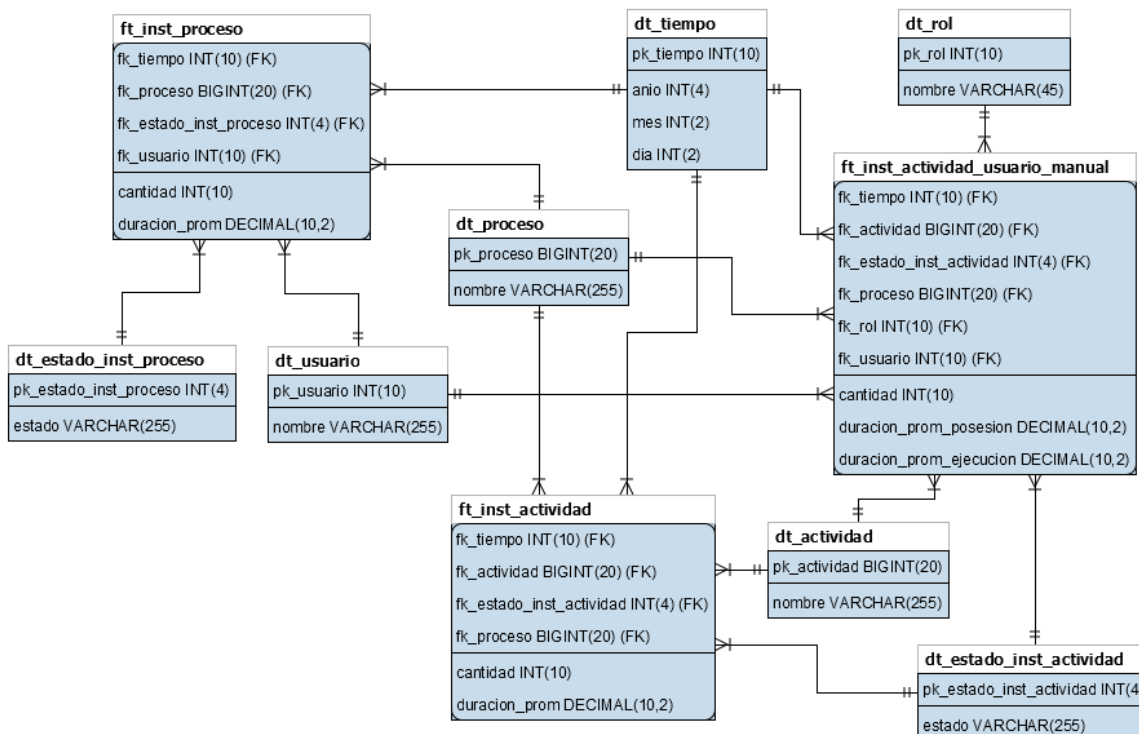


Figura 8. Esquema de la base de datos del Data Warehouse (simplificada).

6. Ejecución y monitoreo

Una vez completada la fase de configuración e implementación, las instancias de procesos de negocio pueden ser creadas y ejecutadas. La fase de ejecución comprende el tiempo de ejecución real de los procesos de negocio. Durante esta fase, el BPMS crea instancias ante la ocurrencia de un proceso de negocio [5, 6]. El BPMS controla activamente la ejecución de las instancias del proceso definido en el modelo de proceso de negocio. La fase de ejecución debe proveer una correcta orquestación de procesos, garantizando que las actividades de los mismos se lleven a cabo de acuerdo con las limitaciones de ejecución especificadas en el modelo de proceso.

Una tarea importante de un BPMS es la coordinación de los trabajos (actividades) entre el personal de una organización [5, 6]. Para cumplir con esto, el sistema tiene que estar provisto de información sobre las estructuras organizativas en las que el proceso de negocio se va a ejecutar. El principio general detrás del modelado de la organización es el recurso, lo cual recalca la importancia de la perspectiva de recursos. Un *recurso* es una entidad que puede realizar un trabajo para la organización [6]. El vínculo entre la estructura organizacional y los procesos de negocio se lleva a cabo por medio de los ítems de trabajo. Debido a que cada actividad es realizada por un trabajador, los ítems de trabajo están asociados a los trabajadores [5]. Cuando el sistema de gestión de procesos de negocio determina que una determinada instancia de una actividad entra en el estado listo o habilitada, un ítem de trabajo se ofrece a un grupo de trabajadores previamente definido.

Cada ítem de trabajo está asociado con exactamente una instancia de actividad. La selección de los trabajadores del proceso está sujeta a mecanismos de asignación de recursos. Cuando un trabajador completa la instancia de una actividad, se informa al sistema de gestión de procesos de negocio, por lo que la instancia del proceso continúa su ejecución.

Cuando un proceso se ejecuta en un BPMS, hay una clara separación entre la coordinación y ejecución de las actividades. Normalmente, el sistema se encarga de la coordinación de instancias de procesos, informando a los trabajadores sobre las actividades que necesitan realizar. En consecuencia, los trabajadores suelen ver sólo aquellas actividades de las que son directamente responsables, mientras que el sistema oculta la complejidad del proceso en general [1]. Cada participante tiene típicamente una *lista de trabajo* personal que muestra el conjunto de ítems de trabajo que todavía tiene que ser realizado. Podrían existir varios ítems de trabajo correspondientes a una sola actividad si existen varias instancias que actualmente se están realizando [1, 5].

El BPMS dispone también de un mecanismo de monitoreo que permite conocer, por ejemplo, el estado de

las instancias del proceso de negocio. En esta fase se reúne información valiosa relacionada a la ejecución de los procesos de negocio, la cual por lo general se almacena en un archivo de registro (*log*). Esta información es la base para la evaluación de los procesos en la siguiente fase del ciclo de vida de BPM [4].

El monitoreo en el caso de estudio planteado se realizó por fuera del BPMS, utilizando el Data Warehouse. A tal fin, primero se realiza la carga de datos a la base de datos dimensional, mediante la ejecución de una serie de transformaciones ilustradas en la Figura 9. En resumen, primero se vacían los datos de todas las tablas, luego se cargan los datos en las tablas dimensionales y, finalmente, se cargan los datos en las tablas de hechos. La ejecución de estas transformaciones se realiza mediante la utilización de la herramienta *Pentaho Data Integration*.

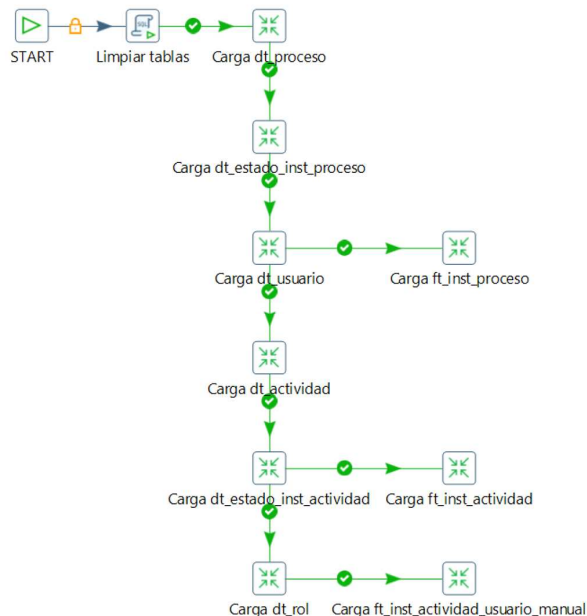


Figura 9. Transformaciones para cargar la base de datos del Data Warehouse (para los KPI generales).

A partir de este punto, ya es posible visualizar la información a través de los cubos OLAP definidos anteriormente. Se empleó la herramienta de visualización provista por la plataforma *Pentaho Business Analytics Platform*, la cual dispone de una interfaz Web para interactuar con el usuario. Dicha plataforma permite la integración de diversos *plug-ins* para mostrar información, tanto en forma de tablas dinámicas como de tableros de comando. Para el presente caso de estudio, se

empleó *Pivot4J*. Este *plug-in* permite interactuar de forma dinámica con las mediciones asociadas a los KPI, en forma de tablas dinámicas, de dos maneras: seleccionando las medidas y las dimensiones deseadas de la lista disponible o escribiendo la consulta directamente como sentencia MDX (del inglés *Multidimensional Expression Language*), un lenguaje basado en SQL especializado para realizar análisis OLAP [14].

La primera situación se puede observar en la Figura 10, en la cual se eligió visualizar el KPI “duración promedio de ejecución de las instancias de actividad” según el proceso y la actividad; se obtienen como resultado simultáneamente los KPI “tiempo necesario para revisar la formulación de las encuestas”, “tiempo necesario para analizar las encuestas” y “tiempo necesario para organizar los resultados de las encuestas” referenciados en la Tabla 2. Por ejemplo, se puede observar que el tiempo necesario para organizar los resultados de las encuestas es de 6,24 días.

La otra alternativa es especificar directamente dicha consulta. Esto brinda la flexibilidad de generar KPI a demanda. Por ejemplo, si en algún momento se requiriera conocer el porcentaje de las instancias de proceso que se encuentran en todos los posibles estados, podría usarse la consulta de la Figura 11.

La consulta de la Figura 11 básicamente define una nueva medida (líneas 2 a 5, [Measures].[porcentaje]), equivalente a la cantidad de instancias de proceso ([Measures].[cantidad]) dividida por su jerarquía padre (indicada por *CurrentMember.Parent*), lo cual formateado adecuadamente, según la línea 5, se traduce en un porcentaje sobre un total. La instrucción *SELECT* en la línea 6 selecciona la cantidad de instancias de proceso y dicho porcentaje como columnas de la tabla y los distintos estados posibles de las instancias como filas (línea 7), del cubo definido para las instancias de proceso (cubo-inst_proceso, línea 8). Este resultado indica que el 50% de las instancias de proceso se encuentran en ejecución, 33,33% finalizadas y 16,67% iniciadas.

7. Evaluación

Durante la fase de ejecución y monitoreo, el BPMS registra datos de las actividades llevadas a cabo durante la ejecución de los procesos. El archivo en el que estos datos se almacenan recibe el nombre de *archivo de registro (log)* y los datos se conocen como *registros de eventos*. Cada vez que se completa una actividad, se añade una nueva entrada al archivo de registro. Los registros de eventos tienen el potencial para revelar importantes conocimientos de la forma en que un proceso funciona realmente [1, 5].

Proceso	Actividad	Measures
Todos los procesos	Todas las actividades	Duración promedio de ejecución de las instancias de actividad [días]
Detección de oportunidades	Todas las actividades	8.32
	Análizar demandas de capacitación	2.08
	Análizar resultados de encuestas	6.24
	Organizar resultados de encuestas	0
	Registrar oferta de cursos	
	Revisar formulación de encuestas	0

Figura 10. KPI generales de instancias de actividad usados para determinar KPI del proceso detección de oportunidades, según la Tabla 2.

En esta etapa se emplea una disciplina nueva conocida como *minería de procesos* [15]. La minería de procesos combina conceptos de *aprendizaje automático (machine learning)* y *minería de datos* por un lado, y modelado y análisis de procesos por el otro. La idea detrás de la minería de procesos es descubrir, monitorear y mejorar procesos reales (o sea, procesos no asumidos, sino que implementados realmente) por medio de la extracción de conocimiento de estos archivos de registro [1, 15].

El descubrimiento automático de procesos utiliza los registros de eventos para generar un modelo de procesos correspondiente. Para el análisis de rendimiento se utilizan los registros de eventos con la finalidad de inspeccionar el comportamiento real de un proceso y compararlo con puntos de vista de análisis de procesos en términos de tiempo, costo, calidad y flexibilidad, a modo de monitoreo. Esta comprobación de conformidad intenta

```

1 WITH
2 MEMBER [Measures].[porcentaje] AS
3 ' [Measures].[cantidad] /
4 ([Measures].[cantidad], [dim-estado_inst_proceso.jerarquia-estado_inst_proceso].CurrentMember.Parent) ',
5 format_string = '0.00%'
6 SELECT [Measures].[cantidad], [Measures].[porcentaje] ON COLUMNS,
7 [dim-estado_inst_proceso.jerarquia-estado_inst_proceso].Members ON ROWS
8 FROM [cubo-inst_proceso]
    
```

(a)

Estado	Measures	
	Cantidad de instancias de proceso	porcentaje
Todos los estados	6	
En ejecución	3	50.00%
Finalizada	2	33.33%
Iniciada	1	16.67%

(b)

Figura 11. KPI a partir de una consulta MDX (porcentaje de las instancias de proceso que se encuentran en todos los posibles estados). (a) Consulta. (b) Resultado.

medir cuán alineado es el modelo de procesos a la realidad. La mejora de procesos va más allá, modificando o extendiendo el modelo para mejorarlo.

Minería de procesos es una disciplina muy amplia que no será desarrollada en el presente proyecto.

8. Conclusiones

Se presentó una introducción a BPM, lo que realmente involucra y, en consecuencia, lo que no, resaltando la importancia de las fases posteriores al modelado (particularmente, ejecución y monitoreo). Como BPM implica una mejora continua de procesos, sería muy difícil realizar una mejora sin tener una medida real del desempeño actual. Se consiguió aplicar el ciclo de vida completo a un caso de estudio real, teniendo en cuenta las diferentes perspectivas que considera BPM (flujo de control, datos, recursos).

Particularmente, en este caso de estudio se requirió mostrar resultados a los responsables del área, para demostrar que tenía sentido la implementación de BPM y que realmente produjo mejoras en los procesos involucrados, logrando la aceptación satisfactoria de dicha implementación.

La aplicación de BPM se realizó en el marco de referencia de la metodología *BPTrends* [11, 12], y utilizando herramientas software adecuadas que dan soporte a cada etapa del ciclo de vida.

9. Próximos pasos y trabajos futuros

BPM implica una mejora continua de procesos, por lo cual es un ciclo que nunca termina. Se logró la aplicación del ciclo de vida completo al caso de estudio, considerando la mayoría de los procesos de negocio principales, en lo que corresponde a una iteración.

El paso siguiente es la implementación en producción del total de los procesos de negocio, pues se cuenta con el hardware y software necesario disponible, realizando la siguiente iteración. Ya se comenzó con una nueva fase de análisis, y se corroboró la necesidad de una mejora continua, pues el contexto de trabajo cambió desde el comienzo de la primera iteración (se está en proceso de implantación de un nuevo sistema administrativo, que puede modificar el uso de los documentos y datos utilizados actualmente).

Finalmente, se procedió al inicio de un nuevo proyecto para implementar minería de procesos en el caso de estudio planteado [4], completando de manera íntegra la implantación BPM en el área.

10. Referencias

[1] Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., Reijers, H.A., 2013, *Fundamentals of Business Process Management*, Springer, Verlag Berlin Heidelberg.

[2] Weske, M., 2012, *Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures 2nd Edition*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

[3] OMG, 2011, *Business Process Modeling Notation, V2.0* [online]. Available from <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/About-BPMN/>

[4] Perez, M., Ferreyra, J. P., Verino, C., y Cocconi, D., 2018, "Implementación de una arquitectura de procesos como resultado de la aplicación del ciclo de vida BPM durante sus fases de configuración y ejecución". En *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Exactas, Corrientes)*.

[5] Ferreyra, J. P., Roa, J., Cocconi, D., Perez, M., Verino, C., Villarreal, P. D., 2017, "Estado actual de la Gestión de Procesos de Negocio basada en Computación en la Nube". 5to. *Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información (CONAIISI), 2017*, Santa Fe, Argentina.

[6] Weske, M., 2007, *Business Process Management. Concepts, Languages, Architectures*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

[7] Ko R. K. L., 2009, A computer scientist's introductory guide to business process management (BPM), *Crossroads*, 15, 4 (June 2009), 4.

[8] He, G., Xue, G., Yao, S., & Wu, Z., 2010. Business Process Modeling: A Survey.

[9] Stroppi, L.J.R., Chiotti O., Villarreal, P.D., 2015, Defining the resource perspective in the development of processes-aware information systems, Elsevier, *Information And Software Technology*, 59, 3-2015, pp. 86-108.

[10] Cocconi, D., Roa, J., & Villarreal, P. D., 2017, Cloud-based platform for collaborative business process management. In: *Simposio Latinoamericano de Procesos de Negocio, Arquitecturas y Sistemas Organizacionales (SLPNASO)-JAIIO 46 (Córdoba, 2017)*.

[11] Perez, M., Ferreyra, J. P., Verino, C., y Cocconi, D., 2017, "Definición de una arquitectura de procesos utilizando la metodología *BPTrends* para la aplicación del ciclo de vida BPM". En *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires)*.

[12] Harmon, P., 2014, "Business process change", 3rd edition, Morgan Kaufmann.

[13] Vaisman, A., Zimányi, E., 2014., "Data Warehouse Systems", Springer, Berlin, Heidelberg.

[14] Larson, B., 2016, *Delivering Business Intelligence with Microsoft SQL Server 2016*, Fourth Edition, McGraw-Hill.

[15] Aalst, W.M.P., 2016, *Process Mining: Data Science in Action*, 2nd Edition.

La Gestión de Conocimiento Aplicado a la Fase de Pruebas de la Ingeniería de Software - Revisión Sistemática

Mauricio Rozo¹, Inés Casanovas^{1 2}

¹Programa de Maestría en Ingeniería de Sistemas de Información. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires, Castro Barros, (C1178AAA), C.A.B.A., Argentina.

²Grupo de Estudios en Metodologías de Ingeniería de Software (GEMIS) Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Buenos Aires.

mauricio.rozo.rodriguez@gmail.com, inescasanovas@gmail.com

Resumen

La fase de pruebas en la ingeniería de software, es un proceso que genera un gran volumen de conocimiento, considerándose como un factor crítico para la calidad de producto, por lo tanto, exige una creciente demanda sobre cómo mejorar la efectividad en el cumplimiento de esta tarea, es ahí donde el uso de métodos y principios de Gestión de Conocimiento se convierte en la base para gestionarla. En este trabajo, se realiza una revisión sistemática para identificar el estado de situación de la Gestión de Conocimiento aplicado a la fase de pruebas de la Ingeniería de Software en los últimos cinco años. A su vez, se presenta un análisis de las publicaciones seleccionadas, fundamentadas en categorías de clasificación y por último se identifica qué técnicas existentes y adaptadas en otros ámbitos informáticos son aplicables y surgen como elementos para potencializar el desarrollo y expansión de la Gestión de Conocimiento en el contexto de la Ingeniería de Software.

Palabras Clave: Gestión de Conocimiento, Fase de Pruebas, Ingeniería de Software, Revisión Sistemática.

1. Introducción

La evolución constante de la sociedad ha permitido nuevos retos que demandan una profunda preparación en herramientas tecnológicas, acelerando los cambios de las tecnologías de la información y comunicación, dando pie al fortalecimiento de la sociedad del conocimiento, en ese sentido, en la actualidad, la gestión de conocimiento (GC) es sin duda uno de los activos más valiosos de las organizaciones[1], debido a que provee de

manera estructurada y sistemática las herramientas para facilitar que el conocimiento generado ayude a alcanzar los objetivos estratégicos de las organizaciones y optimizar las decisiones que se tomen para mejorar los procesos.

La GC es entendida como la creación, descubrimiento y recolección interna de conocimiento y de las mejores prácticas, para compartir y entender las prácticas que la organización puede usar, y de esta manera ajustarlas y aplicarlas a nuevas situaciones en la búsqueda de la mejora en el desempeño organizacional [2].

Para Duran et al. [3] la GC es el conjunto de principios, métodos, técnicas, herramientas, métricas y tecnologías que permiten obtener los conocimientos precisos para los que lo necesitan del modo adecuado, en el tiempo oportuno de forma eficiente y sencilla, con el fin de conseguir una actuación lo más inteligente posible. Así mismo, establecen que la GC comprende los siguientes elementos:

- La conceptualización de las diferencias y la relación existente en el trial de los conceptos: dato, información y conocimiento.
- La instanciación que realiza un individuo por medio del procesamiento cognitivo de los datos y la información, para ser usados en un contexto específico.
- La concepción de conocimiento, la cual es propia del individuo, y su utilidad sujeta a los

procesos de compartir, interpretar e interiorizar de otras personas.

Ahora bien, en relación a la adopción de prácticas de GC en la ingeniería de software, De Vasconcelos et al. [4] sugieren que mejoraría tanto para la construcción del software como en su mantenimiento.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, es indudable que el conocimiento es el eje, que permite a las empresas permanecer en el mercado, siendo este muy específico para cada organización; es por ello que, el tratamiento de este activo a través de una gestión en el ámbito informático, ofrece nuevas perspectivas de crecimiento a las organizaciones. [4][5][6]

En ese sentido, entendiendo que en la ingeniería de software la gestión de conocimiento está desarrollándose en la medida de las necesidades que expresan las organizaciones de este rubro, resulta necesario expandir el uso de la GC dentro de las diferentes fases de la ingeniería de software, debido a la especificidad que exige la evolución de los procesos de cada una. [7]

Utilizando el estudio de revisión sistemático [8] para identificar y categorizar la investigación sobre un contexto amplio en la ingeniería de software, se ha realizado una exploración con este método, para identificar el estado de la GC y de la Ingeniería de Software en la fase de pruebas en un período comprendido entre 2013 y 2017.

En esta comunicación se presenta el método de revisión sistemático aplicado (Sección 2), se describe los principales resultados obtenidos de la revisión (Sección 3), se discuten los hallazgos y limitaciones (Sección 4). Finalmente se presentan las conclusiones y futuras líneas de trabajo (Sección 5).

2. Métodos y Protocolo de Investigación

En esta sección se presenta el protocolo de investigación utilizado para el desarrollo de la

revisión sistemática, a su vez se describen los pasos utilizados en la realización de la revisión.

El método de investigación que describe esta revisión sistemática se basa en un trabajo de Souza et al. [8], el cual define las directivas para las revisiones sistemáticas y proporciona una visión general del objeto de estudio, en este caso, la GC aplicado a la fase de pruebas en la Ingeniería de Software.

Para Claes [9], la revisión sistemática incluye tres fases a saber: la planificación, donde se definen las actividades previas y tiene como objetivo identificar cuáles son las preguntas de investigación a resolver, además de los criterios para inclusión o exclusión, así como las fuentes a utilizar. La fase siguiente es la realización, la cual considera los estudios para extraer y sintetizar los datos para ser analizados. Por último, la fase de informes es aquella en la cual se describen los resultados obtenidos.

Las preguntas de investigación que guiaron la revisión son:

PI1. Cuál es el estado de situación de la GC aplicada a la fase de pruebas de la Ingeniería de Software en los últimos cinco años.

PI2. Qué técnicas existentes y adaptadas en otros ámbitos informáticos, son aplicables en la GC en la fase de pruebas y surgen como elementos para potencializar el desarrollo y masificación en el contexto de la ingeniería de software.

Los criterios de inclusión (CI) y exclusión (CE), que se seleccionaron para el presente trabajo fueron:

CI1. La publicación científica refiere a la GC aplicado a la fase de pruebas en la ingeniería de software.

CE1. En las palabras claves de la publicación no se consideran los términos GC y/o pruebas de software.

CE2. En el título de la publicación no se consideran los términos GC y/o pruebas de software.

CE3. Artículos que tienen un contexto geográfico u organizacional específico no aplicable al argentino, según el título y resumen.

Se consultaron las siguientes bases de datos y metabuscadores como fuentes de información:

IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org>,
Science Direct:
<https://www.sciencedirect.com/>,
ACM Digital Library: <https://dl.acm.org/>,
SAGE Journals:
<http://journals.sagepub.com/>,
Springerlink: <https://link.springer.com/>,
Emerald Insight:
<https://www.emeraldinsight.com/>,
GREDOS: <http://www.editorialgredos.com/>,
Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/>.

Sobre las mencionadas bases de datos y metabuscadores, se utilizó la cadena de búsqueda que se muestra en la siguiente tabla (ver tabla 1), aplicada en tres campos de metadatos (título, resumen y palabras clave)

Tabla 1. Cadena de búsqueda en el estudio gestión de conocimiento aplicado a la fase de pruebas de la Ingeniería de Software.

Área	Términos de búsqueda
Ingeniería de Software	"Pruebas de software", "Software testing"
Gestión de Conocimiento	"Gestión de conocimiento", "Knowledge management"
Cadena de búsqueda: ("Pruebas de software" OR "Software testing") AND ("knowledge management" OR "Gestión de conocimiento")	

3. El proceso de revisión y los resultados obtenidos

En esta sección se plantean los principales pasos realizados, a saber: búsqueda y selección (Sección 3.1), clasificación de datos (Sección 3.2), la síntesis y análisis de datos (Sección 3.3)

y por último la interpretación de los resultados obtenidos (Sección 3.4).

3.1 Búsqueda y Selección

El proceso de búsqueda considera los artículos publicados en un período comprendido entre enero de 2013 y diciembre de 2017. Luego de aplicar la cadena de búsqueda referida en la tabla 1, se obtuvieron 47 publicaciones; la tabla 2, describe el detalle de la cantidad de artículos publicados por base de datos.

Tabla 2. Cantidad de artículos publicados por base de datos y/o metabuscadores.

Base de datos	Cantidad de artículos
IEEE Xplore	21
Science Direct	11
Emeraldinsight	4
ACM Digital Library	3
GREDOS	3
Dialnet	2
SAGE Journals	2
Springerlink	1

El proceso de selección para que los artículos fuesen considerados dentro de la población objeto de estudio, estuvo basado en la aplicación de los criterios de inclusión CII y de exclusión CE1, CE2 descritos en la sección 2.

Luego se aplicó un primer paso de selección, eliminando las publicaciones duplicadas según su título y resumen. En este paso, el número de artículos considerados se redujo a 40, equivalente a una reducción del 14.9%.

Finalmente, como última fase de selección, se aplicó el criterio de exclusión CE3 que resultó en una reducción del 17.5%, equivalentes a 7 publicaciones. La tabla 3 resume las fases de selección y sus resultados.

Tabla 3. Resultados de las fases de selección.

Fase	Criterio	Cantidad Inicial de Artículos	Cantidad Final de Artículos	% de Reducción
1	Eliminar Duplicados	47	40	14.9
2	CE3	40	33	17.5

De acuerdo con las fases realizadas en el proceso de selección, se consideraron finalmente 33 publicaciones para ser analizadas.

3.2 Clasificación de Datos

Buscando responder a las preguntas de investigación, este trabajo orientó la definición de categorías para clasificar los estudios de la siguiente manera:

Esquema de clasificación del estado situación de la GC aplicado a la fase pruebas. Tiene como objetivo identificar por agrupación de las publicaciones, como es el estado de situación de la GC en las pruebas. Se identificaron cinco categorías, a saber: fuente de publicación, año de publicación, enfoque metodológico, método de investigación y palabras clave.

Esquema de clasificación de técnicas. Se basa en identificar qué técnicas han sido aplicadas en la GC en la fase de pruebas y surgen como elementos para potencializar el desarrollo y masificación en el contexto de la Ingeniería de Software. Se identificaron dos categorías: en la reutilización del conocimiento y en su transferencia.

3.3 Síntesis y Análisis de Datos

En relación a la fuente de publicación, la tabla 4 describe las fuentes utilizadas por los investigadores, para dar a conocer sus propuestas de investigación. Las cifras indican que el número de artículos publicados, no se concentran en una revista o conferencia.

Si bien existen fuentes con más de un artículo publicado, no es representativa la concentración, indicando que los investigadores, no tienen definida una predilección a la hora de realizar las publicaciones de sus investigaciones.

Tabla 4. Fuente de publicación vs Cantidad de artículos

Revista/Conferencia	Número de Artículos
Congreso Internacional de Aprendizaje, Innovación y Competitividad	3
Revista Internacional de Gestión de Proyectos	3
Encuentros Virtual Educa	2
Información y tecnología de software (Journal)	2
Revista de ingeniería Usbmed	2
Simposio Internacional de Inteligencia Artificial Aplicada e Informática	2
Calidad de Software, Confiabilidad y Seguridad de Software (Journal)	1
Ciencia de la Computación e Ingeniería Informática (Journal)	1
Conferencia de computación y comunicaciones de rendimiento	1
Conferencia Internacional de Ingeniería de Software	1
Conferencia Internacional sobre Capital Intelectual, Gestión del Conocimiento y Aprendizaje Organizacional	1
Digitala Vetenskapliga Arkivet (Journal)	1
Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia	1
Estudios Gerenciales (Journal)	1
Grupo Emerald	1
Ingeniería de Software y Aplicaciones Avanzadas (Journal)	1
Manual de Organización Económica	1
Principales problemas en la gestión del conocimiento	1
Repositorio Digital Universidad De Las Américas	1
Revista Ciencia Administrativa Universidad Veracruz	1
Revista de investigación empresarial	1
Revista de investigación en ciencias estratégicas	1
Revistas Académicas Universidad EAFIT	1
Revistas Económicas CUC	1
Sistemas expertos (Journal)	1

En cuanto al enfoque metodológico, Medina et al. [10] proponen que un trabajo de investigación se sustenta de dos enfoques

principales: el cualitativo y cuantitativo, que al combinarse forman un tercer enfoque denominado mixto.

Coincidentemente, Hernández Sampieri y Fernández Collado[11] afirman que las bondades del enfoque cuantitativo están enmarcadas en la posibilidad de generalizar los resultados ampliamente, así como otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista basado en magnitudes, mientras que el enfoque cualitativo, proporciona profundidad a los datos, que conllevan a una riqueza interpretativa, favoreciendo la contextualización del ambiente, y aportando una visión holística y de flexibilidad sobre los fenómenos.

De acuerdo con lo anterior, la siguiente tabla (tabla 5) describe cómo se agrupa el enfoque metodológico utilizado en las investigaciones publicadas en los últimos cinco años, indicando que el 36% de las investigaciones utilizan el mixto, mientras que el 33% el cualitativo y un 30% utiliza el cuantitativo.

Tabla 5. Número de artículos por enfoque metodológico

Enfoque Metodológico	Número de Artículos	Porcentaje de participación
Mixto	12	37
Cualitativo	11	33
Cuantitativo	10	30

Estudiando los métodos de investigación, Rodríguez Sosa [12] enuncia que ellos son estrategias adoptadas por el investigador con el objetivo de dar respuesta a las preguntas que definen la investigación y alcanzar los objetivos que se ha planteado. Es así que la elección de algún método depende de las características del fenómeno que se pretende investigar y el tipo de conocimiento que se procura a alcanzar.

Hernández Sampieri y Fernández Collado [11] proponen que los cuestionarios o entrevistas y métodos observacionales como los estudios de

casos son ejemplos asociados al enfoque cualitativo.

En consecuencia, en la tabla 6, se sintetizan los métodos de investigación utilizados en los artículos publicados en el período 2013 y 2017 objeto de análisis en este trabajo.

Tabla 6. Número de artículos por método de investigación

Método de Investigación	Número de Artículos	Porcentaje de participación
Discusión Teórica	8	24
Lectura de documentos	7	21
Entrevista	6	18
Caso de Estudio	4	12
Cuestionario	3	9
Encuesta	3	9
Simulación	2	6

Tous y Mattar [13], establecen que las “palabras claves son términos o frases cortas (lexemas) que permiten clasificar y direccionar las entradas en los sistemas de indexación y de recuperación de la información en las bases de datos de un manuscrito o área temática en particular”.

Además, afirman que “las palabras clave no solo son útiles para la realización de una búsqueda bibliográfica, sino que van más allá y pueden servir para estudiar y analizar trabajos por materia, evidenciando corrientes investigadoras y aspectos de interés de los investigadores”.

Por tanto, en relación a palabras clave, la tabla 7 describe la frecuencia de su uso, en los artículos objeto de análisis en esta revisión, denotando que en 24 artículos aparece el término GC, en 5 utilizan pruebas de software y tan solo en 4 artículos se utilizan ambos términos.

Tabla 7. Términos más utilizados relacionados al objeto de investigación

Términos	Frecuencia
Gestión de conocimiento	24
Pruebas de software	5
Pruebas de software y Gestión de conocimiento	4

Por otro lado, analizando las publicaciones que aplican la GC en la fase de pruebas, (4 publicaciones según la tabla 7), solo una publicación propone un modelo de GC en la fase de pruebas donde el conocimiento pueda ser reutilizado y con base en su transferencia. Los otros son estudios de revisión sistemática como lo definen en [8].

3.4 Interpretación de Resultados

En esta sección se discuten los principales hallazgos de esta investigación.

En el ámbito de la GC, varias publicaciones informan que existe el problema de la reutilización de conocimiento dentro de las organizaciones y por ende crecen las barreras de transferencia de conocimiento. Para ello, informan sobre el uso de modelos o arquitecturas de GC para dar solución a la problemática. Sin embargo, no siempre se logra el aprendizaje organizacional, porque los empleados son reacios a compartir su conocimiento ya que consideran que retenerlo es una ventaja sobre sus colegas. Estos problemas señalados aplican en la GC en las pruebas de software, en particular la reutilización del conocimiento.

En base a la interpretación que se realiza de la tabla 5 que describe la cantidad de artículos publicados agrupados por enfoque metodológico, se deduce que existe una equidad en la cantidad de trabajos realizados, lo cual indica que las investigaciones se han distribuido en forma pareja entre los diferentes enfoques metodológicos. En donde se refleja un área de vacancia, es en la tabla 7, que refiere a

los términos o palabras clave relacionados al objeto de investigación, denotando que hay pocos trabajos de GC aplicados a la Ingeniería de Software en la fase de pruebas.

A modo de sostén de esta conclusión preliminar, en el ámbito de la aplicación de la GC a la Ingeniería de Software, específicamente en la fase de pruebas, un estudio de revisión sistemática realizado por Souza et al. [14] propone identificar la distribución de los estudios seleccionados a lo largo de los años, el foco de investigación desde la perspectiva de las pruebas, el foco desde la perspectiva de la GC y el tipo de investigación. Este estudio permitió identificar que la utilización de la GC en las pruebas es un tema de investigación reciente, donde el principal problema en las organizaciones es la baja tasa de reutilización del conocimiento y las barreras en su transferencia; además, la reutilización del conocimiento de las pruebas es el objetivo principal de la aplicación de GC en las pruebas de software.

En [15] se proponen identificar los problemas relacionados con el conocimiento en la fase de pruebas, los propósitos de las organizaciones de aplicar GC en las pruebas, los tipos de elementos de conocimiento típicamente manejados en el contexto de pruebas, los beneficios y problemas informados sobre la implementación de iniciativas de GC en las pruebas, y los mecanismos o tecnologías utilizados para proporcionar GC en las pruebas de software.

Las contribuciones luego de aplicar la revisión sistemática, identifican que el principal problema en las organizaciones está en las barreras existentes en la transferencia de conocimiento con mayor representatividad, la reutilización del conocimiento de las pruebas como objetivo principal de la aplicación de la GC en las pruebas, y el conocimiento tácito.

Sin embargo, estos autores indican que, aunque reconocida como un instrumento importante

por la comunidad GC, las ontologías no se utilizan ampliamente en las iniciativas de GC en las pruebas de software. Entendiendo que una ontología es una especificación explícita de una conceptualización, en esta se modela el vocabulario del dominio, básicamente usando los conceptos, características y sus relaciones [16] [17]. A la vista de sus estudios, Souza et al. proponen como área de vacancia específica explorar cómo las ontologías se pueden utilizar para gestionar el conocimiento en el dominio de la fase de pruebas en la ingeniería de software.

4. Conclusiones y Futuras Líneas de Investigación

El presente artículo, presentó un estudio de revisión sistemática en el ámbito de la GC y la aplicación en la fase de pruebas de la ingeniería de software.

Se abordaron las preguntas de investigación en base al estado de situación de la GC aplicado a la fase de pruebas de la ingeniería de software en los últimos cinco años y qué técnicas existentes y adaptadas en otros ámbitos informáticos, son aplicables y surgen como elementos para potencializar el desarrollo y masificación en el contexto de la ingeniería de software.

Las contribuciones de este trabajo se sintetizan en las siguientes conclusiones:

- La reutilización del conocimiento en la fase de pruebas en la Ingeniería de Software es el principal objetivo para aplicar la GC.
- En relación a cómo implementar la GC en la fase de pruebas, como desafío se tiene que, aunque reconocida como un instrumento importante, las ontologías no han sido utilizadas para dar solución a este tipo de iniciativas.

Como trabajo futuro, a partir de las consideraciones presentadas, se continuará con la exploración de cómo las ontologías pueden

ser aplicables en la gestión de la fase de pruebas de la ingeniería de software en el dominio de la GC.

5. Referencias

- [1] Avendaño, P. V., Flores, U., M., Modelos teóricos de gestión de conocimiento: descriptores, conceptualizaciones y enfoques, *Entre ciencias: diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 4(10), 2016, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457646537004>. Página vigente al 13/07/2018.
- [2] Marulanda Echeverry, C. E., López Trujillo, M., & Mejía Salazar, M. H., Minería de datos en gestión del conocimiento de pymes de Colombia, *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, Colombia, 2017, <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/821/1339>. Páginavigente al 13/07/2018.
- [3] Duran, D. E. S., Gamboa, A. X. R., & Builes, J. J., Aplicación de la Gestión de Conocimiento al proceso de pruebas de software, *Ingenierías Revistas USBMed*, 2017, <http://dx.doi.org/10.21500/20275846.2836>. Página vigente al 21/07/2018.
- [4] De Vasconcelos, J. B., Kimble, C., Carreteiro, P., & Rocha, Á., The application of knowledge management to software evolution, *International Journal of Information Management*, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.005>. Páginavigente al 13/07/2018.
- [5] Vargas, L. H. P., Durán, C. A. V., & Méndez, J.G.C., Innovación y Gestión del Conocimiento para el Incremento de la Productividad Empresarial, *Memorias*, 2016, <https://doi.org/10.16925/me.v14i26.1571>. Página vigente al 13/07/2018.
- [6] Pérez-Montoro, M., Gestión del conocimiento: orígenes y evolución, *El profesional de la información*, 2016, <https://doi.org/10.3145/epi.2016.jul.02>. Páginavigente al 13/07/2018.
- [7] Morales, F. J. L., & Gutiérrez, H. A., La gestión del conocimiento: Modelos de comprensión y definiciones, *Revista de investigación en ciencias estratégicas*, 2015, <http://revistas.upb.edu.co/index.php/RICE/article/view/5703>. Páginavigente al 13/07/2018.
- [8] Souza, E. F., de Almeida Falbo, R., & Vijaykumar, N. L., Knowledge management initiatives in software testing: A mapping study, *Information and Software Technology*, 2015, pp. 378-391, <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.05.016>. Páginavigente al 13/07/2018.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[9] Claes, W., Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE '14). 2014. ACM, New York, NY, USA, Article 38, 10 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2601248.2601268>. Páginavigente al 13/07/2018.

[10] Medina, M. I. R., Quintero, M. D. S. B., & Valdez, J. C. R., El enfoque mixto de investigación en los estudios fiscales, Tlatemoani. 2013. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/13/estudios-fiscales.pdf>. Página vigente al 21/07/2018.

[11] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P., *Metodología de la investigación*. 1998. México: Editorial Mc Graw Hill, 15-40.

[12] Rodríguez Sosa, J., Paradigmas, enfoques y métodos en la investigación educativa, *Investigación Educativa*. 2014. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/8177/7130>. Página vigente al 21/07/2018.

[13] Tous, M. G., & Mattar, S., Las claves de las palabras clave en los artículos científicos, *Revista MVZ Córdoba*, 17(2), 2955-2956. 2012. <http://www.redalyc.org/pdf/693/69323751001.pdf>. Página vigente al 21/07/2018.

[14] Souza, É. F., Falbo, R. A., & Vijaykumar, N. L., Using the findings of a mapping study to conduct a research project: a case in knowledge management in software testing. In *Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, 2015 41st Euromicro Conference on (pp. 208-215). IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/SEAA.2015.10>. Páginavigente al 21/07/2018.

[15] Souza, E. F., Falbo, R. A., & Vijaykumar, N. L., Knowledge management applied to software testing: A systematic mapping. In *The 25th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering (SEKE 2013)*, Boston, USA (pp. 562-567). <https://www.researchgate.net/publication/289638583>. Páginavigente al 21/07/2018.

[16] Flores, V., & Hadfeg, Y., Un método para generar explicaciones de resultados de un Sistema Experto, usando Patrones de discurso y Ontología. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*. 2017. (21), 99-114. <https://dx.doi.org/0.17013/risti.21.99-114>. Páginavigente al 25/07/2018.

[17] González Gola, F., Sánchez, A., & Montejano, G. A., Asistencia dirigida por ontologías al diseño arquitectónico de videojuegos. In *XIX Workshop de*

Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires). 2017. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61924>. Páginavigente al 25/07/2018.

La serie SQuaRE como un aporte a los procesos licitatorios de Software en el Estado Argentino

Saldarini Javier*, Carrizo Claudio*, Armando Silvana*, Trasmontana Julio*, Salgado Carlos+,
Sanchez Alberto+, Peralta Mario+

*Facultad Regional San Francisco Universidad Tecnológica Nacional {saldarinijavier, cjcarrizo77,
silvana.armando, julio.trasmontana}@gmail.com

+ Departamento de Informática Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales- Universidad
Nacional de San Luis - e-mail: {csalgado, asanchez, mperalta}@unsl.edu.ar

Resumen

El Plan de Modernización del Estado implementado en la República Argentina insta a los Organismos de la Administración Pública a modernizar su infraestructura tecnológica, tanto de hardware como de software. En este marco se definieron los Estándares Tecnológicos para la Administración Pública, uno de los instrumentos contenido en los Estándares es un tipo de Pliego licitatorio, el cual le posibilita a un organismo poder especificar una contratación o adquisición de software, y su posterior evaluación y selección. Se observa que este Modelo de Pliego 14, presenta una cobertura metodológica para especificar y evaluar los aspectos funcionales de un software, no así para especificar y evaluar los requerimientos de calidad que un organismo pretenda incluir para la contratación o adquisición de software. Este trabajo propone un aporte desde la perspectiva de la calidad de productos de software para dar soporte a los procesos licitatorios de adquisición, evaluación y selección de software, basándose en los Estándares Tecnológicos de la Administración Pública y la familia de Normas ISO/IEC 25000 (SQuaRE). Esto permitirá a los Organismos de la Administración Pública contar con un marco de referencia que le posibilite la incorporación de aspectos de Calidad de productos de software en las especificaciones de los Pliegos establecido en los Estándares, e incorporar métodos o técnicas a los procesos de evaluación y selección de las ofertas de software.

1 Introducción

Es innegable que, en la última década, los avances tecnológicos en el área de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's) han cambiado la forma en que las organizaciones llevan a cabo sus actividades para cumplir con sus objetivos.

La Administración Pública Nacional (APN) es un tipo de organización que no ha estado ajena a estos cambios, y, según se describe en (*GOBIERNO DIGITAL - Hitos significativos y evolución normativa período 1997-2015*)

[1], el Estado Nacional Argentino ha venido desarrollando normativas que impulsan la modernización del estado nacional en pos de una gestión más eficaz y eficiente.

En este sentido, se nombra el decreto presidencial N° 434 del año 2016, donde se impulsa el denominado "Plan de Modernización del Estado" [2]. También en el III Foro Argentino de Transformación Digital del Estado, organizado por CESSI [3] se presentaron distintas líneas de acción y casos de éxitos en organismos del Estado en materia de Gobierno Digital.

A través del marco antes mencionado, el Estado Nacional propicia que todo organismo centralizado y/o descentralizado del Estado Nacional vaya modernizando su gestión, yendo hacia lo denominado Gobierno Digital. Para ello, los organismos deberán fortalecer e incorporar infraestructura tecnológica y redes con el fin de facilitar la interacción entre el ciudadano y los diferentes organismos públicos. Asimismo, se busca avanzar hacia una administración sin papeles, donde los sistemas de diferentes organismos interactúen autónomamente [2].

Esta modernización implica que los Organismos de la Administración Pública (OAP) se verán inmersos en un cambio tecnológico a través de la modernización de su infraestructura de hardware y de software.

Para que los OAP puedan llevar a cabo los procesos de modernización, ya sea por adquisición o adecuación de tecnología, es que, a través del Plan de modernización del Estado, se definen los Estándares Tecnológicos para la Administración Pública (ETAP). Éstos son instrumentos que contienen los lineamientos generales, modelos de pliegos y las especificaciones técnicas de los equipos y/o dispositivos a incorporar en el ámbito de APN [4].

Por lo antedicho, los OAP que tengan la necesidad de licitar recursos tecnológicos, tendrán a su disposición estos estándares, los cuales son un instrumento importante, dado que revisten un marco técnico y legal para que todo OAP pueda desarrollar, adquirir o contratar una amplia gama de soluciones tecnológicas.

Dentro de este esquema de modernización del Estado, los sistemas de información y el software son elementos estratégicos para lograr la transformación digital que se pretende, dado que muchos de los procesos operativos, de

comunicación y de toma de decisión están automatizados a través de ellos.

Al hablar de sistemas de información, se debe mencionar la relevancia que éstos han adquirido para las organizaciones y, asociado a ello, la calidad de estos sistemas informáticos también se ha convertido hoy en día en uno de los principales objetivos estratégicos de las organizaciones debido a que, cada vez más, sus procesos más importantes y, por lo tanto, la propia supervivencia de las organizaciones depende de los sistemas informáticos, según se expresa en [5].

Uno de los componentes principales de los sistemas informáticos lo constituye el software, y la calidad de éste tendrá influencia directa en el sistema que lo contiene.

La calidad del software es presentada en la literatura a través de distintas definiciones, algunas de ellas son, por ejemplo, la expresada en [6], donde se la define como el cumplimiento de los requisitos de funcionalidad y desempeño explícitamente establecidos, de los estándares de desarrollo explícitamente documentados, y de las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente.

También se observa que, en ISO/IEC 25000 [7], se la define como el Grado en que el producto software satisface las necesidades expresadas o implícitas, cuando es usado bajo condiciones determinadas.

Existen distintos enfoques de la calidad del software, éstos pueden ser, Calidad a nivel proceso, Calidad a nivel de producto y Calidad en uso. Para cada uno de estos enfoques existen distintos tipos de modelo de calidad de software que se pueden aplicar, según se especifica en [8].

Dado el marco que plantea el Plan de Modernización del Estado y, de manera específica, la utilización de los ETAP por parte de los OAP es que, para el desarrollo de este trabajo, se utilizará el enfoque de la calidad aplicado a productos de software.

Si bien Argentina ha avanzado en pos de la Modernización del Estado, aún hay mucho camino por recorrer en cuanto a la implementación de tecnologías, pero también en cuanto a la evaluación de la calidad de las soluciones puestas a disposición y se pone de manifiesto que es importante y necesaria una modernización de la Administración Pública en sus procesos internos, según se plantea en [9].

Por lo expuesto anteriormente, se puede ver que la incorporación de soluciones de software por parte de los OAP estará guiada a través del marco de referencia que proveen los ETAP. Es aquí donde surge la pregunta sobre qué cobertura tienen estos Estándares para llevar a cabo los procesos licitatorios que permitan la adquisición, evaluación y selección de software, y de manera específica en qué medida los aspectos de la calidad del software están contemplados en esos procesos.

Este trabajo tiene como objetivo general proponer mejoras, desde la perspectiva de la calidad de productos

de software, en los procesos licitatorios para la adquisición, evaluación y selección de software establecidos en los ETAP. Contribuyendo de esta manera a los propósitos planteados en el marco del Plan de Modernización del Estado.

De manera específica, los objetivos que persigue el trabajo son:

- Llevar a cabo un análisis de los estándares internacionales de referencia en materia de calidad de producto de software (ISO/IEC 25000), con el fin de visualizar que aportes pueden realizar éstos a los ETAP.
- Analizar los ETAP con el fin de determinar su cobertura sobre los procesos de licitación para la adquisición, evaluación y selección de software, y los aspectos de calidad de software que puedan estar presentes.
- Determinar las relaciones y aportes que se puedan realizar desde la familia de normas ISO/IEC 25000 hacia los ETAP.
- Conceptualizar las relaciones entre los procesos licitatorios para la adquisición, evaluación y selección de software en el ámbito de los OAP, en base a los ETAP y utilizando la familia de Normas ISO/IEC 25000.
- Desarrollar un caso de estudio.

En lo sucesivo, este trabajo está dividido en las siguientes secciones, en 2 se detallan y analizan las Normas que forman parte de la familia de la ISO/IEC 25000 (serie SQuaRE) y se plantean las relaciones existentes entre ellas, mientras que en 3 se lleva a cabo una descripción del modelo de calidad perteneciente a SQuaRE. En la sección 4 se presenta un análisis de los Estándares Tecnológicos de la Administración Pública y se establecen las relaciones que existen entre éstos y Square, en la sección 5 se conceptualizan las relaciones entre SQuaRE y los ETAP.

En el punto 6 se desarrolla un caso de estudio, en el apartado 7 se presentan los resultados, mientras que en 8 se exponen las Conclusiones y se plantean los trabajos futuros.

2 Familia de Normas ISO/IEC 25000

En esta sección se presenta un desglose y análisis de las normas que forman parte de la familia de ISO/IEC 25000 [7]. A este conjunto relacionado de normas se las conoce como la Guía Square del inglés *Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*.

La Guía SQuaRE es una serie organizada lógicamente, enriquecida y unificada que cubre dos procesos principales: *especificación de requerimientos de la calidad de software y evaluación de la calidad del software*, apoyados por un proceso de *medición de la*

calidad de software.

El propósito de la serie de normas SQuaRE es ayudar al desarrollo y adquisición del producto de software con la especificación y evaluación de los requerimientos de la calidad. Establece criterios para la especificación de requerimientos de la calidad del producto de software, su medición y evaluación. Incluye, además, un modelo de la calidad para la alineación de las definiciones de la calidad del cliente con atributos del proceso de desarrollo.

Además, la serie proporciona medidas recomendadas de los atributos de la calidad del producto de software que pueden ser utilizadas por desarrolladores, adquirientes y evaluadores [7].

La serie SQuaRE está organizada según se muestra en la Figura 1.

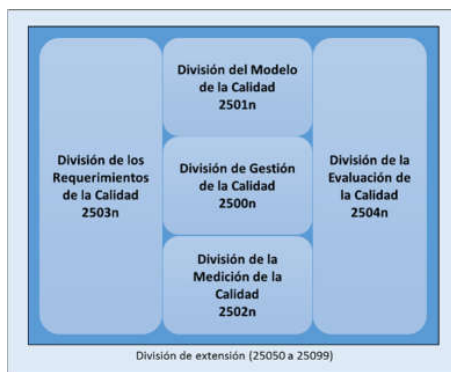


Figura 1. Divisiones ISO/IEC 25000 (Adaptado de [7])

Es oportuno mencionar que la Serie SQuaRE es la evolución e integración del modelo de referencia ISO/IEC 9126 y del marco de trabajo ISO/IEC 14598.

2.1 ISO/IEC - Relaciones entre las normas de la serie SQuaRE

SQuaRE plantea el relacionamiento de todas las Normas ISO/IEC mencionadas anteriormente a través de un modelo general de referencia, el cual es mostrado en la Figura 2. Dicho modelo se creó para ayudar a los usuarios a navegar a través de la serie de Normas Internacionales SQuaRE.

La selección de las normas y documentos apropiados de la serie SQuaRE depende del rol y de las necesidades de información del usuario.

Como se puede observar, y lo indica su definición, SQuaRE es una serie organizada y relacionada de Normas ISO/IEC dirigidas hacia la especificación de requerimientos y evaluación de la calidad del software, apoyados por un proceso de medición.

También plantea distintas alternativas de implementación según las partes interesadas que intervengan, como desarrolladores, adquirientes,

evaluadores, etc.

Una parte importante y esencial es el modelo de calidad, el mismo constituye la base del modelo de referencia y, desde allí, se derivan los dos aspectos fundamentales a los que apunta a dar soporte SQuaRE: la especificación de requerimientos y la evaluación de la calidad del software.

3 Modelo de calidad de Square

En esta sección se presentan el modelo de calidad que forma parte de SQuaRE a través de ISO/IEC 25010 [12].

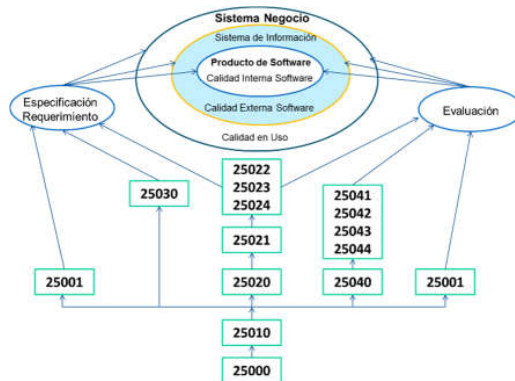


Figura 2. Modelo general de referencia SQuaRE (ISO/IEC 25000)

En ISO/IEC 25000 [7] se establece que un modelo de calidad es un conjunto definido de características, y las relaciones entre ellas, que proporciona un marco de trabajo para especificar los requerimientos de la calidad y para evaluar la calidad.

También se explicita que el alcance de la aplicación de los modelos de calidad incluye el apoyo de la especificación y la evaluación de software y los sistemas informáticos intensivos de software desde perspectivas diferentes de los asociados con su adquisición, requisitos, desarrollo, uso, evaluación, soporte, mantenimiento, aseguramiento y control de la calidad y auditoría.

Los modelos pueden, por ejemplo, ser utilizados por desarrolladores, adquirientes, personal de aseguramiento y de control de la calidad y evaluadores independientes, particularmente aquellos responsables de especificar y evaluar la calidad del producto de software.

Los Modelos de Calidad (MC), son instrumentos o artefactos específicamente diseñados y contruidos para soportar la evaluación y selección de componentes de software. Permiten la definición estructurada de criterios de evaluación, la especificación de requerimientos, la descripción de componentes en relación a ellos y la identificación de desajustes de manera sistemática, facilitando el proceso de evaluación y selección del software [11].

3.1 Modelo de Calidad ISO/IEC 25010.

En este apartado se exponen, de manera sintética, las principales características y funciones que puede cumplir el modelo de calidad establecido en la mencionada Norma 25010.

De manera general, al modelo de calidad que propone esta norma, se lo podría esquematizar a través de un diagrama jerárquico, como se muestra en la Figura 3, donde se representa, en un primer nivel, las principales características de calidad que tendrá el modelo, éstas pueden subdividirse en una o varias subcaracterísticas de calidad, lo que luego permite asociarle los atributos necesarios, éstos últimos representan las cualidades o propiedades de calidad que el software debe satisfacer.

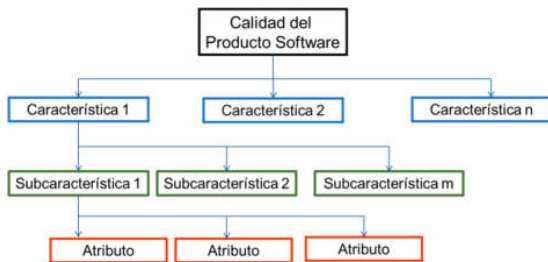


Figura 3. Jerarquía que representa el modelo de calidad [7]

En la Norma ISO/IEC 25010 [12] se definen dos tipos de modelos de calidad: *calidad del producto* y *calidad en uso*. Si bien se hace mención de ambos modelos, dada las características de este trabajo, solo se desarrollará el modelo de calidad del producto.

Modelo de calidad del producto: Está compuesto por 8 características y 32 subcaracterísticas, éstas se explicitan en la Tabla 1, y se refieren a las propiedades estáticas del software y a las propiedades dinámicas del sistema informático. Este modelo es aplicable tanto a sistemas informáticos como a productos de software.

Como se detalló anteriormente, el modelo de calidad de producto de software presentado dentro de la serie SQuARE, a través del estándar ISO/IEC 25010 [12], corresponde a la categoría de un modelo de calidad mixto, es por ello que es un tipo de modelo de calidad que es adecuado para la propuesta que se lleva a cabo en este trabajo.

Tabla 1. Modelo de Calidad del estándar ISO/IEC 25010 [7]

Características	Subcaracterísticas
Adaptación funcional	- Completitud funcional - Exactitud funcional - Adecuación funcional
Eficiencia del desempeño	- Comportamiento relativo al tiempo - Utilización de recursos - Capacidad
Compatibilidad	- Co-existencia

	- Interoperabilidad
Usabilidad	- Capacidad de reconocer la adecuación - Facilidad de aprendizaje - Operatividad - Protección de errores del usuario - Estética de la interfaz del usuario - Accesibilidad
Confiabilidad	- Madurez - Disponibilidad - Tolerancia a fallas - Capacidad de recuperación
Seguridad	- Confidencialidad - Integridad - No repudio - Rendición de cuentas - Autenticidad
Capacidad de mantenimiento	- Modularidad - Reutilización - Capacidad de ser analizado - Capacidad de ser modificado - Capacidad de ser probado
Portabilidad	- Adaptabilidad - Capacidad de instalación - Capacidad de ser reemplazado

4 Análisis de los Estándares Tecnológicos de la Administración Pública (ETAP)

En esta sección se presenta y analiza, de manera general, los ETAP y, de manera específica, el Modelo de pliego 14 – Desarrollo de software – Pliego de condiciones particulares para la contratación de servicios genéricos de desarrollo de software.

Los ETAP son creados en el marco del Plan de Modernización del Estado y se encuentran en la órbita del Ministerio de Modernización, Oficina Nacional de Tecnologías de Información, la última versión de estos estándares es la Versión 23, la cual fue aprobada por la Disposición 1-E/2018 de enero de 2018 [4].

Los ETAP contienen tres cuerpos bien definidos que aplican a toda la APN:

- 1- Las especificaciones técnicas de los equipos y/o dispositivos.
- 2- Los lineamientos generales.
- 3- Modelos de pliegos.

Dado el objetivo de este trabajo es que se detallan y analizan los Modelos de Pliego

4.1 Los Modelos de pliegos

En los ETAP se detallan una serie de 17 modelos de pliegos, estos pliegos son los instrumentos que deben utilizar los OAP para llevar a cabo el llamado a licitación.

Luego del análisis llevado a cabo de toda esta sección de los ETAP [4], se observa que el modelo de pliego denominado *Modelo 14 - Desarrollo de software - Pliego de condiciones particulares para la contratación de servicios genéricos de desarrollo de software*, (de aquí en

adelante Pliego Modelo 14), es el modelo de pliego que un OAP utilizará para contratar un desarrollo de software, o la adquisición de un componente o producto software.

El Pliego Modelo 14 tiene 5 apartados que lo componen, y cada uno ellos están pensado para que el OAP que lo utilice pueda cumplir tanto con las cuestiones formales, como las técnicas, correspondientes a una contratación en el marco de la Administración Pública Nacional.

Del análisis de los 5 apartados que forman parte del pliego antes mencionado, se observa que existen dos apartados que sería necesario analizar más profundamente, dado que en éstos están incluidos los aspectos relacionados con los requerimientos del software a contratar o adquirir y el procedimiento para la posterior evaluación de las ofertas.

Estos dos apartados son:

- *Marco General de Requerimientos Funcionales, Operativos y Técnicos que deberá cumplir el Servicio de Desarrollo (Marco General)*
- *Evaluación de ofertas*

A continuación, se detallan y analizan estos dos apartados de manera específica

4.1.1 Marco General de Requerimientos Funcionales, Operativos y Técnicos que deberá cumplir el Servicio de Desarrollo: En este marco se definen 19 ítems que el OAP deberá explicitar para que el pliego contenga los datos precisos del desarrollo a contratar o del producto a adquirir.

Si se analiza específicamente este marco general, se puede ver que los ítems 4, 5, 6, 7, 8 y 10 que se detallan en la Tabla 2, podrían tener cierta relación con alguna de las características o subcaracterísticas de calidad de producto de software que están presentes en la norma ISO/IEC 25010 [12]. Esta relación se puede ver explicitada en la Tabla 2, en donde se puede observar una correspondencia entre los ítems del pliego y las características o subcaracterísticas de la norma ISO/IEC 25010 [12].

Tabla 2. Relaciones entre el Pliego Modelo 14 e ISO/IEC 25010

Pliego Modelo 14 Ítems del Marco General	Asociación con Características o subcaracterística ISO/IEC 25010
Ítem 4- Resguardo y recuperó de información	- Confiabilidad
Ítem 5- Interacción con otros sistemas de información	- Compatibilidad
Ítem 6- Escalabilidad y rendimiento	- Eficiencia del desempeño
Ítem 7- Seguridad	- Seguridad
Ítem 8- Mantenimiento y actualización	- Capacidad de mantenimiento
Ítem 10- Módulo de prueba de programas	- Eficiencia del desempeño - Adaptación funcional - Confiabilidad

También se observa que solo los ítems 2, 3 y 4 (Arquitectura de aplicación, Documentación y Resguardo y Recupero de Información) tienen asociado un modelo de anexo, estos anexos son un tipo de guía o procedimiento que puede utilizar el OAP para complementar el ítem que lo contiene.

Dos aspectos se desprenden del análisis llevado a cabo. Por un lado, la relación que se pudo establecer entre los ítems 4, 5, 6, 7, 8 y 10 del marco general y el estándar ISO/IEC 25010 [12] a través de las características y subcaracterísticas de calidad de producto de software, por otro, también se observa que estos ítems no tienen asociado ningún anexo que posibilite una mayor y mejor definición de éstos.

Dado que a estos ítems se los puede relacionar con las características y subcaracterísticas de calidad de producto de software, los mismos, podrían formar parte de una especificación de requerimientos de calidad de software, tal como lo define ISO/IEC 25030 [13], y para lo cual se asocia un modelo de calidad de productos de software definido a través de ISO/IEC 25010 y se complementa con las medidas de calidad a través del estándar ISO/IEC 25023 [14].

Este marco podría proveer un Anexo específico con un conjunto de recomendaciones para realizar la especificación de los requisitos de calidad del producto software acorde a las necesidades de un OAP.

4.1.2 Evaluación de ofertas: Para llevar a cabo el proceso de evaluación de las ofertas que puedan realizar distintos proveedores, está previsto dentro del pliego un marco que cuenta con 5 criterios.

Del análisis de los criterios que están comprendidos en el proceso de evaluación, se puede observar que los criterios del 1 al 4 se refieren a cuestiones técnico legal y/o formal.

En el criterio 5, más allá de que se analicen las especificaciones técnicas de las ofertas, el Organismo Contratante podrá incluir como criterio de evaluación y selección de ofertas fórmulas polinómicas o la clara determinación de parámetros, también se agrega un párrafo en donde se expresa que: Le corresponde al Organismo Contratante definir y expresar cuál será el método con el cual serán evaluadas las ofertas [4].

Del análisis del proceso de evaluación que establece el pliego, el cual es el soporte para la selección de las ofertas, y visto que los Organismos Contratantes deberán definir y expresar un método, se entiende que, desde la perspectiva de la calidad de productos de software definida en SQaRE y de manera específica las normas de la serie ISO/IEC 25041 [15] (requisitos, recomendaciones y guías para llevar a cabo el proceso de evaluación del producto software), se puede realizar un aporte para que un OAP pueda establecer un método que lo ayude al momento de

la evaluación y selección de las ofertas de software desde la perspectiva de la calidad de software.

El método de evaluación que defina el OAP, a través la serie ISO/IEC 25041, deberá tener en cuenta las especificaciones de calidad de producto requeridas en el marco general. Dichas especificaciones estarán en el marco establecido por la ISO/IEC 25030 y apoyado en el modelo de calidad de producto de software definido a través del estándar ISO/IEC 25010 y la definición de las medidas de calidad a través de ISO/IEC 25023.

4.1.3 Pliego Modelo 14 y Propiedades del software:

A todo el análisis precedente, y tomando, tanto el marco general como el proceso de evaluación de ofertas del pliego modelo 14, se advierte otra asociación entre el Pliego modelo 14 y SQuaRE, en pos de enriquecer la propuesta.

Esta asociación se puede establecer a través del concepto de propiedades del software, las cuales pueden clasificarse en Propiedades inherentes y Propiedades asignadas [12].

Las propiedades inherentes se pueden clasificar como propiedades funcionales o como propiedades de calidad. Las propiedades funcionales determinan lo que el software es capaz de hacer. Las propiedades de calidad determinan qué tan bien funciona el software.

Las propiedades de calidad son inherentes al producto de software y al sistema asociado. Por lo tanto, una propiedad asignada no es considerada como una característica de la calidad de software, ya que puede ser cambiada sin cambiar el software.

La clasificación de las propiedades del software se muestra en la Figura 4.

Propiedades del software	Propiedades inherentes	Propiedades funcionales de dominio específico
		Propiedades de calidad (adaptación funcional, confiabilidad, eficiencia del desempeño, usabilidad, seguridad, compatibilidad, mantenibilidad, portabilidad)
	Propiedades asignadas	Propiedades de gestión, como por ejemplo, precio, fecha de entrega, futuro del producto, proveedor del producto.

Figura 4. Propiedades de calidad ISO/IEC 25010 [12]

Observando el Pliego Modelo 14, se puede ver que el mismo tiene una cobertura total respecto de las propiedades asignadas y de las propiedades inherentes funcionales de dominio, y una cobertura parcial respecto de las propiedades inherentes (Propiedades de Calidad).

Las propiedades inherentes (Propiedades de Calidad) están parcialmente cubiertas en el Pliego a través del Marco General, como se vio en el apartado 4.1.1. Esta

situación podría mejorarse a través de la especificación de requisitos de calidad del producto software.

En cambio, en el proceso de Evaluación de la Oferta, las propiedades inherentes (propiedades de calidad) no están contempladas de manera explícita, pero el propio proceso establece que el Organismo Contratante debe definir y expresar el método para evaluar las ofertas, como se vio en el apartado 4.1.2, desde SQuaRE se podría realizar un aporte para lograr un método.

A modo de resumen se elaboró la Tabla 3 en la cual se detalla qué cobertura provee el Pliego en función de las propiedades del software.

Tabla 3. Asociación entre las Propiedades del software y el Pliego Modelo 14

Propiedades del Software	Cobertura del Pliego
Propiedades inherentes - Funcionales de Dominio	Marco General: TOTAL
	Evaluación de ofertas: TOTAL
Propiedades inherentes - Propiedades de Calidad	Marco General: PARCIAL sin soporte para modificaciones
	Evaluación de ofertas: NO SE EXPLICITAN
Propiedades asignadas	TOTAL

De todo el análisis llevado a cabo se desprende que, en el Pliego Modelo 14, no se definen de manera explícita las propiedades de calidad del software, las cuales deberían formar parte de lo requerido a los oferentes a través de las especificaciones de requisitos de calidad, como así tampoco se definen los mecanismos concretos para poder hacerlo. Por otro lado, se observa que si bien se establece que los OAP deben definir un método para el proceso de evaluación de las ofertas no se pone a disposición ningún modelo o guía para poder hacerlo.

Se entiende, por todo lo antes dicho, que, desde la perspectiva de la calidad de productos de software y de manera específica la serie de normas SQuaRE, se pueden realizar aportes concretos a la ahora de incluir las propiedades de calidad en la redacción de los pliegos para especificar la calidad requerida y, luego, poder evaluar las mismas a través de la inclusión de un módulo específico en el proceso de evaluación que de soporte para evaluar las propiedades de calidad requeridas y, en función a ello, realizar recomendaciones para la selección de un software determinado.

Con la inclusión del concepto de propiedades de calidad en el pliego, no solo se estará evaluando que el software a adquirir cumpla con las funciones requeridas, sino también que, a estas funciones, las realice de manera correcta.

5 Conceptualización de las relaciones entre SQuaRE y los ETAP

Esta conceptualización surge a partir de los resultados que arrojaron los análisis realizados en los apartados 2, 3

y 4, donde se observa que el Pliego Modelo 14, perteneciente a los ETAP, presenta una cobertura metodológica para especificar y evaluar los aspectos funcionales de un software, no así para especificar y evaluar los requerimientos de calidad que un OAP pretenda incluir para la contratación o adquisición de software.

La conceptualización desarrollada está enfocada en los OAP y parte desde la perspectiva de la calidad de productos de software y específicamente orientada hacia a los procesos de adquisición, evaluación y selección de software, basándose en los ETAP y la familia de Normas ISO/IEC 25000 [7].

Para la representación de la conceptualización que se plantea se utilizará el lenguaje UML (Unified Modeling Language) [17]. El mismo es ampliamente difundido, y su notación gráfica facilita la comunicación e interacción con las partes interesadas del dominio que se modela. Por otro lado, también provee una serie de diagramas que facilitan la representación y comunicación de la realidad desde distintos puntos de vista.

Por ende, un modelo conceptual o de dominio realizado en UML nos permitirá describir la problemática de un dominio determinado, aportando un marco de referencia claro y estructurado para una mejor comprensión del mismo.

Para la construcción del Modelo de dominio de este trabajo se siguieron los siguientes pasos:

1- Definición y delimitación del dominio.

El dominio para el cual se desarrolla el modelo conceptual, es el ámbito de Administración Pública

Nacional de la República Argentina. Dentro de este ámbito se hará foco en los OAP.

2- Identificación y definición de las principales clases conceptuales.

Del análisis llevado a cabo en todo este trabajo en el punto 1, y del análisis llevado a cabo en las secciones anteriores de este trabajo, es que se identificaron las siguientes clases conceptuales:

2-a Clases conceptuales identificadas

1. Organismo de la Administración Pública (OAP)
2. Proveedor
3. Entidad Evaluadora
4. Requisitos Calidad
5. Licitación Pliego Modelo 14
6. SQUARE
7. ETAP
8. ISO/IEC: 2501n
9. ISO/IEC: 2502n
10. ISO/IEC: 2503n
11. ISO/IEC: 2504n

3- Realización del diagrama de clases para representar los conceptos y sus relaciones

Para el desarrollo de esta fase se utilizó el Lenguaje de

Modelado Unificado (UML) [17] a través del software Modelado [16].

Dentro del modelado en UML existen distintos tipos de diagramas para representar un modelo, para el fin que persigue este trabajo se utilizará el Diagrama de Clases.

Estos diagramas muestran un conjunto de clases, interfaces y colaboraciones, así como sus relaciones.

Dada la definición del dominio, la identificación y definición de las clases conceptuales y el análisis de sus relaciones es que se arriba a la representación que se especifica en la Figura 5.

En esta representación vemos que un **OAP** puede realizar uno o varios llamados a **Licitación-Pliego Modelo 14**, este Pliego es una generalización de los **ETAP**. A su vez, uno o varios **Proveedores** pueden presentar sus ofertas para una o varias Licitaciones.

Por su lado, las Normas **ISO/IEC (25010, 25023, 25030 y 2504n)** son una generalización de **SQUARE** (familia de normas ISO/IEC 25000).

La definición de los **Requisitos de Calidad** hará posible la generación del Anexo de requisitos de calidad a ser incluido en la **Licitación-Pliego Modelo 14**. Para esto, se utilizará la información pertinente del dominio del

Software de un **OAP** y los procesos contenidos en las Normas **ISO/IEC (25010, 25023 y 25030)**.

La **Entidad Evaluadora** (esta entidad puede pertenecer al mismo OAP que genera la licitación o bien ser externa al mismo), usará el modelo de calidad, las métricas definidas, los criterios de decisión, etc., y todo lo establecido en los **Requisitos de Calidad**, que, en conjunto con la **ISO/IEC 2504n** permitirá establecer el proceso de evaluación de las ofertas incluidas en la **Licitación-Pliego Modelo 14**.

La **Entidad Evaluadora** emitirá el informe de evaluación correspondiente al **OAP**, este último es el que comunicará los resultados del proceso de licitación a los **Proveedores**.

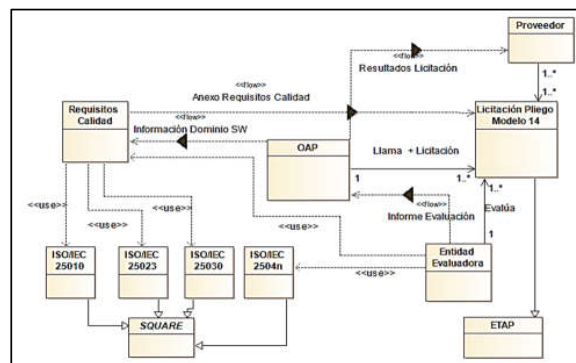


Figura 5. Relaciones entre SQUARE y los ETAP

6 Desarrollo de un caso de estudio

A través de este caso se desarrollarán los procesos para dotar al pliego licitatorio, Pliego Modelo 14, de las especificaciones de calidad de software y el proceso de evaluación y selección de ofertas tomando como referencia la conceptualización llevada a cabo en el apartado 5.

6.1 Descripción del Caso:

Un OAP perteneciente al sistema público de salud necesitaba incorporar un software para la gestión del servicio de emergencias y urgencias médicas que depende este organismo.

El software a incorporar debía cubrir los procesos de recepción y registro de llamadas, la determinación del

caso, el posterior agendamiento, el despacho del móvil específico, su logística una vez lanzado hasta el arribo a base y el posterior cierre de la intervención prestada.

6.2 Especificación de Requisitos de la calidad del software

El proceso de definición de requisitos de la calidad del software se centra en los requisitos de las partes interesadas para el sistema.

Los pasos a seguir para arribar a la especificación de calidad de software que formarán parte del Pliego Modelo 14 estarán guiados por el esquema de definición y análisis de requisitos de calidad del software propuesto por ISO/IEC 25030 según se detalla en la Figura 6.

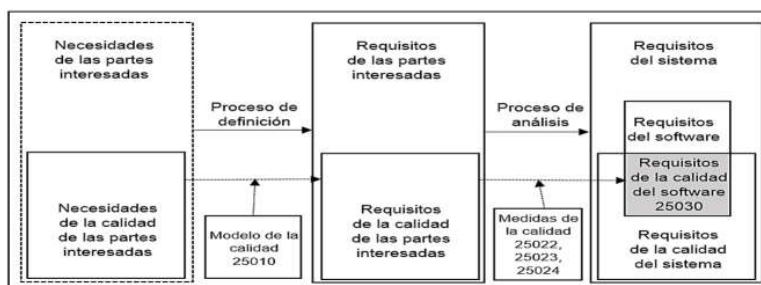


Figura 6. Definición y análisis de los requisitos de la calidad del software - ISO/IEC 25030 [13]

A continuación, se desarrolla el caso siguiendo el esquema planteado:

- 6.2.1- Determinación de las partes interesadas.
- 6.2.2- Detección de las Necesidades de las partes interesadas.
- 6.2.3- Definición de los requisitos de las partes interesadas.
- 6.2.4- Definición de los requisitos de la calidad del software.
- 6.2.5- Anexo para ser incluido en el Pliego Modelo 14.

6.2.1 Determinación de las partes interesadas:

Como punto inicial es necesaria la identificación de las partes interesadas, para luego realizar el proceso de definición y análisis de los requisitos de la calidad del software como se indica en la Figura 6.

Según se establecen en ISO/IEC 25000 [7], existen algunas clasificaciones que orientan para definir las partes interesadas.

Clasificación general de partes interesadas:

1. Desarrolladores de software
2. Integradores de sistemas
3. Adquirientes
4. Propietarios
5. Personal de mantenimiento,
6. Contratistas

7. Profesionales del aseguramiento y del control de la calidad
8. Usuarios.

Las partes interesadas incluyen a los siguientes tipos de usuarios:

1. *Usuario principal*: persona que interactúa con el sistema para alcanzar las metas primarias.
2. *Usuarios secundarios*: que proporcionan apoyo, por ejemplo.
 - a) proveedor de contenido, administrador/gestor del sistema, administrador de seguridad;
 - b) quien mantiene, quien analiza, quien realiza la portabilidad, quien instala.

3. *Usuario indirecto*: persona que recibe los elementos de salida, pero que no interactúa con el sistema.

Según la Clasificación anterior las partes interesadas para el caso que se desarrolla quedan definidas según se muestra en la Tabla 4

Tabla 4. Partes interesadas (Elaboración propia)

Clasificación general	
Adquirente: Centro de Salud	
Usuarios principales:	-Operadores del centro de recepción de llamadas

	Paramédicos
Usuarios secundarios:	-Administrador del sistema
Usuarios Indirectos	-Director Médico

6.2.2 Necesidades de las partes interesadas: Una vez identificadas las partes interesadas, se procede a determinar las necesidades generales y de calidad de las mismas siguiendo lo establecido en el proceso de definición y análisis de los requisitos de la calidad del software ISO/IEC 25030 [13].

Para el caso motivo de estudio se arribó a la Tabla 5.

Tabla 5 – Necesidades de las partes interesadas

Partes Interesadas	Necesidades	Necesidades de la calidad
Usuarios principales		
Operadores del centro de recepción de llamadas	Registrar las llamadas para el despacho y seguimiento de ambulancias	Registrar llamadas de una forma simple y ágil.
Usuarios secundarios		
Administrador del sistema	Cumplimiento de las especificaciones técnicas y de calidad del área de sistemas del Centro de Salud	Cumplir con las especificaciones de calidad del área de sistemas del Centro de Salud
Usuarios Indirectos		
Director médico	Planificar, gestionar y controlar las urgencias y emergencias médicas y los recursos asociados de manera eficaz y eficiente	Facilidad para el acceso a la información.

6.2.3 Definición de los requisitos de las partes interesadas: En esta etapa se refinan, a través del proceso de definición, las necesidades que se especificaron en el apartado 6.2.2.

Por un lado, se definen los requisitos generales que puedan tener las partes interesadas y, por otro, los requisitos de la calidad que tienen las partes interesadas. Para la definición de estos últimos se utiliza, como instrumento guía o de apoyo, el modelo de calidad definido en ISO/IEC 25010, de manera específica el modelo de calidad externa del producto. El resultado de este proceso se ve reflejado en la Tabla 6.

Tabla 6 – Requisitos de las partes interesadas

Partes Interesadas	Requisitos	Requisitos de la calidad-Según modelo de calidad ISO/IEC 25010

Usuarios principales		
Operadores del centro de recepción de llamadas	Que el registro de las llamadas se pueda llevar a cabo de una forma ágil y fácil y que permita registrar todos los datos necesarios y de manera correcta.	Adaptación Funcional: <i>Complejidad funcional</i> Eficiencia de desempeño: <i>Comportamiento relativo al tiempo</i> Usabilidad: <i>Facilidad de aprendizaje</i> <i>Operatividad</i>
Usuarios secundarios		
Administrador del sistema	Que el software que se incorpore debe ser compatible con el sistema general del Centro de salud y que sea seguro.	Compatibilidad: <i>Co-existencia</i> <i>Interoperabilidad</i> Seguridad: <i>Confidencialidad</i> <i>Autenticidad</i> Portabilidad: <i>Capacidad de instalación</i>
Usuarios Indirectos		
Director médico	Que el software a incorporar sea fácil de aprender y de usar por los operadores y paramédicos, que sea ágil para la carga de datos en la atención de las urgencias y emergencias, que los datos que arroje sean confiables, que no permita que los operadores y paramédicos comenten errores en la carga de datos.	Adaptación Funcional: <i>Complejidad funcional</i> <i>Exactitud funcional</i> Eficiencia de desempeño: <i>Comportamiento relativo al tiempo</i> Usabilidad: <i>Facilidad de aprendizaje</i> <i>Operatividad</i> <i>Protección de errores</i>

6.2.4 Definición de los requisitos de la calidad del software: En esta etapa se definen los requisitos de la calidad del software a través del proceso de análisis. Este proceso incorpora las medidas de calidad para formalizar los requisitos de la calidad del software de las partes interesadas. Para este caso en particular se utilizó el estándar ISO/IEC 25023 para asociarlo al modelo de calidad que se definió a través de ISO/IEC 25010, basados en los requisitos de la calidad de las partes interesadas y que se detallan en la Tabla 6 del apartado 6.2.3.

Como se puede observar los requisitos de la calidad de las partes interesadas se pueden repetir o duplicar dependiendo de la parte interesada que lo especifique. A

continuación se depura esa lista y se asocian las medidas correspondientes, quedando de esta manera el modelo de calidad externa basado en los estándares ISO/IEC 25010 e ISO/IEC 25023, siguiendo lo establecido en ISO/IEC 25030 para determinar los requisitos de calidad de software.

El resultado del proceso completo arrojó un modelo de calidad que cuenta con 6 características, 11 subcaracterísticas y 17 métricas. Por una cuestión de espacio el modelo completo no se incluye en este trabajo, solo se tomaron dos características y dos subcaracterísticas para desarrollarlas a modo de ejemplo.

La inclusión de las medidas de calidad es un aporte para la comprensión de los requisitos de la calidad.

Tanto las medidas de calidad asociadas a los requisitos transformados en características y subcaracterísticas de calidad pueden ser modificados según los requerimientos y el dominio del ámbito del software por parte de las partes interesadas.

A continuación se transcribe una extracción del modelo de calidad:

Característica: Adaptación Funcional

Subcaracterística: Completitud funcional

Métrica: Cobertura Funcional

ID-Métrica: AF-cf

Función de medición: $X = 1 - A/B$

A = Número de funciones que faltan.

B = Número de funciones especificadas.

Característica: Portabilidad

Subcaracterística: Capacidad de instalación

Métrica: Facilidad de instalación

ID-Métrica: PO-fdi

Función de medición: $X = X = A / B$

A = Número de casos en los que un usuario tiene éxito para personalizar el procedimiento de instalación.

B = Número de casos en los que un usuario intentó personalizar el procedimiento de instalación para la conveniencia del usuario.

6.2.5 Anexo para ser incluido en el Pliego Modelo

14: A través del proceso que propone el estándar ISO/IEC 25030 y la integración de los estándares ISO/IEC 25010 e ISO/IEC 25023 se pudo llegar a la especificación de requisitos de la calidad de software.

En la Tabla 7 se detallan, de manera resumida, las especificaciones de los requisitos de calidad del software a través de las subcaracterísticas del modelo de calidad y una descripción de lo que se pretende para cumplir con ese requisito, esta tabla es la que forma parte del Anexo para ser incluido en el Pliego Licitatorio Modelo 14.

Tabla 7- ANEXO: Especificación de Requisitos de Calidad del Software

ANEXO: Especificación de Requisitos de Calidad del Software

OAP: Centro de salud Software: Software para la gestión del servicio de emergencias y urgencias médicas	
Especificación de requisitos de la calidad	Descripción
Completitud funcional	Proporción de las funciones especificadas que se han podido implementar
Capacidad de instalación	En qué medida los usuarios o mantenedores pueden personalizar el procedimiento de instalación para su conveniencia

6.3 Proceso de Evaluación y Selección de Software

El proceso de evaluación de la calidad es un elemento más que el organismo incluirá dentro del proceso general licitatorio.

El modelo de referencia para evaluación de producto de software que se utiliza es el establecido por ISO/IEC25041 [15].

El modelo de referencia para la evaluación de productos de software, desde el rol del Adquirente, establece los siguientes pasos:

6.3.1: Establecer los requisitos de la evaluación.

6.3.2: Especificación de la evaluación.

6.3.3: Diseño de la evaluación.

6.3.4: Ejecución de la evaluación.

6.3.5: Análisis, recomendaciones y documentación de la evaluación.

Como paso inicial, es necesario identificar cuál será rol desde el cual se abordará el proceso de evaluación y cuál será la entidad objeto a evaluar, esto queda definido en la Tabla 8.

Tabla 8 – Definición de Rol y Objeto de evaluación

Rol	Entidad objeto de evaluación: Producto Dinámico
Adquirente	Productos entregable para selección y aceptación: Software para la gestión de emergencias y urgencias médicas

Dado el caso planteado el proceso de evaluación se desarrolla desde la perspectiva del rol del adquirente.

A continuación, se define, de manera resumida, las actividades/proceso que se llevan a cabo en cada etapa del proceso de evaluación:

6.3.1 Establecer los requisitos de la evaluación: Este punto se divide en cuatro ítems bien definidos:

a) *Propósito de la evaluación:* El principal propósito de la evaluación será el de seleccionar un producto software entre los productos alternativos que presenten los oferentes.

b) *Obtener los requerimientos de la calidad del producto de software:* Para el caso de la adquisición del

software, los requerimientos de la calidad del producto se definen a través de las medidas externas de la calidad. Éstas están planteadas parcialmente en el apartado 6.2.4 a través del modelo de calidad

c) *Partes del producto a ser incluidas en la evaluación:* Producto de software a evaluar: “Software para la gestión de emergencias y urgencias médicas”. Los oferentes deberán disponer del programa ejecutable y la especificación del producto.

d) *Rigurosidad de la evaluación:* Se evaluarán aquellos productos de software cuyos oferentes hayan cumplido con los aspectos formales del pliego licitatorio. Esos productos se evaluarán siguiendo el procedimiento especificado en este documento con el fin de poder compararlos desde el punto de vista de los requisitos de la calidad externa de productos de software, esos requisitos son los establecidos en el modelo de calidad definido en el apartado 6.2.4.

6.3.2 Especificación de la evaluación: En lo que refiere a la especificación de la evaluación, se definen tres etapas que a continuación se detallan:

a) *Selección de medidas de la calidad (módulos de evaluación):* Las medidas de calidad se derivan del modelo de calidad para cada característica y/o subcaracterística. En la Tabla 9 se da un ejemplo sobre la selección de medidas asociadas al modelo de calidad y el método de evaluación.

Tabla 9 – Selección de medidas de calidad

Característica	Sub Característica	Medida	Método de evaluación
Adaptación Funcional	Complejidad funcional	Proporción de las funciones especificadas se han implementado	Pruebas funcionales o de caja negra
Portabilidad	Capacidad de instalación	En qué medida pueden los usuarios mantenedores personalizar el procedimiento de instalación del software para la convivencia en el sistema	Análisis de los procedimientos de instalación del software

b) *Criterios de decisión de las medidas de la calidad:* Para el propósito de adquisición del software se definen los criterios de decisión de las medidas de la calidad para cada una de las características y subcaracterísticas de la calidad del producto definidas en el modelo de calidad. En la Tabla 10 se da un ejemplo de cómo quedaron expresados los criterios que se le asocian a las medidas de calidad.

Tabla 10 – Criterios de decisión para las medidas de

calidad

Característica	Sub Característica	Medida	Criterios de decisión
Adaptación Funcional	Complejidad funcional	Proporción de las funciones especificadas se han implementado	$0 < X < 1$ Lo más cerca de 1 es lo mejor -Entre 0 y 0,3: Inaceptable (I) -Entre 0,3 y 0,5: Mínimamente Aceptable (MiA) -Entre 0,5 y 0,8: Medianamente Aceptable (MeA) -Entre 0,8 y 1: Aceptable (A)

c) *Establecer criterios de decisión para la evaluación:* El propósito de la evaluación se tomará como aceptado si todas las subcaracterísticas evaluadas del software se encuentran entre los rangos medianamente aceptable y aceptable (Tabla 10).

6.3.3 Diseño de la evaluación: Para el caso de estudio la entidad objeto es un producto dinámico (software ejecutable), por cuanto el método de evaluación es una prueba (pruebas unitarias, pruebas de integración del sistema, etc.) basada en las medidas externas de la calidad del producto de software.

6.3.3.1 Plan de Evaluación: El Propósito de la evaluación de la calidad y las Partes del producto objeto a ser evaluadas están definidas en el apartado 6.3.1.

A continuación se describe cada una de las cinco etapas del plan de evaluación.

6.3.3.1.1 Actividades de evaluación: En este punto se debe definir, tanto el cronograma como los recursos involucrados para llevar a cabo estas actividades de evaluación. A continuación se describen brevemente las actividades a desarrollar:

1) *Cronograma:* El cronograma formará parte del cronograma general que deberá cumplir el proceso licitatorio, y la fecha de inicio de las evaluaciones serán a partir de que las ofertas sean formalmente aceptadas. Este cronograma será un diagrama de Gantt que contemple las siguientes actividades:

1. Elaborar las planillas de recolección de datos y/o encuestas en base al modelo de calidad.
2. Elaborar los casos de prueba en función del modelo de calidad.
3. Configurar el ambiente prueba.
4. Instalar el software perteneciente a las ofertas.
5. Ejecutar las pruebas y registrar los datos en las planillas diseñadas en el punto 1.
6. Concluir las pruebas.

7. Aplicar los valores a la función de medición.
8. Transcribir los valores de las métricas.
9. Aplicar los criterios de decisión de las medidas de calidad.
10. Aplicar criterios de decisión para la evaluación.

2) *Recursos involucrados*: Los recursos tecnológicos y humanos involucrados para ejecutar la evaluación serán los pertenecientes al organismo.

6.3.3.2 Responsabilidades de las actividades de evaluación: A continuación, se identifican cada uno de los actores que tienen a cargo las actividades en lo que refiere al caso de estudio:

- Encargado de sistemas del organismo y encargado de contrataciones: responsables de guiar el proceso de evaluación.
- Encargado de mantenimiento de sistemas del organismo: responsables de llevar a cabo las pruebas correspondientes a la Característica de Portabilidad.
- Paramédicos: responsables de llevar a cabo las pruebas correspondientes a la Característica de Adaptación Funcional.
- Despachadores: responsables de llevar a cabo las pruebas correspondientes a la Característica de Adaptación Funcional.

6.3.3.2.1 Área y entorno de operación para evaluación de la calidad: El área donde se lleva a cabo la evaluación es el área de sistemas que posee el organismo, mientras que el entorno, es el entorno tecnológico y operativo que ya posee el organismo.

6.3.3.2.2 Medidas, método y herramientas de medición utilizados para la evaluación: En esta etapa se define, para cada medida relacionada a una característica y/o subcaracterística, un método y una herramienta a ser utilizados en la evaluación. Como ejemplo, se detallan dos medidas en la Tabla 11.

Tabla 11 – Selección de método y herramientas de medición

Medida	Método de evaluación	Herramienta
Proporción de las funciones especificadas se han implementado	Pruebas funcionales o de caja negra	Las pruebas se harán ejecutando el software perteneciente a las distintas ofertas realizadas, los resultados se registrarán en una planilla diseñada para tal fin.
En qué medida pueden los usuarios mantener y personalizar el procedimiento de	Análisis de los procedimientos de instalación del software	Los procedimientos se validarán a través de instalación del software perteneciente a las

instalación del software para la convivencia en el sistema		distintas ofertas realizadas, los resultados se registrarán en una planilla diseñada para tal fin.
--	--	--

6.3.3.2.3 Presupuesto: Dado que el proceso de evaluación y selección estará a cargo del personal de sistemas y de contrataciones del Organismo y que las pruebas se harán con los recursos tecnológicos existentes, no se prevé erogación presupuestaria.

6.3.4 Ejecución de la evaluación: En este punto, se detallan los pasos de la aplicación del proceso de ejecución de la evaluación. Estos pasos de deben repetir para cada uno de los Items del modelo conceptual propuesto. A continuación, se detallan las entradas a este proceso.

Entradas del proceso:

- a) Plan detallado de evaluación de la calidad del producto: Este plan se detalla en el punto 6.3.3.1
- b) Especificación de requisitos de la evaluación de la calidad del producto: En 3.1.1 se establecen los requisitos de la evaluación.
- c) Especificación de requerimientos de la calidad del producto: En el punto 6.2 se detallan los requerimientos de la calidad para el producto de software que es objeto del desarrollo del caso en este trabajo. En 6.2.4 queda planteado el modelo de calidad externa y en el apartado 6.2.5 se ejemplifica cómo quedaría detallado el anexo de especificación de Calidad del Software para ser incluido en el pliego.
- d) Especificación de medidas de la calidad seleccionadas: En el punto 6.3.2 a. se detalla, a modo de ejemplo, cómo quedarían especificadas cada una de las medidas asociadas a las características y subcaracterísticas de calidad.
- e) Especificación de criterios de decisión para la medición de la calidad del producto: En el punto 6.3.2 b. se detallan, a modo de ejemplo, los criterios de decisión especificados para cada una de las medidas asociadas a las características y subcaracterísticas de calidad.
- f) Especificación de criterios de decisión para la evaluación de la calidad del producto: En el punto 6.3.2 c. se da detalles sobre este criterio.
- g) Especificación de métodos de evaluación de la calidad del producto: En el punto 6.3.3.1.4 se da un ejemplo de cómo quedarían especificados los métodos y las herramientas de medición asociados a cada medida de calidad.
- h) Producto a ser evaluado incluyendo productos intermedios: En el punto 6.3.1 queda definido el producto software a ser evaluado.

6.3.4.1 Efectuar mediciones: Para efectuar las mediciones se ejecutan las actividades 5, 6, 7 y 8 del punto

6.3.3.1.1 con la aplicación de los métodos y herramientas que se detallaron en 6.3.3.1.4.

6.3.4.2 Aplicar criterios de decisión de las medidas de la calidad: A cada uno de los resultados que arrojen las medidas se le aplican los criterios que se definieron en 6.3.2 b. A continuación, se muestra un resumen de la aplicación del proceso de ejecución de la evaluación al caso de estudio.

Resultados del proceso

a) *Resultados de la medición de la calidad del producto.*

En las Tablas 12 y 13 se muestra un resumen, sobre el caso planteado, de los resultados luego de haber realizado el proceso de evaluación para los dos productos software que formaron parte de las ofertas de la licitación.

Tabla 12 – Resultados de la medición Producto Software 1

Producto Software 1		
Característica	Adaptación Funcional	Portabilidad
Subcaracterística	Complejidad funcional	Capacidad de instalación
Métrica	Cobertura Funcional	Facilidad de instalación
Valor de Medida	0.7	0.7

Tabla 13 – Resultados de la medición Producto Software 2

Producto Software 2		
Característica	Adaptación Funcional	Portabilidad
Subcaracterística	Complejidad funcional	Capacidad de instalación
Métrica	Cobertura Funcional	Facilidad de instalación
Valor de Medida	0.5	0.8

b) *Resultados de la valoración y evaluación del producto.*

Tomando como referencia los criterios establecidos en 6.3.2 b, se elabora la Tabla 14, en la que se fija el criterio de decisión para las medidas de calidad asociada a cada subcaracterística para cada uno de los productos evaluados.

Tabla 14. Resultados de la valoración de los productos de software (Elaboración propia)

Característica / Subcaracterística	Producto SW 1	Producto SW 2
Complejidad funcional	Medianamente Aceptable (MeA)	Mínimamente Aceptable (MiA)
Capacidad de instalación	Medianamente Aceptable (MeA)	Aceptable (A)

Luego se aplicaron los criterios de decisión para la evaluación según se detalla en 6.3.2 c. para finalizar el proceso de evaluación de las ofertas de los productos de

software.

6.3.5 Análisis, recomendaciones y documentación de la evaluación:

1. Revisar los resultados de la evaluación

En esta etapa se deberían cotejar los datos de los resultados de la evaluación en conjunto con el área de contrataciones del organismo y las partes interesadas.

2. Crear el informe de evaluación:

Para crear el informe de evaluación se tomaron los aspectos que se consideran de importancia para el caso en estudio. Los contenidos de cada una de las partes del informe que se detallan a continuación forman parte de los apartados anteriores.

2.a) Detalle de los requisitos de la evaluación de la calidad del producto de software (Apartado 6.3.1)

2.b) Definición de los requerimientos de la calidad del producto de software (Apartado 6.2.4 y 6.2.5)

2.c) Plan de evaluación de la calidad del producto de software llevado a cabo (Apartado 6.3.3.1)

2.d) Resumen de los resultados de las mediciones y análisis realizados (Apartado 6.3.4.2 a.)

2.e) Resultado de la evaluación detallando el producto de software seleccionado (Apartado 6.3.4.2 b.)

3. Revisar la evaluación de la calidad y proporcionar retroalimentación a la organización:

Luego de que el proceso fuese terminado es importante la revisión del mismo en cada una de sus etapas para determinar los aspectos a mejorar.

4. Realizar la disposición final de los datos de evaluación:

El informe de evaluación creado en el punto 2 se adjunta al resto de la documentación del pliego para que este siga el proceso formal para la adjudicación del producto de software.

7 Resultados

De todo el análisis llevado a cabo en el marco de los ETAP, se desprende que el Pliego Modelo 14 es un importante instrumento con el que pueden contar los OAP a la hora de licitar software.

Este modelo de pliego contiene recomendaciones explícitas para especificar y evaluar los aspectos funcionales de un software, no así para especificar y evaluar los requerimientos de calidad de software. Esto último es el resultado de haber encontrado las relaciones existentes entre el pliego modelo 14 con el concepto de propiedades de software.

La definición de un marco para la especificación y evaluación de requisitos de calidad de software como una mejora para el Pliego Modelo 14, es el resultado de las relaciones que se establecieron entre el pliego modelo 14 y los estándares de SQuaRE.

La obtención del marco antes mencionado permitió construir un modelo conceptual que represente esas

relaciones.

Este modelo, luego, fue instanciado a través del desarrollo de un caso concreto. Como resultado de ello, se pudo obtener una especificación de los requisitos de calidad de software, los cuales pasan a ser un anexo a incorporar en el Pliego Modelo 14. También se pudo llevar a cabo el proceso de evaluación y selección propuesto, hasta concluir con un informe que también pasa a formar parte de la documentación del Pliego Modelo 14.

Al comparar el proceso licitatorio sin incluir las propiedades de calidad de software, con el proceso que si las incluyó, se observa que en el primer caso el organismo hubiese optado por un producto de software tomando en cuenta solo los aspectos funcionales del mismo, en cambio, en el segundo escenario, con la inclusión de las especificación de requisitos de calidad de software y un proceso de evaluación, el organismo pudo contar con elementos cuanti y cualitativos que le permitió seleccionar un producto software que cubre tanto los aspectos funcionales como los de calidad.

8 Conclusiones y Trabajos Futuros

Es importante destacar que la Administración Pública Nacional cuenta con un Plan de Modernización del Estado y que, a través de éste, se definieron los Estándares Tecnológicos para guiar a los Organismos a la hora de realizar licitaciones de software.

En estos estándares, las licitaciones de software se realizan a través del Pliego Modelo 14, en los cuales se observa que las propiedades de calidad no estaban presentes de manera clara, formal y tampoco se referencian anexos o procedimientos a los cuales los organismos puedan acceder para especificarlas. Lo mismo ocurre al momento de la evaluación y selección de las ofertas.

Por ello es que esta propuesta realiza un aporte desde la perspectiva de la calidad de productos de software, utilizando una serie de estándares de reconocimiento internacional como SQuaRE.

Con los resultados obtenidos se pretende dar un marco inicial en pos de aportar mejoras, tanto en el nivel de calidad del software que se adquiera en el ámbito de la APN, como así también aportar mejoras en los propios procesos definidos en los ETAP.

El desarrollo de este trabajo permitió introducir, conceptualmente, el tema de la calidad de productos de software en los estándares definidos en la APN. En este sentido, se plantea, como extensión y validación del modelo conceptual propuesto, definir un marco de trabajo con metodologías y herramientas concretas, a fin de poder validar y mejorar el modelo.

9 Referencias

- [1] GOBIERNO DIGITAL - Hitos significativos y evolución normativa (período 1997-2015) Recuperado en 2018: <http://www.inap.modernizacion.gob.ar/>
- [2] Decreto 434/2016 Plan de Modernización del Estado de la República Argentina
- [3]. III foro Argentino de Transformación Digital del Estado organizado por CESSI Recuperado en 2018: <http://www.cessi.org.ar/>
- [4]. Estándares Tecnológicos para la Administración Pública (ETAP) Recuperado en 2018: <https://www.argentina.gob.ar/estandares-tecnologicos>
- [5]. Piattini Velthuis et al., Calidad de sistemas de información. 2ª edición: RaMa, 2011.
- [6]. R. Pressman, Ingeniería de Software. 6ª Ed: Mcgraw-Hill, 2005.
- [7]. ISO/IEC 25000 Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)-System and software quality models.
- [8]. CALLEJAS-CUERVO, Mauro; ALARCÓN-ALDANA, Andrea Catherine; ÁLVAREZ-CARREÑO, Ana María. Modelos de calidad del software, un estado del arte. En: Entramado. Enero - Junio, 2017. vol. 13, no. 1, p. 236-250, <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25125>
- [9]. Rodríguez, R. A., Vera, P. M., Marko, I. B., Alderete, C. G., & Conca, A. G. "El Gobierno Electrónico y la Implementación de las TIC para Brindar Nuevos Canales de Comunicación". Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, 2015., <http://sistemas.unla.edu.ar/sistemas/redisla/ReLAIS/relais-v3-n5-187-196.pdf>
- [10]. C. Calero, M. Piattini, M. Moraga, Calidad del producto y proceso software: Ra-Ma, 2010.
- [11]. A. Villalta, J.P. Carvallo "Modelos de calidad de software: Una revisión sistemática de la literatura" en Maskana, CEDIA 2015.
- [12] ISO/IEC 25010: Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality Models
- [13] ISO/IEC 25030: Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality requirements
- [14] ISO/IEC 25023: Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Measurement of system and software product quality
- [15] ISO/IEC 25041: Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Evaluation guide for developers, acquirers and independent evaluators.
- [16] Software Modelio - The open source modeling environment - Version 3.7.01
- [17] Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacobson: *El lenguaje Unificado de Modelado*, 2ª Edición . Madrid, Pearson Addison Wesley, 2006. ISBN 978-84-782-9076-5

Consumo responsable del agua

Morelli, Juan José¹. Bartolozzi, Cristian¹. Lopez, Pedro². Sartorio, Alejandro²

¹Facultad de Tecnología Informática - Universidad Abierta Interamericana.

Av. Ovidio Lagos 944, Rosario, Santa Fe, Argentina.

²Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática - Facultad de Tecnología Informática -
Universidad Abierta Interamericana.

Av. Ovidio Lagos 944, Rosario, Santa Fe, Argentina.

Resumen

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un sistema electrónico enfocado en el monitoreo remoto e inalámbrico del consumo de agua potable en viviendas con medidor. El prototipo aprovechará los beneficios que proporciona la tecnología de microcontroladores en plataforma NodeMCU, especialmente orientada al internet de las cosas, utilizando sensores y actuadores en conjunto con un módulo de comunicación inalámbrica. Este sistema contempla la implementación de un módulo de control para procesar la información y un módulo de aplicación para exponer los resultados, con el fin de promover el uso responsable del recurso y posibilitar el control en tiempo real sobre el consumo de la vivienda, con posibilidad de calcular el costo sobre el mismo.

1. Introducción

La falta de agua, es sinónimo de pobreza, guerras, enfermedades y estancamiento económico.

Con el uso responsable del agua queremos destacar la importancia de los recursos hídricos y la correcta gestión del agua.

En la actualidad, la escasez de agua es un problema para unos 700 millones de personas en 43 países. Las proyecciones indican que para 2030 esta cifra aumentará a 4 mil millones de personas en todo el mundo. El suministro de agua está fuertemente vinculado a la producción de alimentos y prácticas agrícolas.

Cuando se trató de explicar qué motiva e impulsa la conducta humana a través de la pirámide de Maslow, se determinó que el acceso a hidratarse es esencial para el 100% de la población.

El agua no se distribuye de manera uniforme en el planeta. En la Argentina hay zonas, como la Región Metropolitana de Buenos Aires, con un exceso de agua, y otras, con mucha menos: Chaco, Formosa, San Juan y

Mendoza. “La gestión del agua se relaciona sobre todo con la red de distribución que la lleva a diferentes poblaciones. Quizás en el norte de la provincia de Buenos Aires hay abundante agua, pero eso no quiere decir que la población cuente con un recurso de calidad para el consumo humano. Muchas veces el agua potable no es accesible para la población: en estas zonas hay lugares donde el agua no es apta para el consumo, y donde, sin embargo, se está consumiendo”, destaca la ecóloga urbana Luisina Molina, también investigadora docente del ICO.

En la Argentina, gran parte de los hogares no posee un régimen de tarifa variable de acuerdo al consumo, como sí sucede con el gas, el teléfono y la electricidad. Esto lleva a que el consumo en Buenos Aires y en otras partes del país resulte absolutamente desmedido, en consecuencia, desde el gobierno se planea implementar medidores en más de un tercio de la población del país en el corto plazo y superar el 50% de las propiedades para el 2021, instalando un promedio de más de 55.000 medidores por año.

Creemos que el agua potable es gratis, y no nos percatamos del importante costo que su producción conlleva dentro de las finanzas públicas y de nuestro bolsillo en forma de impuestos.

2. Estado Del Arte

Actualmente, obtener la lectura del medidor y enviarla a un dispositivo externo no resulta posible, ya que el equipo se caracteriza por ser inviolable y además su alteración se considera ilegal. Por lo tanto, todas las mediciones en caudal de agua deberán realizarse sobre el tendido dentro de los límites de la propiedad.

Existen dispositivos de cálculo de consumo en función de calibraciones referenciales previas, como es el caso de Showertime de la empresa Efergy [1] donde los datos arrojados son sólo una estimación de escasa precisión sobre el consumo ya que no tienen en cuenta las variaciones del caudal.

Por otro lado, se ofrecen dispositivos acoplables al tendido de agua y ofrecen un resultado más exacto de medición. Sin embargo, son sistemas cerrados y muy limitados en cuestiones de escalabilidad. Un ejemplo de estos es Medidor de consumo de agua de la empresa Cliensol [2].

El proyecto actual propone un sistema de bajo coste con prestaciones de sustancial utilidad para el usuario final. Gracias a una gran precisión de sensado de datos el sistema será capaz de realizar un exhaustivo procesamiento sobre información fidedigna y presentar detalles sobre los niveles de consumos en el tendido implementado. El sistema cuenta con una plataforma de usuarios para el control de acceso y gestión de la información. Desde la misma, el usuario podrá acceder a la monitorización en tiempo real del consumo, emitir reportes histórico, comparativas y proyección de consumos o costos tarifarios. El usuario dispondrá de un panel de administración de dispositivos de sensado posibilitando la escalabilidad y la personalización del sistema integral.

Tomando como referencia los dispositivos expuestos anteriormente, a continuación, se presenta una tabla comparativa en función de las características más relevantes buscadas desde el enfoque del proyecto.

Tabla 1. Comparativa de soluciones existentes con el proyecto actual.

Dispositivos	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Showertime	4	1	1	1	4	1
Cliensol	3	4	2	1	1	1
Proyecto	4	4	5	5	3	4

C1: Bajo costo de producción. C2: Precisión de información sensada. C3: Cantidad de información proporcionada. C4: Escalabilidad e integración. C5: Facilidad de instalación del sistema. C6: Grado de personalización en la emisión de reportes. Escala: min 1 - 2 - 3 - 4 - 5 max.

De acuerdo a los resultados arrojados por la tabla anterior, observamos que las soluciones ofrecidas en el mercado no presentan prestaciones equiparables con las promovidas por el proyecto actual. Se destacan por sobretodo la precisión de los datos recolectados por los sensores sin necesidad de previa calibración y el grado de detalle de la información procesada expuesta por el sistema. También resalta la posibilidad de que el usuario genere sus propios reportes en base a las variables censadas en tiempo real, o bien, desde un registro histórico.

3. Análisis

Se entiende que, en el plano económico actual, la necesidad por recortar gastos innecesarios en servicios públicos, como el del agua, es cada vez mayor. Más allá de la adversidad que impulsa a esta necesidad, creemos que puede ser una oportunidad para desarrollar una mayor concientización sobre los beneficios del ahorro y consumo responsable del agua.

La creación de una plataforma de monitoreo de consumo del agua basado en hardware de bajo costo y software libre parece la herramienta ideal para llevar a cabo este cometido.

El sistema debe caracterizarse por entregar datos de gran precisión en intervalos pequeños de tiempo, contando con capacidades de procesamientos aptas para el correcto tratado de los mismos. A su vez, debe proporcionar al usuario una interfaz accesible desde cualquier dispositivo con conectividad a Internet, donde se refleje clara e intuitivamente la información resultante de los datos recabados. La información provista al usuario deberá contar con el apoyo de gráficos y estadísticas para incentivar la cultura del ahorro del recurso consumido.

4. Hardware

El dispositivo se encuentra diseñado sobre una plataforma open-hardware denominada NodeMCU, basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, y en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring.

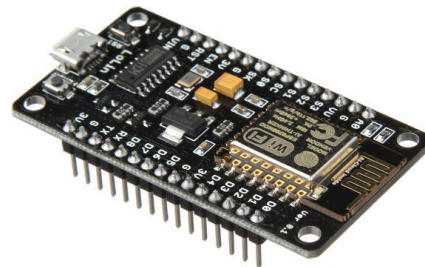


Figura 1. NodeMCUv3 - ESP8266.

NodeMCU es una tarjeta de desarrollo similar a Arduino, especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT). Está basado en el SoC (System on Chip) ESP8266, un chip altamente integrado, diseñado para las necesidades de un mundo conectado. Integra un potente procesador con Arquitectura de 32 bits (más potente que el Arduino Due) y conectividad Wifi.

Para el desarrollo de aplicaciones se puede elegir entre los lenguajes Arduino y Lua. Al trabajar dentro del entorno Arduino podremos utilizar un lenguaje que ya conocemos y hacer uso de un IDE sencillo de utilizar,

además de hacer uso de toda la información sobre proyectos y librerías disponibles en internet. La comunidad de usuarios de Arduino es muy activa y da soporte a plataformas como el ESP8266.

NodeMCU viene con un firmware pre-instalado el cual nos permite trabajar con el lenguaje interpretado LUA, enviándole comandos mediante el puerto serial (CP2102). Las tarjetas NodeMCU y Wemos D1 mini son las plataformas más usadas en proyectos de Internet de las cosas (IoT). No compite con Arduino, pues cubren objetivos distintos, incluso es posible programar NodeMCU desde el IDE de Arduino.

La tarjeta NodeMCU está diseñada especialmente para trabajar en protoboard. Posee un regulador de voltaje en placa que le permite alimentarse directamente del puerto USB. Los pines de entradas/salidas trabajan a 3.3V. El chip CP2102 se encarga de la comunicación USB-Serial.

Tabla 2. Características técnicas NodeMCUv3 - ESP8266.

Modelo	NodeMCUv3 - ESP8266
Voltaje de Alimentación	5V DC
Voltaje de Entradas/Salidas	3.3V DC
SoC	ESP8266
CPU	Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
Frecuencia de Reloj	80MHz/160MHz
Instruction RAM	32KB
Data RAM	96KB
Memoria Flash Externa	4MB
Pines Digitales GPIO	9
UART	2
Chip USB-Serial	CP2102
Wifi	802.11 b/g/n
Potencia de salida	+19.5dBm(802.11b)
Wake up and transmit	< 2ms
Consumo de potencia Standby	< 1.0mW (DTIM3)

Módulos integrados

WEP, TKIP, AES, WAPI

El otro componente principal es el caudalímetro YF-S201, un sensor de flujo utilizado para medir el flujo de líquidos en aplicaciones industriales y domésticas. Este sensor consiste básicamente en un cuerpo de válvula de plástico, un rotor y un sensor de efecto Hall. El rotor de molinete gira cuando el agua/líquido fluye a través de la válvula y su velocidad será directamente proporcional a la velocidad de flujo. El sensor de efecto Hall proporcionará un impulso eléctrico con cada revolución del rotor molinete.



Figura 2. Caudalímetro YF-S201

Este módulo sensor de flujo de agua puede ser fácilmente interconectado con microcontroladores. La conexión se realiza a través de la salida PWM de este módulo a un pin del microcontrolador y se registra el número de impulsos por unidad de tiempo. La tasa de flujo de agua será directamente proporcional al número de pulsos contados.

Tabla 3. Características técnicas Caudalímetro YF-S201.

Modelo	YF-S201
Tensión Operacional	5V ~ 24V DC
Tipo de sensor	Hall Effect
Consumo	15mA @ 5V
Voltaje de Salida	5V TTL
Temperatura de operación	-25°C ~ 80°C
Flujo de trabajo	1 – 30 L/min

Precisión	±10%
Máxima Presión de Agua	2.0 MPa
Salida del Ciclo de Trabajo	50% +-10%
Pulsos por Litro	450
Largo del cable	15cm
Rosca de conexión	1/2"

Por otro lado, el proyecto integra una plataforma web donde el usuario podrá monitorizar los consumos en tiempo real, consultar consumos históricos y realizar proyecciones para un periodo de tiempo deseado. Por lo tanto, se utilizará el módulo Wifi, propia de NodeMCU, para enviar los datos sensados a un servidor web.

5. Software

Se propone un aplicativo compuesto de tres módulos independientes que articulan la información desde los sensores hasta la pantalla del usuario.

5.1. Módulo Primario de Relevamiento

Este módulo está compuesto por una serie de métodos desarrollados en C++ para extraer y calcular, a través del algoritmo descrito posteriormente, el consumo detectado por el sensor conectado a la placa NodeMCU y exponer esta información en tiempo real.

5.2. Módulo Intermedio de Procesamiento

El módulo de procesamiento y mantenimiento de la información utiliza la información que expone el módulo primario de cada sensor.

Con una arquitectura WEB API Rest [5], desarrollada con Node.js [6] y vinculada a una base de datos MySQL [7] con esquema de tablas relacional, se soportará la recolección de información de los sensores, ingreso y almacenamiento de información por parte del usuario y los procesos de cálculo requeridos para exponer el análisis y resultados que tomará posteriormente el módulo externo.

El módulo intermedio de procesamiento se encarga de administrar y nuclear los sensores de la red, conociendo de ellos su nombre, id y dirección de red para configurarlos y, en caso que sea necesario, soportar la escalabilidad de la red, permitiendo agregar o quitar sensores a medida que así lo desee o necesite el usuario.

Este módulo tendrá la responsabilidad de calcular el consumo acumulado mensual, su costo contrastado con el régimen tarifario que afecta a la vivienda y permitirá la

actualización manual de dicho régimen para mantener los cálculos de costos actualizados.

Al contar con la medición en tiempo real de los sensores de la red se podrá mantener un histórico de consumo y precios desde el momento en que el sistema se pone en marcha, tanto individual de cada sensor como del sistema global, reflejando el consumo general de la vivienda. Con dicha información el usuario podrá revisar el consumo de meses previos al actual y acceder a reportes con mayor amplitud temporal que faciliten la predicción y detección de patrones en el consumo por épocas del año o sector de la vivienda.

Por otro lado, el usuario cuenta con la posibilidad de controlar fallas, fugas o problemas en la cañería al detectar inconsistencia entre las mediciones de cada sensor, logrando una mitigación temprana que evite signos visibles mayores de deterioro en la vivienda.

Por último, este módulo intermedio cuenta con una capa de seguridad que asegure la privacidad e integridad de la información al usuario.

5.3. Módulo Externo de Aplicación

El módulo externo tiene como meta principal ofrecerles a los usuarios finales una interfaz de operación desde la cual se pueda acceder tanto a la información como a la configuración de costos tarifarios, administración de perfiles de seguridad y administración de sensores.

También cuenta con un login que le dará acceso solo a los usuarios autorizados que cuenten con las credenciales correspondientes.

Respecto a la información expuesta, se cuenta con la posibilidad de visualizar reportes, promedios, consumos acumulados y gráficos de cada sensor o general de la vivienda, en el periodo de tiempo (anual, mensual, semanal o diario) que el usuario seleccione, así como el consumo en tiempo real.

Dicha interfaz se elaboraría usando el framework Angular [8] y sus librerías Angular Material [9] para el diseño de componentes y Chart.js [10] para la elaboración de gráficos.

6. Sensor de Flujo y Medición de Consumo

El sistema utiliza un sensor de flujo para determinar el consumo de agua potable en la toma de entrada de la residencia en el cual se desee aplicarlo. El elemento sensor basa su funcionamiento en un mecanismo giratorio de tipo hélice o propela de material de plástico con pequeñas incrustaciones de material de hierro. Dicha hélice en presencia de un flujo de agua empieza a girar modificando el campo magnético cercano a un sensor de efecto Hall colocado para leer la variación del mismo y convertirlo en pulsos que transmite a través de un cable. De esta manera, el sensor de flujo proporciona como señal de salida un tren

de pulsos equivalente cada uno de ellos a una revolución completa de la hélice en el interior del sensor. Esta señal puede ser adquirida en el microcontrolador de manera fácil a través de una entrada digital y lograr determinar la magnitud del flujo de agua en unidades de litros por minuto de la siguiente manera. En la ecuación 1, se describe el modelo matemático del comportamiento del sensor de flujo del sistema de telemedición.

$$\text{Flujo } F = (\text{Freq} * 60) / 7.5 \quad (1)$$

F = Flujo de agua en el sensor (LPM).
Freq = Frecuencia del tren de pulsos del sensor efecto hall (pulsos/segundo).

7.5 = Constante de diseño del sensor de flujo para conversión a litros.

El parámetro Freq de la ecuación 1, describe el número de pulsos de la señal de salida del sensor en una base de tiempo de un segundo, este parámetro se proyectó a la frecuencia por minuto multiplicándose por factor de 60 y el resultado de dicha operación se divide por la constante de diseño para convertir este flujo instantáneo a litros, y en este caso en particular a litros por minuto o LPM, lo cual sería de bastante utilidad para determinar el consumo de líquidos en aplicaciones en las cuales se tiene un flujo más o menos constante.

En la ecuación 2, se describe el modelo del sensor para determinar la cantidad de flujo de agua instantáneo, el cual se tomó como intervalo de medición 1 segundo, cuyo intervalo de tiempo puede modificarse en el microcontrolador a fracción de segundo si se deseara, de tal manera se obtiene:

$$\text{Flujo } F = \text{Freq} / 7.5 \quad (2)$$

F = Flujo instantáneo en periodo de 1 segundo (LPS).
Freq = Número de pulsos de la señal de salida por Seg.
7.5 = Constante de conversión a litros del sensor.

7. Reportes

7.1. Consumo Tiempo Real

A partir de la recolección de valores fidedignos se logra una imagen global de consumo segundo a segundo, que no sólo visualiza el uso del agua, sino que pone en evidencia el gasto que se genera a partir del dispendio controlado y no controlado, marcando la diferencia entre el uso consciente e intencional y el que generan situaciones adversas tales como el descuido o el mal funcionamiento de la red doméstica.

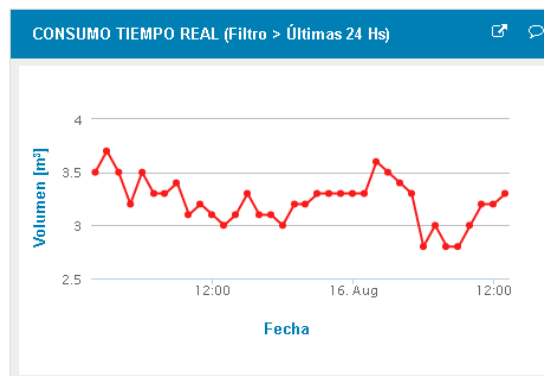


Figura 1. Gráfica de consumo en tiempo real emitida por módulo externo de aplicación en base a su exposición del sensor a un caudal controlado variable.

7.2. Consumos Históricos

Está claro que al contar con el registro histórico de consumo parcial o total doméstico se abren las puertas del análisis y la inferencia estadística a partir de la información para predecir, detectar y estimar el consumo por área, temporada o persona, generando así gráficas y variables que enriquezcan la toma de decisiones en pos del mejoramiento y aprendizaje continuo en materia de consumo hídrico; Sin embargo, los sensores y su reflejo del consumo se ven subyugados al correcto y continuo abastecimiento de energía eléctrica para su funcionamiento ininterrumpido, corriendo el riesgo de perder la verosimilitud de las información analizada frente a una interrupción de este servicio.

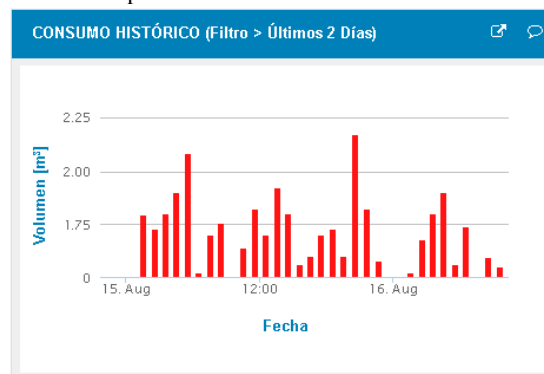


Figura 2. Gráfica de consumo histórico emitida por el módulo externo de aplicación con filtros temporales.

7.3. Proyección de Volumen y Costo de Consumo

Hoy en día se cuenta con estudios, hasta de rango internacional, acerca de cuánta agua se consume para cada actividad o de cómo se derrocha agua en el día a día

gracias al mundo globalizado e interconectado en el que vivimos. Esta información se puede usar como referencia para calcular y determinar el nivel de consumo ideal y desde allí sentar bases y normas de comportamiento para lograr el perfil del consumidor responsable.

Basado en la hipótesis de que la sociedad argentina está acostumbrada al derroche por la falta de control, consecuencias reales o indeseables como respuesta de las malas prácticas y principalmente la desinformación por desinterés, parecería que la educación y desarrollo palpable de la conciencia de consumidor, a través de valores en tiempo real e inferencia estadística que visibilice el perfil de cada uno, sería el camino más acertado para llegar a una situación de ganar-ganar en la que se logre una mejor administración del recurso en general y un menor impacto monetario de los consumidores en las facturas del servicio.

Todo lo anteriormente expuesto se considera posible abordar a través de gráficas y tablas personalizables a las que el cliente pueda acceder a través del móvil y ver cómo fue su consumo en el pasado, cómo se cree que va a ser a partir de la información con la que ya se cuenta, como debería ser si empezase a mejorar su comportamiento, cuánto le costó, como se incrementa el valor a pagar de la próxima factura minuto a minuto, cuánto podría ahorrar y demás aspectos relacionados con el consumo del agua en la vivienda.

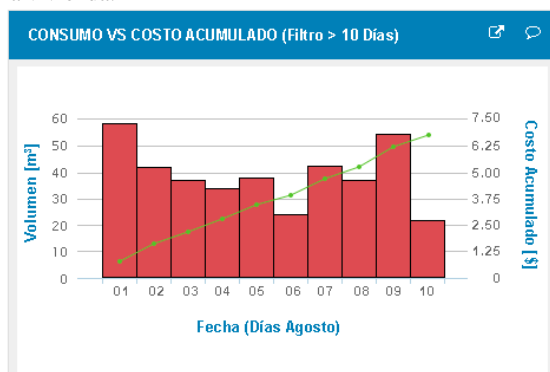


Figura 3. Gráfica de consumo versus costo acumulado equivalente emitida por el módulo externo de aplicación con filtro de tiempo aplicado.

8. Líneas de Investigación Y Desarrollo

El proyecto pertenece a una de las cinco líneas de investigación de CAETI Rosario denominada: "Automatización y robótica". Las producciones de esta línea describen su razón de existir como "...La automatización y la robótica son ejes fundamentales dentro del desarrollo tecnológico, tanto por sus implicancias en los escenarios productivos como para el ciudadano común. Trabajar sobre estas áreas no sólo

implica desarrollar las habilidades que permiten obtener nuevo conocimiento, sino indagar campos adyacentes que colaboran para redefinir los alcances de esta actividad..." [12].

9. Conclusión

El sistema provee un monitoreo en tiempo real sobre el consumo de agua a través de una aplicación web que acerca al usuario los registros históricos, valores de consumo parciales (sobre una sección de su instalación) y totales, permitiendo detectar fugas o pérdidas dentro del tendido de cañerías internas de la vivienda de manera sencilla, evitando la llegada de signos mayores de deterioro de la vivienda hasta su localización.

Además, el sistema de monitoreo otorga herramientas de control para ayudar a los usuarios a modificar sus hábitos en pos de lograr un consumo más eficiente y responsable al tener la posibilidad de visibilizar las situaciones que acarrear un derroche de agua o identificar y corregir el consumo anormal del recurso en cuestión.

Por otro lado, a partir del sistema planteado, surgen dos situaciones que podrían interferir en la aplicación general del mismo, al requerir condicionalmente de energía para mantener los módulos primarios de relevamiento y el módulo intermedio de procesamiento funcionando correctamente y de un usuario o asistente externo consciente y capacitado para solucionar las contingencias que el desgaste o uso erróneo provoquen, tales como averías o fallas.

10. Formación de Recursos Humanos

El presente trabajo, fue realizado por alumnos del Centro de Altos Estudios en Tecnologías Informáticas de la Universidad Abierta Interamericana regional rosario (CAETI Rosario) del último año de la carrera de Ingeniería en Sistemas Informáticos: Bartolozzi, Cristian y Morelli Juan José. El mismo cuenta con la dirección del Ing. Pedro López, docente de Universidad Abierta interamericana.

11. Referencias

- [1] Showertime, Efergy Technologies SL
https://efergy.com/media/download/datasheets/showertime_e_uk&eu_datasheet_web2011.pdf
- [2] Cliensol, CurrentCost
<http://www.cliensol.es/images/documentacion/medidor-consumo-agua/manual-instalacion-medidor-agua-current.pdf>
- [3] Abraham Maslow (1943) "A Theory of Human Motivation".
Unesco, Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015
Agua para un mundo sostenible

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

Unesco, World Water Assessment Programme. 2004

Agua para todos, agua para la vida

<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>

[4] Ministerio del Interior, obras Públicas y Vivienda, Subsecretaría de Recursos. 2017 Hídricos. Disposición 19-E/2017

<https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNormaBusquedaRapida/163032/20170502/AySA>

[5] Microsoft Azure.

2018 <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/best-practices/api-design>

[6] NodeJS. Documentación Oficial. 2018

<https://nodejs.org/es/docs/>

[7] Oracle. Documentación Oficial. 2018

<https://www.oracle.com/ar/mysql/>

[8] Angular Framework. Documentación Oficial. 2018

<https://angular.io/docs>

[9] Angular Material. Documentación Oficial. 2018

<https://material.angular.io/>

[10] Chart.js. Documentación Oficial. 2018

<http://www.chartjs.org/docs/latest/>

[12] Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática. Líneas de investigación. 2018

<http://caeti.uai.edu.ar/lineas.aspx>

Una Herramienta para la Evaluación de Sistemas de Software: Aplicación a la Evaluación de Escáneres de Seguridad en Aplicaciones Web

Ayrton Marini, Enrique A. Miranda, Mario M. Berón, Miguel Bustos, Daniel Riesco, Pedro R. Henriques
Departamento de Informática - Universidad Nacional de San Luis - San Luis - Capital
Departamento de Informática – Universidade do Minho - Braga - Minho - Portugal
mariniayrtond@gmail.com
{eamiranda,mberon,mabustos,driesco}@unsl.edu.ar
prh@di.uminho.pt

Resumen

En la actualidad, la mayoría de los sistemas informáticos utilizan Internet como su medio de despliegue, donde los tiempos exigen desarrollos ágiles sin demasiado control y a su vez los usuarios potenciales crecen día a día. Es por esto que las aplicaciones web se convierten en el principal objetivo de los tan mencionados ciber-ataques y, en este contexto, un factor crítico de éxito durante su desarrollo, es garantizar la seguridad de las mismas. Una de las alternativas más utilizadas para este fin, es emplear herramientas de análisis estático y dinámico de software. Actualmente, se puede encontrar una gran variedad de analizadores los cuales poseen diversas características, lo que convierte al proceso de selección de una herramienta que mejor se adecue a una determinada situación, una tarea tediosa para el ingeniero de software. Es por esto que es de vital importancia proveer mecanismos sistematizados y eficaces para evaluar las distintas alternativas. En este artículo se presenta el diseño e implementación de un sistema de software, cuyo fin es semi-automatizar el proceso de evaluación de escáneres de vulnerabilidades en aplicaciones web mediante la implementación de un método de evaluación multicriterio. En síntesis, se puede argumentar que este trabajo no sólo impacta en la simplificación de la ejecución de un proceso de toma de decisión (sea cual sea el contexto), sino también propone un conjunto ya trabajado de criterios que sirven para comparar escáneres de seguridad en aplicaciones web, reduciendo los costos y tiempos a todo nivel del proceso en sí.

1. Introducción

Las aplicaciones web son utilizadas en una amplia variedad de áreas, entre ellas, redes sociales, compras, actividad

bancaria, sistemas de control, almacenamiento en la nube y demás. Inclusive desde el año 2011, el 75 % de la distribución de aplicaciones por categorías correspondía a aplicaciones web. Este abrupto crecimiento se debe, entre otras cosas, a la versatilidad que supone un navegador web como cliente ligero, la independencia con el sistema operativo y la posibilidad de mantener o actualizar la aplicación sin la necesidad de interferencia de los usuarios potenciales [6].

Para intentar satisfacer la incesante demanda de sistemas de este tipo, los usuarios ocasionalmente se ven rodeados de software que no fue desarrollado siguiendo un modelo adecuado, que no ha sido codificado siguiendo parámetros de calidad y/o que posee un diseño defectuoso, entre otros tantos factores que vuelven a los sistemas poco robustos y con grandes falencias en seguridad [4].

En un contexto de conectividad permanente entre los usuarios, el concepto de “seguridad” se vuelve un factor fundamental [23]. Este motivo, entre otros, es el principal desencadenante de una disciplina que se encuentra en auge en distintos ámbitos de la actualidad, la misma es conocida como: Seguridad Informática.

La noción de seguridad en los Sistemas de Información, se define como un grupo de componentes con características especiales, de los cuales se pueden destacar [21]:

- Seguridad: incluye características en concomitancia con la protección del sistema, sus aplicaciones y los recursos compartidos. Incluye la prevención de la adquisición y modificación no autorizada de información, es decir, se intenta cubrir tanto la seguridad del sistema como la de los datos del usuario.
- Fiabilidad, disponibilidad y recuperación: indican, respectivamente, la exactitud de la seguridad del sistema y otras funciones del mismo, el soporte a través del tiempo de un sistema seguro y la capacidad de recuperación del mismo luego de haber sufrido un ataque o

algún tipo de error/accidente.

- **Auditabilidad:** implica el seguimiento de la continua existencia de seguridad y fiabilidad del sistema, incluyendo la detección de anomalías o un amenazante comportamiento.

Un camino viable para conseguir como producto final un sistema que provea mecanismos de seguridad adecuados, es seguir un enfoque correctivo [15]. Esto quiere decir, llevar a cabo la evaluación de la seguridad del software a posteriori de su desarrollo. En este sentido, es preciso hacer referencia a un conjunto de herramientas denominadas: “Herramientas de Análisis de Seguridad de Software”.

La seguridad es un atributo de calidad del software y como parte de un todo, al llevar a cabo un análisis, tradicionalmente se distinguen dos tipos: el Análisis Dinámico donde se diseñan casos de prueba sobre la información base de la especificación. Y por otro lado, el Análisis Estático donde las técnicas de evaluación o prueba se diseñan en base a la información derivada del código fuente [11, 1].

Más allá del camino que se tome para realizar sus procedimientos, el fin de las herramientas de análisis de seguridad es encontrar aquellos puntos donde el sistema informático sufre problemas relacionados o, inclusive, identificar aquellas vulnerabilidades que podrían ser potencialmente conflictivas. De acuerdo con el Instituto SANS [20], en el ámbito de aplicaciones web, las herramientas específicas de análisis de seguridad se pueden clasificar, teniendo en cuenta la forma que utilicen para llevar a cabo sus procesos, en al menos cuatro categorías: i) Bloqueo de ataques: basados en la red de datos. ii) Bloqueo de ataques: basados en el servidor de host. iii) Eliminación de vulnerabilidades de seguridad. iv) Soporte seguro para usuarios autorizados.

De esta forma, se puede concluir que existe una gran variedad de posibilidades a la hora de seleccionar una herramienta que ejecute un proceso de análisis de seguridad para aplicaciones Web. Dentro de lo que significa la detección y eliminación de vulnerabilidades de seguridad, con el fin de acotar el alcance de la investigación y por lo tanto, conseguir un enfoque más preciso, este artículo se centra en evaluar escáneres de vulnerabilidades en aplicaciones web.

1.1. Escáner de Vulnerabilidades

De acuerdo con Elizabeth Fong y Vadim Okun [7] un “Escáner de Vulnerabilidades de Aplicaciones Web” se define como: “Un programa automatizado que examina aplicaciones web en busca de una vulnerabilidad de seguridad”.

A fin de obtener un contexto funcional más preciso de este tipo de software, según el documento: “Software Assurance Tools: Web Application Security Scanner Functional Specification Version 1.0” [5], un escáner de este tipo debería ofrecer las siguientes características funcionales:

- Identificar tipos específicos de vulnerabilidades en aplicaciones web.
- Por cada vulnerabilidad identificada, generar un reporte indicando una acción o secuencia de acciones recomendadas.
- Identificar falsos positivos con una frecuencia aceptable.

Esencialmente, el objetivo de un escáner de aplicaciones Web es ayudar a reducir el número de vulnerabilidades. Su modus operandi, por lo general, es simular ataques en contra de la aplicación en tiempo de ejecución y, acorde a las respuestas obtenidas, generar los reportes necesarios. En este sentido, es importante destacar que comúnmente se refiere a escáneres de vulnerabilidades como herramientas de análisis dinámico [16].

No obstante, de acuerdo con Fong et al. [7, 5], también existen escáneres que, a la hora de buscar falencias específicas, proveen capacidades funcionales que se encuadran en un enfoque estático y permiten detectar errores de codificación en el software. Algunas herramientas como: MileSCAN, Grabber, Checkmarx y N-stalker, son ejemplos de herramientas que realizan análisis sobre el código fuente, jerarquía de archivos, permisos y demás aspectos.

Esto implica que, con el foco puesto en cubrir más vulnerabilidades, mejorar su desempeño, disminuir la generación de falsos positivos y por ende, dar más seguridad a los usuarios que las utilizan, los escáneres de vulnerabilidades se ven obligados a explorar e implementar otras técnicas y metodologías de análisis.

Sobre el marco de las observaciones realizadas anteriormente, con el objetivo de simplificar el proceso de selección de un escáner, se propuso el desarrollo de una herramienta desplegada sobre un ambiente web que implementa un método de evaluación multi-criterio, conocido como Analytical Hierarchy Process (AHP) [19]. Mediante el cual, un usuario pueda llevar a cabo un proceso de evaluación, siguiendo un conjunto de criterios previamente seleccionados y obtener una manera de calificar este tipo de software en base a un método de scoring. De forma tal que los resultados obtenidos sirvan como una referencia a la hora de seleccionar aquél que mejor se adecue a la situación pertinente.

El presente artículo está organizado de la siguiente forma: para entrar en contexto en el análisis de escáneres de seguridad en aplicaciones web, la sección que sigue pretende introducir un breve estado del arte sobre procesos de evaluación multicriterio aplicados a herramientas de seguridad. Como segundo paso, se describe el método de evaluación multicriterio implementado por la herramienta desarrollada. Una vez conocido su funcionamiento, se muestra cual fue el conjunto de criterios seleccionado para enfrentar el problema de decisión que se plantea. Además, se dedica una sección a explicar la arquitectura y las tecnologías

utilizadas para la implementación del software: “Decision Analysis Software Tool”, la herramienta desarrollada en el marco del presente trabajo de investigación. Luego, cómo último punto, se presentan tres casos de estudio: Grabber, Vega y Netsparker.

2. Trabajos Relacionados

A raíz de la especificación funcional dada sobre escáneres de vulnerabilidades en la sección precedente, varios autores del campo de investigación afín han realizado aproximaciones hacia la definición de una metodología de evaluación para dicho objeto de estudio. Por ejemplo, el trabajo presentado por Jason Bau et al. [2] realiza un estudio sobre el estado del arte en herramientas automáticas de análisis de vulnerabilidades que utilizan técnicas de caja negra. En dicho trabajo, se efectuó una recolección de datos a raíz de la ejecución de diferentes procesos de análisis ejecutados por un conjunto de varias herramientas similares, logrando ponderar la capacidad de cada una para detectar cada tipo de vulnerabilidad.

Otro trabajo relacionado es el de Bermejo Juan Ramón Higuera [3], el cual propone una metodología de evaluación de escáneres de vulnerabilidades pero para su adaptación en el ciclo de vida de desarrollo de software. En esta investigación, el autor realiza un estudio profundo del estado del arte en cuanto a la existencia y evaluación de herramientas de análisis de seguridad, determinando, a través de una serie de características, que tipo de enfoque, ya sea de análisis estático, dinámico o híbrido, es el que mejor se adapta a cada etapa del ciclo de desarrollo de una aplicación Web.

Siguiendo esta línea, se encuentra la propuesta de Martin Jogns et Al [12], denominada: Scanstud, la cual es una metodología para una evaluación sistemática de herramientas de análisis de seguridad que siguen, exclusivamente, un enfoque estático. En dicho estudio, se propone un software que genera automáticamente casos de prueba (porciones de código) que sirven para que las herramientas candidatas, elegidas para la evaluación, ejecuten sus respectivos procesos de análisis. Mediante un procedimiento iterativo y automático, se generan una serie de casos que contribuyen para que se realice una recopilación completa de los resultados arrojados por cada una de estas herramientas. En este caso, es importante destacar la introducción de un conjunto de criterios para la evaluación de tal objeto de estudio. Esto implica que la puntuación de cada candidato dependerá del cumplimiento o no de un conjunto previamente definido de características deseables.

Está claro que para la ejecución completa y precisa de un proceso de evaluación sobre un determinado objeto de estudio, en este caso escáneres de aplicaciones web, es conveniente usar como intermediario un conjunto de criterios predefinido que reúna todas, o la mayoría, de las características

deseables en la aplicación. Así es menos probable pasar por alto algún aspecto importante que se debe tener en cuenta a la hora de evaluar y a su vez, es más factible poder generar un proceso repetitivo y funcional. En este sentido, en la industria actual existen puntualmente dos trabajos muy relacionados a la definición de un conjunto de criterios para evaluar herramientas de seguridad, estos son:

- Static Analysis Technologies Evaluation Criteria (SA-TEC) [25]: su objetivo es difundir un conjunto de criterios que sirvan como guía a los profesionales de seguridad de aplicaciones durante la adquisición de tecnología destinada al análisis de código estático. El documento en cuestión proporciona una lista de criterios a ser considerados durante el proceso de evaluación.
- Web Application Security Scanner Evaluation Criteria Project (WASSEC) [24]: su objetivo es determinar un conjunto de directrices para evaluar escáneres de aplicaciones web, a partir de las cuales se pueda determinar la capacidad de las herramientas para probar aplicaciones e identificar vulnerabilidades. Este documento proporciona un amplio abanico de características que deben tenerse en cuenta al realizar una evaluación sobre un escáner de este tipo. El mismo cubre áreas como: rastreo, análisis, manejo de sesiones, pruebas y generación de reportes.

Como conclusión general, se puede decir que pese a que existen trabajos relacionados y, por parte de un grupo de especialistas, se ha llevado a cabo un esfuerzo considerable en definir un conjunto de criterios que cubra todos los atributos que debe reunir un escáner de vulnerabilidades de aplicaciones web, la generación de un proceso de evaluación sistemático y repetible aún no se define formalmente. De esta forma, la solución que plantea este trabajo es: el desarrollo de una herramienta que implemente un método de evaluación multicriterio (AHP), el cual sirva para semi-automatizar el proceso de evaluación de escáneres de seguridad.

Dado que la herramienta presentada en el presente trabajo hace uso de un método de evaluación multicriterio, resulta conveniente dar a conocer los conceptos más importantes que encierra, tanto el área de toma de decisiones bajo criterios múltiples, como el método AHP propiamente dicho.

3. Proceso Analítico Jerárquico

El área de toma de decisiones bajo criterios múltiples, o Multiple-criteria decision-making en su traducción al inglés (MCDM), explora un conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales, contextos de conflictos de esta índole, pueden ser formalmente incorporados a un proceso analítico.

Dentro de esta área de investigación, se encuentra la evaluación multicriterio. La misma propone dar solución a problemas donde se involucren un número finito de alternativas explícitamente conocidas antes de comenzar el proceso. Este tipo de análisis, ofrece un modelo para plasmar la opinión del encargado de tomar la decisión de la forma más crítica posible, es por ello que la utilidad de la alternativa elegida debe quedar representada por su desempeño en los criterios seleccionados para la evaluación [8].

De acuerdo con Huang et al. [9] en la última década, dentro de los métodos más utilizados se encuentran: MAUT (Multi-Attribute Utility Theory), AHP (Analytical Hierarchy Process) y Outranking Methods. Donde este último grupo incluye: PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) y ELECTRE (ELimination and Choice Expressing Reality).

Todas estas propuestas abordan el problema de toma de decisiones de una manera similar. Esto quiere decir hacen uso de elementos matemáticos para asignar valores a las comparaciones, se ponderan “pesos” y luego se combinan estos resultados parciales para producir un resultado final.

En particular, AHP hace uso de comparaciones por pares de cada elemento del problema bajo la interrogativa de: ¿Qué tantas veces es más importante un elemento por sobre otro? Y como consecuencia, el procedimiento de comparación se vuelve más simple y flexible [22]. Esto resulta muy interesante cuando existen varias partes involucradas en el proceso de decisión, ya que existe la posibilidad de que surjan conflictos de intereses a la hora de establecer juicios. Además, proporciona métodos para computar que tan consistentes (o no) están siendo los resultados que se van obteniendo, lo que da como producto final del proceso, tanto prioridades globales para cada una de las alternativas involucradas, como así también medidas de consistencia para los juicios realizados. En síntesis, la elección del método AHP por sobre otros, se justifica bajo las siguientes características:

- Garantiza el tratamiento de todas las aristas involucradas en el proceso, de forma centralizada e independiente, a través del uso de una jerarquía para organizar el problema.
- Brinda herramientas para la comprobación del nivel de consistencia de los juicios realizados y por lo tanto, la calidad de los resultados obtenidos.
- Es relativamente sencillo de implementar y no precisa de muchos cálculos para obtener resultados.
- Es un método muy utilizado a la hora de llevar a cabo problemas de decisión bajo criterios múltiples. En la actualidad se registran más de 150 aplicaciones en distintos campos científicos [9, 22].

Con el objetivo de que el artículo quede autocontenido y sea de fácil comprensión, en las próximas secciones se explica el método AHP.

3.1. Problema de Decisión en Forma de Jerarquía

La organización jerárquica de los elementos involucrados en el proceso tiene principalmente dos propósitos. Por un lado, proporcionar una visión panorámica de las relaciones inherentes a la situación y por otro, ayudar al evaluador en términos de permitirle una comparación más precisa y consistente entre las alternativas.

Thomas L. Saaty, en su trabajo: “Decision Making with the Analytic Hierarchy Process” [17] explica que para tomar decisiones siguiendo una forma organizada y sistemática, es necesario desagregar el problema en las siguientes partes:

1. Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento que se desea obtener.
2. Organizar el problema en cuestión en una jerarquía tomando el objetivo del proceso como la raíz de la estructura. A partir de este punto, se deben construir los niveles inferiores usando el conjunto de criterios/subcriterios que expresan las características que se desean evaluar. Finalmente, el nivel más profundo esta organización jerárquica, se deberá conformar con las alternativas que se necesiten comparar.
3. A partir de la jerarquía desarrollada en el paso anterior, se debe construir un conjunto de matrices conocidas como: “matrices de comparaciones por pares” (pairwise comparison) utilizando como referencia el concepto que aparezca en el nivel inmediatamente superior. Es decir, cada elemento de un mismo nivel o capa comparado respecto al elemento padre que yace en la capa superior.
4. Como último paso, se deben obtener las prioridades en forma de valores numéricos que serán utilizados para ponderar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior. Es decir, a grandes rasgos, el proceso de comparación parte de los niveles más altos de la jerarquía (objetivo y criterios generales o globales) y comienza a descender iterativamente, utilizando como próxima entrada los datos de la salida anterior, hasta llegar a ponderar las alternativas en el nivel más bajo de la jerarquía.

3.2. Proceso de Comparación

La existencia de una organización jerárquica permite al evaluador concentrar su capacidad de análisis de forma in-

dividual sobre componentes homogéneos y bien diferenciados. En este caso, la forma más efectiva de realizar la evaluación propiamente dicha, es tomar de pares de elementos y compararlos bajo una única propiedad a la vez, sin preocuparse por los demás elementos.

Para llevar a cabo estas “comparaciones por pares”, es preciso contar con una escala que sirva de referencia. De esta forma, se podrá indicar de forma numérica que tantas veces es más importante o dominante un elemento por sobre otro respecto a un determinado criterio o propiedad bajo la cual se está haciendo la comparación.

AHP propone una escala denominada: “Escala Fundamental”, la cual está construida en base a teorías del pensamiento humano ante la toma de decisiones, y aparte está sustentada por evidencia empírica [18]. Tal y como se puede apreciar en la Tabla 1, los valores de la escala fundamental van del 1 al 9, por lo que los juicios siempre serán positivos. En caso de que sea necesario, pueden usarse los valores 2, 4, 6 y 8 para situaciones que requieran valores intermedios o inclusive cifras decimales para estudios de gran precisión.

Haciendo uso de la escala fundamental, para plasmar eficazmente los puntajes establecidos por el evaluador, resulta conveniente definir un arreglo bidimensional de números que compone el eje fundamental del funcionamiento del método, este se denomina: “Matriz de Comparación por Pares” y su definición es:

Definición: Dados n elementos (criterios o alternativas) presentes en la comparación, se forma la matriz de comparaciones $A \in R^{n \times n}$, donde cada una de sus entradas (a_{ij}) representa la preferencia de la alternativa/criterio en la fila i cuando se le compara con la alternativa/criterio de la columna j .

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Nótese como los valores de las entradas (a_{ij}) en donde $i=j$, es decir los valores de la diagonal principal, son todos iguales a 1. Esto es porque se representan las comparaciones de una alternativa/criterio consigo mismo/a.

Además de la propiedad anterior, cabe destacar que por la forma en que se la construye, existe una condición de reciprocidad entre sus entradas. Esto quiere decir que para un elemento (a_{ij}) , dada la entrada recíproca correspondiente, es decir el elemento (a_{ji}) , se cumple que $(a_{ij}) \cdot (a_{ji}) = 1$. Por lo que A queda de la siguiente forma:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Cuadro 1: Escala Fundamental

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igual Importancia	Dos elementos que contribuyen de la misma manera con el objetivo
3	Importancia Moderada	Experiencia y Juicio ligeramente a favor de un elemento que de otro
5	Importancia Fuerte	Experiencia y Juicio fuertemente a favor de un elemento que de otro
7	Importancia muy fuerte	Experiencia y Juicio fuertemente a favor de un elemento que de otro; su dominio se demuestra en la práctica
9	Extremadamente Importante	La evidencia favorece a una actividad por sobre la otra. Es el valor máximo de dominio posible.
Recíprocos	Si la actividad i tiene uno de estos números asignados a él cuando es comparado con la actividad j , entonces j tiene el valor recíproco cuando es comparado con i .	
Racionales	Proporciones derivadas de la escala	Si la consistencia fuera forzada obteniendo n valores numéricos para abarcar la matriz

Estas matrices de comparaciones por pares se construyen cada vez que se desea comparar un nivel de la jerarquía respecto a su nivel inmediatamente superior. Es decir, cada matriz agrupa las comparaciones entre los elementos de un mismo nivel respecto al concepto englobado en su nodo padre del árbol.

3.3. Proceso de Obtención de Resultados

Una vez construidas las matrices para cada nivel de la jerarquía y realizadas las respectivas comparaciones, es momento de ejecutar un proceso sobre cada una de ellas denominado: “Sintetización de Prioridades”. De acuerdo con Toskano Hurtado et al. este tiene tres tareas o pasos bien diferenciados [10]:

1. Sumar los valores de las entradas en cada columna de la matriz de comparaciones por pares.
2. Dividir cada elemento de la matriz entre el total de columna, es decir el valor calculado en el paso anterior. A este procedimiento se le denomina: Normalización.
3. Una vez se tiene una matriz de comparaciones por pares normalizada, se debe calcular el promedio de los elementos de cada fila, para obtener un vector denominado: Vector de Prioridades.

Cada vector construido sintetiza las prioridades de cada elemento de la jerarquía, en términos de su elemento inmediatamente superior, por lo que de forma genérica se obtendría el siguiente vector:

$$w_i = \begin{matrix} Elem_1 \\ Elem_2 \\ \dots \\ Elem_n \end{matrix} \begin{matrix} NivelSuperior \\ \left(\begin{matrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

Donde n es el número de criterios y cada P_i es la prioridad del elemento i con respecto al concepto del nivel superior, con $i = 1, 2, \dots, n$.

Siguiendo esta idea e iterando el proceso sobre todas las matrices construidas, se formarán dos estructuras diferentes. Por un lado se tiene un vector que resume la influencia de cada uno de los criterios respecto al objetivo general. De forma genérica se tendría:

$$v = \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_n \end{matrix} \begin{matrix} Global \\ \left(\begin{matrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_n \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

Donde n es el número de criterios y cada P'_i es la prioridad del criterio i con respecto al objetivo global, con $i = 1, 2, \dots, n$.

Por otro lado, al sintetizar las prioridades de las matrices de comparación por pares entre alternativas respecto a un criterio se obtendrá un vector como sigue:

$$w_i = \begin{matrix} Alt_1 \\ Alt_2 \\ \dots \\ Alt_n \end{matrix} \begin{matrix} Criterio_i \\ \left(\begin{matrix} P_{1i} \\ P_{2i} \\ \dots \\ P_{ni} \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

Donde w_i representa el vector que resume la prioridad de cada alternativa con respecto al criterio i elegido. De esta forma, si se usan estos vectores como columnas de una matriz, se forma la denominada: Matriz de Prioridades. Donde

cada entrada (P_{ij}) es la prioridad de la alternativa i con respecto al criterio j. Por lo tanto, para m criterios y n alternativas se tiene:

$$W = \begin{matrix} Alt_1 \\ Alt_2 \\ \dots \\ Alt_n \end{matrix} \begin{matrix} Criterio_1 & Criterio_2 & \dots & Criterio_m \\ \left(\begin{matrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

Luego, mediante la multiplicación matricial entre estas dos construcciones algebraicas detalladas anteriormente, se obtiene el vector de prioridad global para cada alternativa. Por lo tanto:

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \vdots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{g1} \\ P_{g2} \\ \vdots \\ P_{gm} \end{pmatrix}$$

Donde cada entrada (P_{gi}) del vector resultado, es la prioridad global (respecto al objetivo general) de la alternativa i.

Es importante remarcar que si la jerarquía tiene algún criterio que se subdivide en subcriterios, aparece el concepto de "Prioridad Local" y "Prioridad Global". Al realizar comparaciones entre elementos de un mismo nivel, estas tienen que estar afectadas por la prioridad que tiene su antecesor respecto al objetivo general. Es decir, de alguna forma se tiene que propagar la prioridad desde la raíz del árbol (que es el objetivo general del proceso de toma de decisión) hacia los nodos de los niveles inferiores (criterios y subcriterios). Es por ello que para conseguir la prioridad global de cada elemento, esto es la importancia de dicho elemento respecto al objetivo, se tiene que realizar el producto de la prioridad local de cada elemento con la prioridad global de su nodo "padre".

3.4. Consistencia

El último punto para mencionar sobre AHP, es el mecanismo que provee para garantizar la veracidad de sus resultados. Para ello, el método propone el concepto de "Grado de Consistencia", en caso de que este sea aceptable, entonces es conveniente continuar con el proceso de decisión. En caso contrario, se deberán reconsiderar y, muy posiblemente, modificar los juicios realizados antes de continuar con el análisis. Estrictamente por motivos de extensión, para este artículo se dejará del lado del lector la teoría matemática subyacente al proceso (ver referencias [17, 19]).

4. Árbol de Criterios Propuesto

Antes de pasar a detallar el diseño e implementación de la herramienta propuesta por el autor, es necesario explicar

el árbol de criterios propuesto para evaluar escáneres de seguridad.

Primero y principal, es importante remarcar que el árbol es una adaptación de los criterios expuestos en el “Web Application Security Scanner Evaluation Criteria” [24], documento desarrollado por el “Web Application Security Consortium”, el cual sirvió de base para dar un enfoque claro a la evaluación de escáneres de vulnerabilidades. De esta forma, como se puede observar en la Figura 1, estas características dispuestas en forma de árbol jerárquico, tienen como objetivo resumir, de la manera más completa posible, todos los puntos que debe cubrir un escáner de seguridad para que sea lo más eficaz y eficiente posible. Para entrar en contexto, a continuación se expone una breve descripción de cada característica del árbol:

- Soporte de Protocolo:
 - Transporte: para llevar a cabo un análisis, un escáner debe admitir todos los protocolos de comunicación son comúnmente utilizados por las aplicaciones web.
 - Proxy: en ciertos casos es necesario realizar el análisis sobre una aplicación de forma “indirecta”, a través de un proxy.
- Autenticación: es necesaria la compatibilidad con métodos de autenticación estándar o ampliamente utilizados para poder probar de manera efectiva las aplicaciones que requieren autenticación.
- Manejo de Sesiones: durante una búsqueda de vulnerabilidades web, es importante que los escáneres mantengan sesiones válidas con la aplicación en todo momento. Esto se requiere principalmente para:
 - Capacidad: para lograr la mayor cobertura posible, el analizador debe mantener una sesión que le permita descubrir todos los elementos web posibles (por ejemplo, parámetros, cookies, formularios, enlaces, etc.).
 - Fase de prueba: si el escáner envía una solicitud HTTP a secciones de la aplicación que requieran autorización y no tiene tokens de sesión válidos, simplemente se ignorará esta solicitud y probablemente redirija el escáner a la página de inicio de sesión.
- Buscador: este proceso consiste en recorrer recursivamente todos los enlaces que se vayan presentando a partir de la página principal de la aplicación. Los rastreadores le deben permitir al usuario definir una gran cantidad de criterios para garantizar una exploración exhaustiva y eficiente.

- Parsing: para escanear completamente una aplicación web en busca de problemas de seguridad, un escáner primero debe ser capaz de reconstruir en una imagen los aspectos arquitectónicos y funcionales de la misma. El proceso de asignación se realiza mediante el “crawling”, que hace uso de diferentes tipos de analizadores de contenido para extraer información. Dicha información puede incluir URLs, formularios HTML, parámetros, comentarios, hojas de estilo, scripts, etc.
- Testing: este criterio incluye los tipos de vulnerabilidades que un escáner de aplicaciones web debería ser capaz de detectar, así como las opciones de configuración y personalización relacionadas con las pruebas que debería proporcionar.
- Reportes: lo que queda luego de un proceso de análisis son las conclusiones. Para conseguir un buen resultado, es necesario que los reportes que se produzcan de la forma más clara y concisa que se pueda.

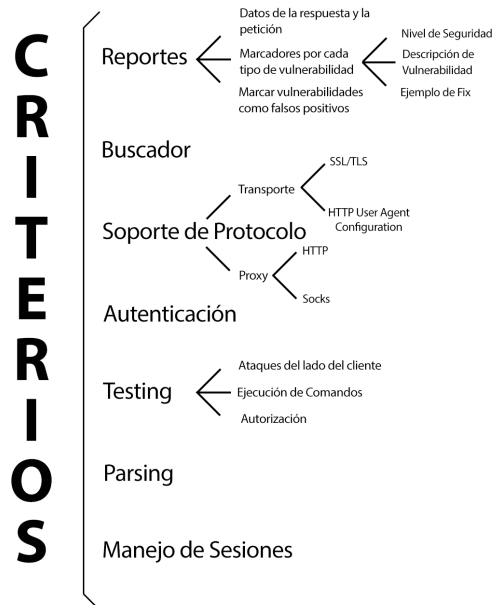


Figura 1: Árbol de Criterios

5. DAST: Decision Analysis Software Tool

Una vez definido el árbol de criterios, en relación, tanto al estudio de la toma de decisiones multicriterio, como a la seguridad informática, en el marco de esta investigación se llevó a cabo el desarrollo de “DAST: Decision Analysis

Software Tool”, una aplicación web que implementa el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y sirve como medio para analizar los casos de estudio planteados para este artículo.

Es importante remarcar que esta herramienta está pensada para usuarios que deseen resolver un problema de toma de decisiones bajo múltiples criterios. El uso del método AHP por sus características hace más simple y ágil el proceso de evaluación. No obstante, dada la finalidad de la investigación, se pensó brindar un conjunto de criterios ya definido por expertos del dominio que sirva para la evaluación de escáneres de seguridad. En este sentido, para estos casos particulares, el usuario solo deberá cargar el árbol predefinido (ver sección anterior), ingresar las alternativas (posibles candidatos) y asignar los valores que considere para las comparaciones por pares de elementos.

En resumen, las tareas de seleccionar criterios y, posteriormente, asignar los juicios en las comparaciones por pares, deben quedar a cargo de un experto del dominio del problema. Esto se debe principalmente a que un error en esta etapa del proceso, posiblemente lleve a la obtención de resultados erróneos y consiguiente, a conclusiones carentes de sentido. Pese a que AHP brinda herramientas para comprobar la consistencia de los juicios, el encargado de tomar la decisión, debe tener precaución y proceder con experticia para no seleccionar criterios demasiado subjetivos y en base a estos, realizar juicios sin un argumento sólido.

Teniendo en cuenta las observaciones realizadas en los párrafos precedentes, en las siguientes subsecciones se espera que el lector comprenda el proceso de diseño e implementación de la herramienta planteada.

5.1. Tecnologías y Metodología para el Desarrollo

Como primer punto a relevar, antes de adentrarse en la etapa de desarrollo en sí, cabe destacar que se hizo uso del Lenguaje de Modelado Unificado (UML por su traducción al inglés, Unified Model Language) para su diseño. Y por otro lado, el proceso de desarrollo, se llevo a cabo a través de una metodología flexible, ágil, iterativa e incremental, promoviendo la eficiencia y la calidad en el menor tiempo posible.

Para implementar la herramienta, se utilizó “Grails”, un framework MVC para el lenguaje Groovy. Este último, a su vez, es un lenguaje de programación orientado a objetos implementado sobre Java, con algunas facilidades en cuanto a sintaxis e implementación.

A priori, se dispuso desplegar la aplicación como un Servicio Web (as a Service), pensando hacia futuro la posible integración con otros sistemas. Es por ello que, las tecnologías utilizadas para la implementación de DAST, ofrecen características para facilitar esta tarea. No obstante, para que la herramienta quede en producción y disponible al

público, restan definir ciertos aspectos como lo son la firma de la API y los *endpoints* que quedarán disponibles (ver sección: Trabajos Futuros).

5.2. Arquitectura

Como se dijo en la sección anterior, se pensó dejar a la herramienta disponible como un Servicio Web, es por esto que se utilizó una arquitectura orientada a servicios mediante el estilo API REST. Por cuestiones de extensión, se deja al lector más información sobre el mismo (ver referencia: [14]).

Sin embargo, para explicar en más profundidad cada componente involucrado en la arquitectura planteada, en la Figura 2 se puede observar un modelo de múltiples vistas conocido como: “Modelo 4+1” [13]. El mismo está compuesto por:

1. La Vista de Escenarios la cual se representa mediante un diagrama de casos de uso. Sirve para describir el comportamiento y la comunicación que tienen las partes interesadas con la herramienta, mediante interacciones que tengan dichos actores con el sistema.
2. La Vista de Proceso que sirve para describir la forma en que se ejecuta el flujo principal de la herramienta, destacando las partes involucradas y su interacción. En este caso mediante un diagrama de actividad.
3. La Vista de Desarrollo que tiene como objetivo describir al sistema desde la visión del desarrollador. A través de un diagrama de paquetes se espera poder representar la estructura y organización, a nivel de módulos de la herramienta.
4. La Vista Lógica que sirve para dar soporte a las funcionalidades del sistema y está representada a través de un modelo de dominio.
5. La Vista Física la cual funciona como medio para describir la asignación del software sobre el hardware. Se relaciona con la topología de los componentes del software en la capa física y sus conexiones entre ellos. En este caso está representada mediante un diagrama de despliegue.

5.2.1. Vista de Escenarios

En el diagrama de casos de uso de la Figura 2 (centro), se puede observar que un usuario de DAST tiene disponibles cinco funcionalidades principales. Las cuales son:

- Iniciar Sesión: el usuario podrá mantener una sesión cada vez que utilice la herramienta. Esto es principalmente para que el mismo pueda almacenar/modificar/eliminar/consultar información sobre

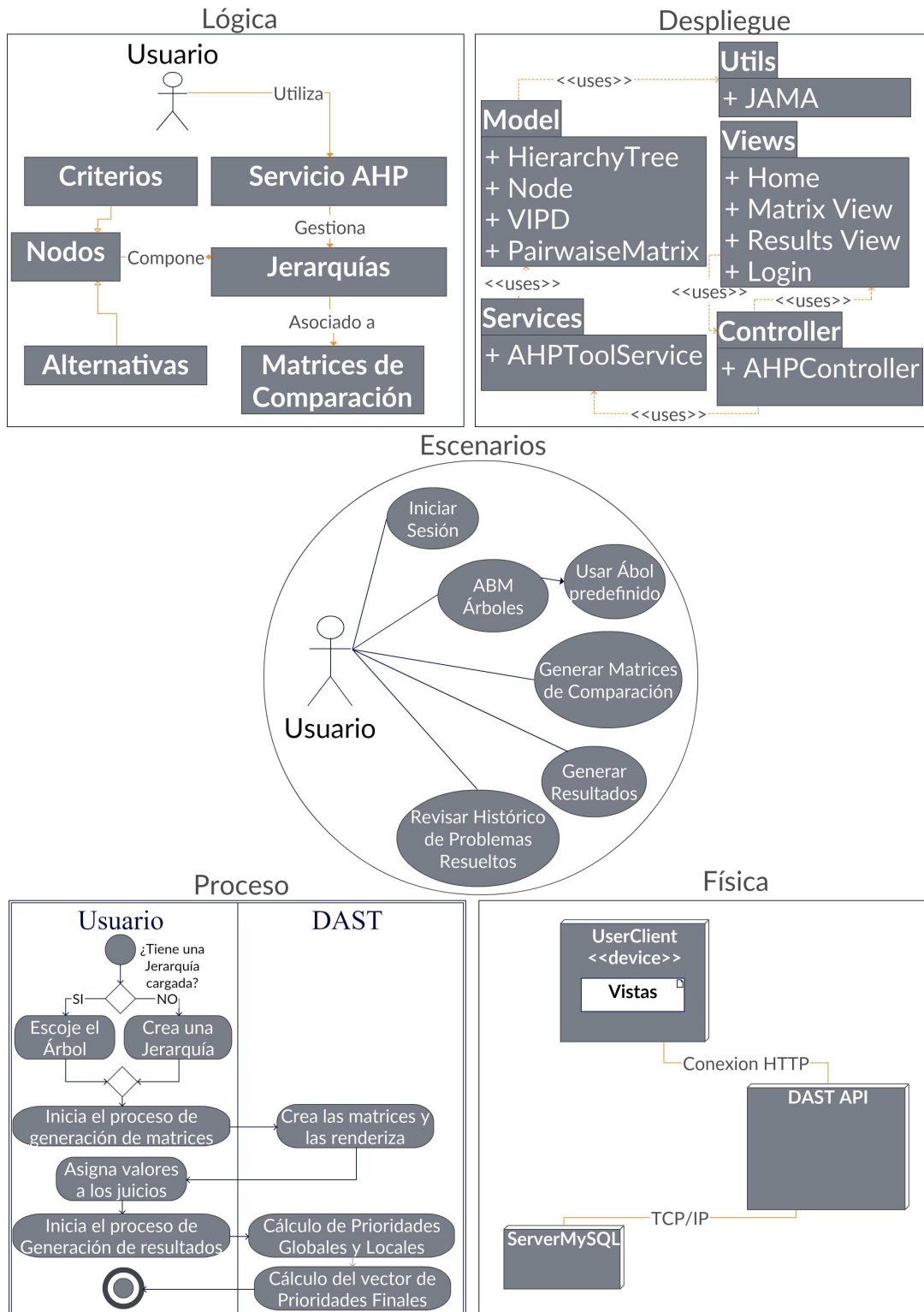


Figura 2: DAST: Arquitectura 4+1

los problemas ya resueltos, por ejemplo: resultados, árboles de criterios utilizados, juicios asignados, etc.

- Usar Árboles predefinidos: el usuario tiene la posibilidad de utilizar árboles ya definidos por expertos para resolver ciertos problemas de decisión (por ejemplo en el caso de elegir escáneres de seguridad). Incluso podrá almacenar sus propios conjuntos de criterios para utilizarlos en otro/s escenario/s.
- Generar Matrices de Comparación: el usuario, una vez cargada la jerarquía, podrá accionar el proceso de generación automática de matrices de comparación por pares de elementos.
- Generar Resultados: el flujo para este caso de uso se inicia con la asignación de juicios para las distintas comparaciones, luego la herramienta se encargará de calcular automáticamente las prioridades finales para cada posible candidato en base a tales juicios.
- Revisar Histórico de Problemas Resueltos: una vez terminado el proceso para un determinado problema de toma de decisiones, la herramienta almacena en una base de datos información relacionada al problema, más precisamente: resultados obtenidos, jerarquía utilizada y juicios asignados. Esto es para que el usuario pueda consultar un histórico de problemas resueltos.

5.2.2. Vista Lógica

El modelo de dominio de la Figura 2 (esquina superior izquierda) está centrado en abstracciones relevantes de la herramienta. Los elementos que se muestran son: i) conceptos: que son elementos que ayudan a entender el problema; ii) asociaciones: que representan relaciones que existen entre dos conceptos; y iii) herencia: lo cual representa una relación en donde dos o más conceptos heredan propiedades de uno más general.

En el modelo de dominio planteado para DAST, se puede observar un concepto denominado: "Servicio AHP". El cual contendrá todas las funcionalidades para resolver un problema de toma de decisiones mediante el método AHP. El mismo deberá gestionar jerarquías, las cuales son árboles compuestos por nodos. Estos nodos pueden ser de dos tipos: criterios o alternativas. Ambos conceptos, tendrán sus respectivas prioridades, en caso de los criterios estas podrán ser locales o globales. A su vez, los elementos del árbol servirán al propósito de la generación de matrices de comparación, las cuales serán el medio para la asignación de valores a los juicios realizados por el evaluador y el posterior cálculo de los resultados finales.

5.2.3. Vista de Despliegue

Para la representación de la vista de despliegue se hace uso de un diagrama de paquetes. Tal y como se puede observar en la Figura 2 (esquina superior derecha), la organización de los módulos de software a nivel de desarrollo, se manifiesta a través de cuatro (un paquete sólo contiene clases de utilidad) paquetes importantes:

- Vistas: a continuación se tiene una breve descripción de cada una de las cuatro:
 1. "Login" es la vista para iniciar sesión. Aquí se espera que el usuario pueda, no solo ingresar al sistema, sino también crear y gestionar su cuenta.
 2. "Home" es la página principal. Donde se espera la primera interacción con el usuario. En esta se muestra un formulario en donde el usuario deberá ingresar cada elemento a tener en cuenta en el proceso de decisión, para construir la jerarquía.
 3. Una vez realizada esta entrada de información, la vista: "Matrix View", muestra las matrices construidas para efectuar las comparaciones por pares de elementos.
 4. La última vista: "Results View", es la que muestra los resultados del proceso. Aquí se exhibe cada alternativa y su puntuación asociada.
- Controlador: este módulo funciona como mediador entre las peticiones de los usuarios y la lógica del proceso. Es decir, actúa como "orquestador" entre las vistas y el modelo. A grandes rasgos será quien guíe el flujo de ejecución para los casos de uso planteados.
- Servicios: todas las funcionalidades de la herramienta son provistas por el servicio: "AHP Tool Service". El mismo será el encargado de manipular toda la lógica interna al proceso y los datos (modelo). Posee las funcionalidades necesarias para crear, persistir, manipular y modificar la estructura de datos (jerarquía).
- Modelo: dentro del modelo existen clases gestionadas por el servicio AHP. La más importante de ellas es "HierarchyTree", la cual sirve a la modularización del código, encapsulamiento de la información y funciona como una interfaz entre el servicio y la base de datos. Por otro lado, también se tiene "PairwiseMatrix", la cual sirve para representar las matrices de comparaciones por pares y llevar a cabo las operaciones que permitan la obtención los resultados finales. Esto a través del uso de una librería denominada: "JAMA", la cual yace en el paquete: "Utils".

5.2.4. Vista Física

Para la vista física se utiliza un diagrama de despliegue. En el mismo se pueden observar tres nodos:

- **Cliente:** este es el componente de hardware en donde se muestran las vistas y desde aquí se dispararan todas las peticiones HTTP hacia la API de DAST. En este caso, se trata del navegador web.
- **DAST API:** es la API que manipula toda la información relacionada a los problemas de toma de decisiones bajo múltiples criterios. Aquí se define una interfaz HTTP para establecer la comunicación con la misma, es decir, los *endpoints* para ejecutar cada una de sus funcionalidades.
- **ServerMySQL:** el último nodo corresponde al servidor MySQL, el cual servirá como soporte a la base de datos que almacenará la información de los usuarios, árboles de criterios, asignación de juicios, resultados, etc.

5.2.5. Vista de Proceso

En la vista de proceso, se utilizó un diagrama de actividad para describir el comportamiento del sistema, en la ejecución del flujo de resolución de un problema de decisión.

En un principio, para comenzar el proceso, el usuario tiene dos opciones: por un lado crear una jerarquía nueva desde el comienzo, es decir, no sólo ingresar los posibles candidatos a tener en cuenta, sino también, el conjunto de criterios. Y por otro lado, cargar un árbol de criterios predefinido, ya sea uno que el mismo usuario almacenó en alguna oportunidad, o una ofrecida por el autor de la herramienta (por ejemplo el árbol para comparar escáneres).

Sea cual fuese el camino tomado por el usuario, una vez ingresada esa información, este puede dar comienzo a la creación automática de matrices. Este proceso se lleva a cabo del lado de la herramienta y retorna como resultado, una vista en donde se muestra cada una de las matrices de comparación por pares, listas para almacenar los juicios realizados por el decisor.

En el momento en el que el usuario ingresa los valores correspondientes a los juicios que llevó a cabo, este puede dar comienzo a la generación de los resultados finales, lo que implica la ejecución de tres tareas por parte de DAST:

Por una parte, se realiza una iteración sobre las matrices que comparan criterios entre criterios. Para cada una de ellas, se ejecuta el proceso de sintetización (ver sección de AHP) y se guardan las prioridades obtenidas en cada nodo del árbol que corresponda. Estas prioridades se denominan “locales” puesto que son comparaciones realizadas entre nodos de un mismo nivel. Para obtener las prioridades “globales”, se vuelve a recorrer el árbol y se realiza una

multiplicación entre las prioridades locales de cada uno de los nodos, con las prioridades globales de su nodo “padre”. Luego, con esta información se forma el “vector de prioridades globales”.

Como segundo paso, se realiza otra iteración pero esta vez sobre las matrices de comparación de alternativas respecto a criterios. Para cada una de estas, se ejecuta el mismo procedimiento de sintetizado con el fin de encontrar el vector de prioridades, para luego con cada uno de estos vectores formar una matriz denominada: “Matriz de Vectores de Prioridad”.

Por último, DAST lleva a cabo el producto entre la matriz de vectores de prioridad y el vector de prioridades globales, lo que da como resultado otro vector que tiene en sus entradas los resultados finales para el proceso de decisión.

6. Casos de Estudio: Vega, Grabber y Netspark

Basado en el marco de las observaciones realizadas anteriormente, una vez entendido el funcionamiento de la herramienta, es momento de construir y ejecutar un proceso de decisión para casos de estudio reales.

Para el caso particular de evaluar escáneres de seguridad, la información se encuentra almacenada en la base de datos, por lo tanto el evaluador sólo deberá cargar los criterios ya definidos haciendo click en el botón “Load Tree” (ver Figura 3). En este sentido, solo le quedaría definir las alternativas y proceder a la creación automática de matrices de comparación presionando el botón “Continue”.

Una vez generadas las matrices de comparación, el decisor debe ingresar los valores para cada una de las mismas. Es decir, establecer los juicios propiamente dichos haciendo uso de la “Escala Fundamental”, definida en secciones anteriores. De cualquier forma, es muy importante remarcar que los valores quedan pura y exclusivamente a juicio del evaluador, con lo cual se deben tener en cuenta, las medidas de consistencia que se calculan automáticamente a medida que se llenan las matrices.

Para entender el origen de los juicios establecidos (ver Figura 4) en este problema de decisión, se deben tener en cuenta varios aspectos. Haciendo un análisis de la importancia de los criterios respecto al objetivo general, de acuerdo al juicio propio del evaluador, los criterios se ordenan (de mayor a menor relevancia) de la siguiente manera: capacidad de ejecutar las pruebas, alcance de su buscador (crawler), tipos de archivos que puede analizar, soporte a tecnologías y protocolos de comunicación, reportes y producción de resultados.

Por motivos de extensión, no se mostrará el tratamiento de la relevancia de los subcriterios respecto a sus criterios padre. No obstante, a modo de demostración: si se tiene en cuenta el criterio “reportes”, lo más relevante, es que el

Step 1: Build the Hierarchy

Please, enter the required data for continue

Enter the goal of the process here...

Load Tree

+ Criteria - Criteria

Criteria 1 + -

Criteria 2 + -

+ Alternative - Alternative

Enter the alternative n°1 for start the evaluation...

Enter the alternative n°2 for start the evaluation...

Continue

Figura 3: DAST: Pantalla de Inicio

escáner muestre las solicitudes/respuestas que envió/recibió a la/por parte de la aplicación al ejecutar el análisis, ya que esto le permitirá al usuario hacer un seguimiento de los flujos en caso de que fallen y conseguir encontrar el origen del problema.

Como último punto, resta realizar las comparaciones por pares de alternativas respecto a cada uno de los criterios “hoja” del árbol. Una parte de estos juicios se pueden observar planteados en las matrices de la Figura 4 (en el cuadrante inferior). Otra vez y por razones de extensión, a modo de ejemplo, haciendo foco en el criterio de “testing”, se comparó a las alternativas teniendo en cuenta tres aspectos. Primero, que pueda descubrir vulnerabilidades por “ejecuciones de comandos” (por ejemplo: “SQL Injection”), luego que tenga en cuenta las vulnerabilidades por “autorización”, como por ejemplo que el *token* de sesión que genere no sea predecible, y por último, que pueda recrear “ataques por el lado del cliente”, como puede ser un “Cross-Site Scripting”. En este caso, el procedimiento llevado a cabo por el autor para determinar los juicios, fue realizar un análisis de la cobertura de cada herramienta, teniendo en cuenta si satisface, o no, las características propuestas en el documento mencionado en la sección precedente [24], en el apartado de “Testing”.

Además del establecimiento de juicios en las Figura 4, como se mencionó anteriormente, debajo de cada matriz aparecen una serie de valores. Estos representan las métricas de consistencia del método. Más precisamente los valores que aparecen son: el autovalor aproximado λ , el índice de inconsistencia “aleatorio”, el índice de inconsis-

Cuadro 2: Resultados

Netsparker	0.504845
Vega	0.30103
Grabber	0.23478

tencia y por último el ratio de consistencia, el cual deberá, recomendablemente, mantenerse debajo del 10 % para garantizar la consistencia de los juicios.

6.1. Análisis de los Resultados

Los resultados del proceso se pueden observar en el Cuadro 2. Como conclusión acerca del proceso de toma de decisiones realizado, luego de emitir los juicios, la herramienta de licencia paga “Netsparker” resulta la opción predilecta por un 50 %, lo que da la pauta que su precio costo se argumenta en base a la personalización, alcance, reportes y precisión superior que ofrece como escáner.

Por el otro lado, es importante reconocer que no se tuvo en cuenta ningún criterio que haga referencia al costo que tenga la licencia del escáner. Esto cabe recalcarlo ya que se está haciendo una comparación entre un software que es con licencia paga y dos que son free Open Source. En este sentido, Vega se convierte en una alternativa más que decente a la hora de tener que evaluar la seguridad en aplicaciones web. Aunque muy acotada en cuanto a funcionalidades y facilidades para el usuario, la herramienta ofrece las características básicas como para ser puesta en consideración.

Pairwise Comparison Matrix Criteria vs Criteria

Level Above: **selectScanner**

#	Reports	Crawling	ProtocolSupport	Authentication	Testing	Parsing	Cookies
Reports	1.0	0.5	2	0.5	0.333	0.5	0.5
Crawling	2	1.0	3	2	0.333	1	3
ProtocolSupport	0.5	0.333	1.0	1	0.25	0.333	1
Authentication	2	0.5	1	1.0	0.333	0.5	1
Testing	3	3	4	3	1.0	2	4
Parsing	2	1	3	2	0.5	1.0	3
Cookies	2	0.333	1	1	0.25	0.333	1.0

$\lambda = 7.305$; $CI = 0.051$; $RI = 1.342$; $CR = 0.038$

Pairwise Comparison Matrix Alternative vs Alternative

Parent Criteria: Testing

Level Above: **Authorization**

#	Grabber	Vega	Netsparker
Grabber	1.0	1	0.33333
Vega	1	1.0	0.33333
Netsparker	3	3	1.0

$\lambda = 3$; $CI = 0$; $RI = 0.525$; $CR = 0$

Level Above: **ClientSide**

#	Grabber	Vega	Netsparker
Grabber	1.0	0.5	0.25
Vega	2	1.0	0.33333
Netsparker	4	3	1.0

$\lambda = 3.021$; $CI = 0.01$; $RI = 0.525$; $CR = 0.019$

Level Above: **Command**

#	Grabber	Vega	Netsparker
Grabber	1.0	0.5	0.33333
Vega	2	1.0	1
Netsparker	3	1	1.0

$\lambda = 3.021$; $CI = 0.01$; $RI = 0.525$; $CR = 0.019$

Figura 4: DAST: Comparaciones entre Criterios y Alternativas

Más allá de esa salvedad, en un contexto en donde se prime el desempeño y la capacidad de un escáner, sin lugar a dudas, la mejor opción entre las alternativas elegidas sigue siendo “Netsparker”.

7. Conclusiones y Trabajos Futuros

En este artículo se propuso una herramienta para evaluar aplicaciones de software, la cual se basa en la experiencia del experto en el dominio y en la implementación de un método multicriterio. A modo de resumen, las tareas llevadas a cabo en esta investigación son las siguientes:

1. Entendiendo la necesidad en la industria, de tener una forma de optimizar y automatizar el proceso de toma de decisiones acerca de qué herramienta de análisis de seguridad seleccionar en una determinada situación, se propuso el desarrollo de un software que implemente un método de evaluación multicriterio.
2. Entre los métodos de evaluación multicriterio, se eligió el Proceso de Análisis Jerárquico bajo la justificación de sus capacidades a la hora de garantizar la consistencia de los resultados y su fuerte base matemática.
3. Con el fin de reducir el campo de investigación y tener un enfoque más preciso, se hizo hincapié sobre los escáneres de seguridad en aplicaciones web. Por lo que se recavo información suficiente para construir un estado del arte sobre la evaluación de estos.
4. Se diseñó e implementó una herramienta: Decision Analysis Software Tool (DAST) que da soporte al método AHP. La cual promete la simplificación y semi-automatización del proceso de evaluación multicriterio.
5. Partiendo de este punto, con la herramienta desarrollada, se hizo una recopilación de criterios válidos para evaluar escáneres de seguridad en aplicaciones web.
6. Para probar la validez de la herramienta y el conjunto de criterios recopilado, se propuso evaluar tres escáneres de vulnerabilidades en aplicaciones web conocidos como: Grabber, Netsparker y Vega, dos de ellos free open source y uno con licencia paga.
7. Teniendo en cuenta la importancia de los criterios y como se desempeñó cada alternativa en dichos puntos, se realizaron los juicios y se puntuaron las herramientas.

La tarea de evaluación es un proceso difícil, ya sea utilizando la herramienta DAST o adoptando el enfoque manual tradicional. Sin embargo, la ventaja de utilizar la herramienta desarrollada en el marco de este trabajo de investigación,

es que se ahorra una gran cantidad de trabajo, por ejemplo: tiene disponible un árbol de criterios en caso de evaluar escáneres de seguridad y tanto la construcción de matrices, como el cálculo de la consistencia de los juicios, son tareas que están automatizadas.

No obstante, DAST aún no cuenta con una forma de extraer criterios o establecer juicios automáticamente en base a alguna fuente de datos (lo cual podría ser posible para ciertos problemas), por lo que el usuario debe formar un árbol de criterios y posteriormente ingresar los valores para computar los resultados finales. De cualquiera manera, para el problema planteado en este trabajo, este inconveniente puede solucionarse mediante una futura integración con una herramienta de inspección de código. De esta forma, en cuanto a trabajos futuros, se tendrán en cuenta las siguientes cuestiones:

1. Dejar a DAST funcionando como una herramienta “As a Service” y conseguir la fácil integración con otros sistemas que lo usen para resolver problemas de toma de decisión. Esta tarea implica definir una firma y dejar el sistema subido en producción para que pueda ser accedido por el público.
2. El segundo punto está relacionado con dos aspectos: en primer lugar, la mejora del Árbol de Criterios para el Dominio de Escáneres de Seguridad. Y luego, el cálculo automático de valores para los juicios. Esto tiene que ver con que muchos criterios no fueron incluidos, como puede ser la veracidad de los resultados producidos, performance, etc. Y con el hecho de que algunos criterios pueden calcularse automáticamente mediante la integración con otras herramientas de software.
3. Utilizando como puntapié inicial el resultado expuesto en la sección anterior, se espera poder comparar “Netsparker” en contraste a otros escáneres de licencia paga que circulan en la industria y de esa forma, en igualdad de condiciones, poder realizar una comparación más precisa.

En síntesis, este trabajo no sólo impacta en la simplificación de la ejecución de un proceso de toma de decisión multicriterio (sea cual sea el contexto), sino también propone un conjunto ya trabajado de criterios que sirven para comparar escáneres de seguridad en aplicaciones web, reduciendo los costos y tiempos a todo nivel del proceso en sí. Pese a que falte pulir ciertos aspectos del árbol, trazar el camino para la construcción de un estándar que permita evaluar herramientas de seguridad, es la forma más conveniente de propulsar la industria del software a la mejora constante en el desarrollo de las mismas.

Referencias

- [1] C. Artho and A. Biere. Combined static and dynamic analysis. In *Proc. AIOOL '05, ENTCS*, pages 98–115. Elsevier Science, 2005.
- [2] J. Bau, E. Bursztein, D. Gupta, and J. Mitchell. State of the art: Automated black-box web application vulnerability testing. In *Security and Privacy (SP), 2010 IEEE Symposium on*, pages 332–345. IEEE, 2010.
- [3] J. R. H. Bermejo. Metodología de evaluación de herramientas de análisis automático de seguridad de aplicaciones web para su adaptación en el ciclo de vida de desarrollo. *Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y control, Gijón, España*, 2014.
- [4] P. E. Black. Software assurance metrics and tool evaluation. In *Software Engineering Research and Practice*, pages 829–835, 2005.
- [5] P. E. Black, E. Fong, V. Okun, and R. Gaucher. Software assurance tools: Web application security scanner functional specification version 1.0. *U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology*, 2008.
- [6] R. CHOPRA. *Web Engineering*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2016.
- [7] E. Fong and V. Okun. Web application scanners: Definitions and functions. *Hawaii International Conference on System Sciences*, 2007.
- [8] X. Gandibleux. *Multiple criteria optimization: state of the art annotated bibliographic surveys*, volume 52. Springer Science & Business Media, 2006.
- [9] I. B. Huang, J. Keisler, and I. Linkov. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the total environment*, 409(19):3578–3594, 2011.
- [10] T. Hurtado and G. Bruno. El proceso de análisis jerárquico (ahp) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. *Trabajo de grado (Licenciado en Investigación Operativa), Universidad Nacional de San Marcos. Facultad de Ciencias Matemáticas. EAP de Investigación Operativa., Lima*, 2005.
- [11] M. Ishrat, M. Saxena, and D. M. Alamgir. Comparison of static and dynamic analysis for runtime monitoring. *International Journal of Computer Science & Communication Networks*, 2:615–617, 2011.
- [12] M. Johns and M. Jodeit. Scanstud: a methodology for systematic, fine-grained evaluation of static analysis tools. In *Software Testing, Verification and Validation Workshops (ICSTW), 2011 IEEE Fourth International Conference on*, pages 523–530. IEEE, 2011.
- [13] P. B. Kruchten. The 4+ 1 view model of architecture. *IEEE software*, 12(6):42–50, 1995.
- [14] M. Masse. *REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces*. "O'Reilly Media, Inc.", 2011.
- [15] P. G. Neumann. Computer system security evaluation. In *National Computer Conference*, 1978.
- [16] OWASP. Vulnerability scanning tools. 2017.
- [17] T. L. Saaty. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1):9–26, 1990.
- [18] T. L. Saaty. Fundamentals of the analytic hierarchy process. In *The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making*, pages 15–35. Springer, 2001.
- [19] T. L. Saaty. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1):83–98, 2008.
- [20] I. SANS. Seguridad 101: Los tipos de malware. <https://www.sans.org/critical-security-controls/>, 2017.
- [21] J. Song, G. Hu, and Q. Xu. Operating system security and host vulnerability evaluation. In *Management and Service Science, 2009. MASS'09. International Conference on*, pages 1–4. IEEE, 2009.
- [22] O. S. Vaidya and S. Kumar. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, 169(1):1–29, 2006.
- [23] C. Vulnerabilities. Exposures, "the standard for information security vulnerability names". *Common Vulnerabilities and Exposures: The Standard for Information Security Vulnerability Names*. url: <http://cve.mitre.org>, 2007.
- [24] WASC. Web application security scanner evaluation criteria. *Web Application Security Consortium*, 2009.
- [25] WASC. Static analysis technologies evaluation criteria. *Web Application Security Consortium*, 2013.

Un caso de estudio de patrones de Gobierno Electrónico para gestión de consultas de ciudadanos

Oscar Carlos Medina¹, Paula Agustina Cánepa¹, Mariano Oscar Gruppo², Mario Alberto Groppo¹

¹Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba

²Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba

omedina@frc.utn.edu.ar, paula.acanepa@gmail.com, mariano.gruppo@cba.gov.ar

sistemas@groppo.com.ar

Resumen

Este trabajo presenta un caso de estudio donde se aplican patrones para representar un proceso de gestión de consultas de ciudadanos implementado en un Organismo Público de administración previsional. Se pone a consideración el uso de patrones como modelo para describir procesos de Gobierno Electrónico. Los patrones permiten la reutilización de soluciones exitosas para un mismo problema en distintos contextos. Desde el enfoque de la Ingeniería de Software existen distintos tipos de patrones. La presente propuesta desarrolla patrones de procesos y patrones de objetivos para describir un proceso en la fase de Modelado Conceptual de un software público y se exponen los beneficios obtenidos mediante su implementación. Los patrones descriptos forman parte de un catálogo de patrones en la etapa de experimentación de una investigación que tiene como meta definir un modelo de análisis para aplicación de Patrones en el Modelado Conceptual de sistemas de Gobierno Electrónico.

1. Introducción

Gobierno Electrónico es “la aplicación de las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) en los procesos de Gobierno” [13]. También llamado E-Gobierno o E-Gob (el prefijo “E” significa electrónico) abarca a los sistemas de información que dan soporte a los procesos de la Administración Pública.

De la misma forma que algunos sistemas de información basan su diseño en un conjunto de mejores prácticas de negocio para resolver problemáticas bien definidas, como por ejemplo los sistemas contables-administrativos, sería conveniente que existieran un conjunto de Buenas Prácticas de Gobierno Electrónico, las cuales pudieran ser utilizadas como referencia en la construcción del software público. Uno de los modelos propuestos es la “Carta Iberoamericana de Gobierno

Electrónico” [7], firmada por Argentina, veinte gobiernos latinoamericanos, España y el CLAD (Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo). La misma sirvió de base para consensuar posteriormente un “Modelo Iberoamericano de Software Público para el Gobierno Electrónico” [8].

En este contexto, se entiende por Buenas Prácticas de gobernanza a “todas las iniciativas y experiencias que contribuyen a mejorar la efectividad de las actuaciones gubernamentales y que inciden positivamente en las condiciones de vida de los vecinos, logrando un impacto tangible en las comunidades” [20].

Asociados a las Buenas Prácticas de Gobernanza se encuentran los procesos que dan soporte a las aplicaciones de Gobierno Electrónico. Estas experiencias exitosas descriptas de manera simple, precisa y estandarizada permitirían aprovechar el conocimiento acumulado previamente en un nuevo sistema E-Gob basado en el mismo proceso.

Así lo consideran los autores del presente trabajo, que ponen a consideración, como caso de estudio, el proceso de administración de consultas implementado en un Organismo Público de la provincia de Córdoba, Argentina.

1.1. Estado del Arte

Existe un modelo de Ingeniería de Software que posibilita la descripción genérica de un proceso como el mencionado y se llama Patrón. El concepto de patrón fue formulado inicialmente por el arquitecto Christopher Alexander quien lo expone en sus libros “A pattern language” [1] y “The Timeless Way of Building” [2]. En ellos define “cada patrón es una regla de tres partes, que expresa una relación entre un cierto contexto, un problema y una solución” [2].



Figura 1. Concepto de Patrón.
Fuente: elaboración propia

Esta idea de patrón esquematizada en la Figura 1 es aprovechada en el diseño de software por Gamma, Helm, Johnson, y Vissides, quienes publican la obra más importante sobre este tema: “Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software” [11], acorde al paradigma de la programación orientada a objetos. A partir de la difusión de este libro se propusieron patrones para las distintas fases del desarrollo de software creando tipos específicos para cada una de ellas, como es el caso de patrones que modelan procesos de negocios.

Eriksson y Penker incursionan en los patrones de negocios con el siguiente concepto de patrón: “un patrón es una solución generalizada que se puede implementar y aplicar en una situación de problema (un contexto), y así eliminar uno o más de los problemas inherentes para satisfacer uno o más objetivos. Los patrones se pueden considerar prototipos para producción” [10]. Publican un catálogo de veintiséis patrones de negocios para el modelado de negocios, divulgando su “experiencia y conocimientos comunes de modelado de negocios encapsulados en patrones reutilizables (patrones de recursos y reglas, patrones de objetivos y patrones de procesos)” [10]. La representación gráfica de uno de estos patrones se muestra a continuación en la Figura 2:

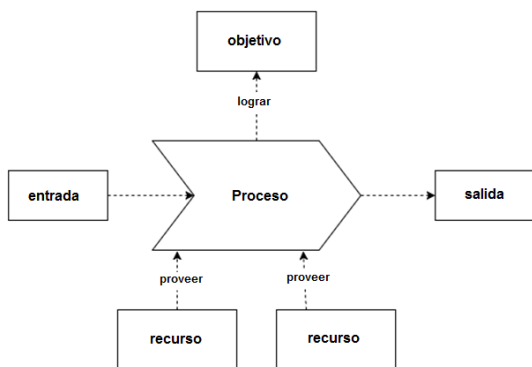


Figura 2. Patrón de Proceso de Negocios.
Fuente: elaboración propia

Por otro lado, los patrones de objetivos posibilitan definir los objetivos de un negocio entendiendo por objetivos aquello que buscan alcanzar los negocios y constituyen la base para diseñar los procesos, asignar los recursos adecuados y adecuar las reglas de negocio.

Surgen también otras líneas de trabajo con patrones de procesos, que no se apoyan en los conceptos de Alexander sino en esfuerzos colaborativos de estandarizaciones específicos. Una de ellas es por ejemplo la de Barros V. que llama patrón de proceso a la “estructura o arquitectura común –con actividades y relaciones del mismo tipo- de un proceso que ocurre en todas las organizaciones y que genera el producto o servicio que los clientes externos demandan” [3]. Barros V. propone una metodología de rediseño de procesos mediante el uso de patrones y la utilización de software para implementarlos, e invita a un desarrollo abierto de patrones para el uso tanto de organizaciones públicas como privadas.

Los patrones de procesos definen patrones de alta calidad, probados exitosamente como facilitadores del modelado de procesos de negocios. A partir de este modelado y la “arquitectura de negocios”, estos autores proponen una derivación de la “arquitectura de software” que les da soporte en el marco de la metodología MDD (acrónimo en inglés de “Desarrollo Dirigido por Modelos”). Lo que persigue esta metodología es transformar parte del Modelo de Negocios en el Modelo Conceptual del sistema de información.

El Modelado Conceptual de un sistema tiene como objetivo identificar y explicar los conceptos significativos en un dominio de problema, identificando los atributos y las asociaciones existentes entre ellos. Según Sommerville [19] el Modelo Conceptual del sistema se realiza en las primeras actividades del “Proceso Unificado Racional” de desarrollo de software: modelado de negocios, elicitación de requerimientos, análisis y diseño. Un patrón que se aplica al Modelado Conceptual cumple la función de reutilizar el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores encapsulado en soluciones de análisis y diseño concretas, permitiendo la verificación y validación de los requerimientos funcionales.

Esta propuesta incluye al Modelo Conceptual del software público [13] porque redundaría en una serie de beneficios. Para Beck et al. [4] el uso de patrones ofrece las siguientes ventajas:

- Ayudan a disminuir los tiempos de desarrollo.
- Permiten una mejor comunicación.
- Ayudan a reducir los errores de diseño, mostrando las partes esenciales del diseño.
- Son reutilizables e implementan el uso de Buenas Prácticas.

Estas ventajas se desean obtener de la incorporación de patrones en el Modelado Conceptual para los procesos de Gobierno Electrónico planteando como ejemplo un caso de estudio en el presente trabajo. Para ello se identificó un problema y una solución exitosa efectivamente implementada en un contexto de Gobierno y se procede a describirla utilizando patrones.

La reusabilidad es una de las dimensiones de la calidad de software. Para el ámbito particular de Gobierno Electrónico existen modelos de medición de calidad propios desarrollados en los trabajos [13], [16], [17] y [18] que proponen marcos de evaluación de calidad para servicios electrónicos y sitios web gubernamentales. Un modelo de evaluación de calidad específico para sistemas de E-Gobierno como el Modelo MoQGEL [17] permitiría comprobar si la incorporación de patrones en el Modelado Conceptual optimiza su calidad reflejándolo en un indicador objetivo y cuantificable.

2. Materiales y Métodos

El caso abordado en este trabajo corresponde a la implementación de un proceso de consultas web que se llevó a cabo en la Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba, Organismo Público previsional de la provincia de Córdoba, Argentina [5]. Este Organismo Público es el encargado de brindar diferentes tipos de beneficios ya sean Jubilaciones, Pensiones o Retiros a los ciudadanos que hayan realizado sus aportes a esta Caja y acreditado el correspondiente derecho.

Este sistema de gestión de consultas de ciudadanos está publicado como un servicio del portal de CIDI [9] y [6], la plataforma de ciudadanía digital del Estado provincial. El objetivo de la funcionalidad de consultas es permitir la comunicación bilateral entre un Organismo Público y los ciudadanos a través de Internet. Mediante este sistema, los ciudadanos pueden enviar sus consultas, sugerencias y reclamos al Organismo Público y recibir una respuesta o solución acorde a lo que requiere.

El proceso integral de gestión de consultas planteado logró que todas las áreas del Organismo Público se involucraran y comprometieran en brindar una respuesta adecuada al ciudadano y resolver sus problemas de una forma más rápida y eficiente. Se implementó un circuito que permite derivar la consulta al área o persona que posee la capacidad técnica y el conocimiento específico para responder según la problemática de la consulta.

Para describirlo a modo de caso de estudio, se utilizan patrones de Negocios según lo definido por Eriksson y Penker [10] y Barros V. [3]. En primer lugar se representa gráficamente utilizando cuatro tipos de patrones: Estructura Básica, Interacción, Suministro en Capas y Flujo de acción o trabajo, de manera unificada de acuerdo a lo explicado en [12]. Con este modelo se

pretende lograr una adecuada comprensión del proceso de negocio que facilite la identificación de manera gráfica y con el adecuado nivel de abstracción que refleje sus componentes esenciales. Como complemento se emplean también los patrones Problema-Objetivo y Descomposición de objetivos de la manera indicada en [10]. Este gráfico es otra forma simplificada de representar del proceso de negocio para que posibilite hacer foco en los aspectos que contribuyen al logro de los objetivos, así como detectar problemas que impidan alcanzarlos.

2.1. Caso de estudio seleccionado

El objetivo principal del sistema de gestión de consultas consiste en brindar un nuevo canal de comunicación, además de los preexistentes por vía telefónica y presencial, que permitiera la interacción bilateral del ciudadano con el Estado a través de un sitio web. Partiendo de este objetivo, se aplica el patrón de descomposición, que posibilita desprender los diferentes subobjetivos del proyecto los cuales poseen un alcance más acotado.

El objetivo principal del sistema es administrar las consultas y reclamos de ciudadanos a una Organización Pública. A su vez, posee cuatro objetivos específicos, o Subobjetivos como lo muestra la Figura 3:

- Garantizar la participación ciudadana mediante consultas.
- Proporcionar herramientas que permitan el tratamiento efectivo de consultas.
- Brindar en tiempo y forma una respuesta a las consultas.
- Asegurar la calidad de las respuestas brindadas.

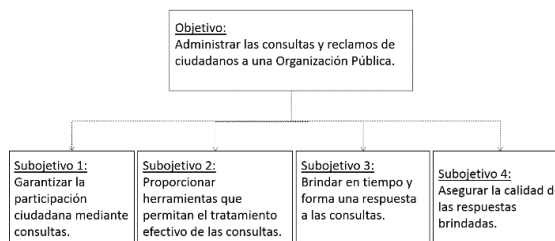


Figura 3. Patrón de objetivos (primer nivel).
Fuente: elaboración propia

El gráfico representa claramente el objetivo planteado, descrito en lenguaje natural de forma que cualquier persona que no conozca el vocabulario propio de un profesional en sistemas pueda entenderlo y analizarlo.

A cada uno de estos subobjetivos se aplicó el patrón de problema-objetivo y se descubrió qué requerimientos se solicitaban resolver, como así también, se plantearon

por cada uno de ellos las soluciones viables para lograr alcanzar con éxito cada una de las metas propuestas.

En la Figura 4 se observa al primer Subobjetivo: “Garantizar la participación ciudadana mediante consultas” que brinda solución a 3 problemas preexistentes:

- Disponibilidad restringida de horarios y lugares para realizar la consulta.
- Identificación incorrecta del motivo de la consulta
- Limitación para expresar la consulta utilizando solo texto

Para cada problema se propuso una solución que se concreta en una funcionalidad del sistema. Continuando con el mismo ejemplo se enumeran las correspondientes soluciones:

- Acceso al sistema de consultas de ciudadanos en línea 7x24.
- Ayuda interactiva para identificar el motivo de la consulta.
- Permitir adjuntar imágenes o archivos para completar y respaldar la consulta.

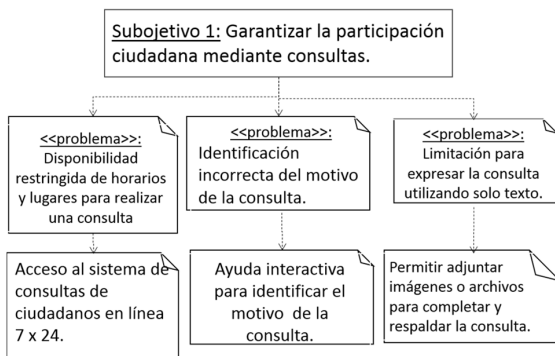


Figura 4. Patrón de objetivos (segundo nivel).
Fuente: elaboración propia

El patrón de objetivos se desagrega en un segundo nivel con el resto de los Subobjetivos y el detalle de problemas y soluciones que los conforman:

- Subobjetivo 2: Proporcionar herramientas que permitan el tratamiento efectivo de consultas.
 - Problema: Dificultad para comprender magnitud, motivo o impacto de la consulta.
 - Estandarización de motivos y circuitos de derivación predeterminados.
 - Problema: Falta de conocimiento de los usuarios resolutores de consultas.
 - Usuarios y roles predeterminados, accesos y

capacitación para los agentes públicos.

- Problema: Datos incompletos en la consulta que dificultan identificar el problema.
 - Posibilidad de ampliar la información brindada inicialmente por el ciudadano.
- Subobjetivo 3: Brindar en tiempo y forma una respuesta a las consultas.
 - Problema: Dejar al ciudadano esperando indefinidamente por una respuesta.
 - Implementación de alertas y correos electrónicos por cada intervención de la consulta.
 - Problema: Carencia de estadísticas e indicadores de atención de todas las consultas.
 - Elaboración de indicadores que permitan medir los tiempos de respuestas en el proceso.
 - Problema: Desconocimiento si el ciudadano recibe y lee la respuesta brindada por la organización.
 - Notificación al ciudadano por diferentes medios simultáneamente: mail y mensaje de texto.
- Subobjetivo 4: Asegurar la calidad de las respuestas brindadas.
 - Problema: La respuesta enviada no resuelve la consulta del ciudadano.
 - Problema: El trato brindado al ciudadano no es el adecuado.
 - El trato brindado al ciudadano no es el adecuado.

Por otro lado se aplica el patrón de procesos Estructura Básica graficado en la Figura 5:

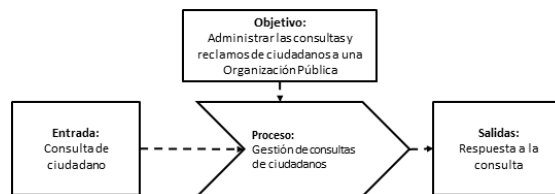


Figura 5. Patrón de procesos (Estructura Básica).
Fuente: elaboración propia

En este patrón se observa que el resultado esperado del proceso es la respuesta a la consulta brindada al ciudadano y la entrada, la consulta del ciudadano, que actúa como disparador de cada uno de ellas. Las

actividades de la gestión de consultas de ciudadanos consisten en la registración de la consulta, su derivación al área correspondiente, el cierre de la consulta y la calificación de su respuesta.

Para completar el análisis, se desarrolló el patrón de interacción para modelar cómo se relacionan los otros procesos organizacionales que interactúan y la forma en que transfieren recursos entre ellos. En la Figura 6 se presenta un gráfico unificado de Patrones de procesos: Estructura Básica, Interacción, Suministro en Capas y Flujo de acción.

La parte superior del gráfico se compone por el patrón de Estructura Básica presentado anteriormente en la Figura 5. La parte inferior indica los recursos que son necesarios para que se lleve a cabo el proceso y cómo los mismos son suministrados.

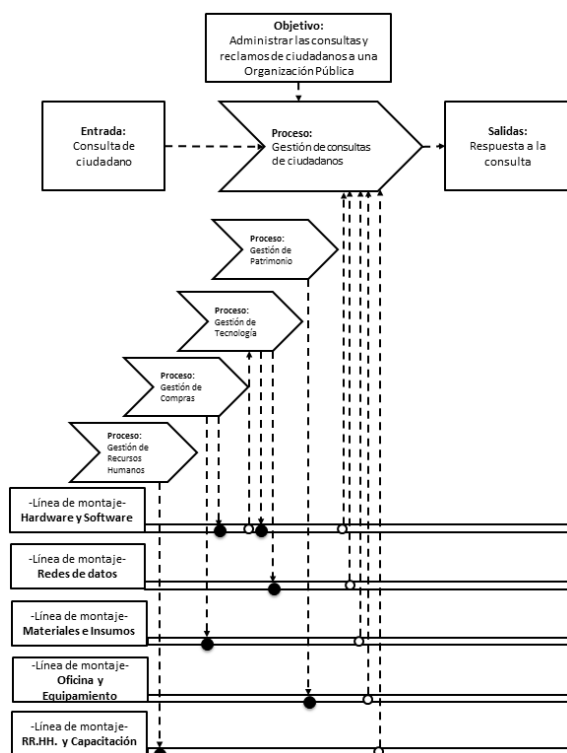


Figura 6. Patrón de procesos (gráfico unificado).
Fuente: elaboración propia

Este gráfico se lee de izquierda a derecha. Cada línea de montaje es un recurso o un conjunto de recursos que siguen un mismo flujo de suministro. Cada línea de montaje recibe los recursos de un proceso proveedor que se representa con una línea que llega a un círculo de color negro. A su vez, envía los recursos a un proceso destino, que puede ser el proceso principal u otro intermedio, y se

grafica como una línea que sale a partir de un círculo de color blanco.

Para llevar a cabo el proceso Gestión de consultas de ciudadanos se requiere:

- Hardware y Software: suministrados por el proceso Gestión de Tecnología, luego de recibirlos del proceso Gestión de Compras.
- Redes de datos: suministradas por el proceso Gestión de Tecnología.
- Materiales e Insumos: suministrados por el proceso Gestión de Compras.
- Oficina de trabajo y Equipamiento: suministrados por el proceso Gestión de Patrimonio.
- Recursos Humanos y Capacitación: suministrados por el proceso Gestión de Recursos Humanos.

De esta manera se finaliza el Patrón de procesos unificado del proceso.

3. Conclusiones

Los autores confirman, de acuerdo al caso de estudio expuesto, que es posible utilizar patrones de negocios como modelo para describir procesos de Gobierno Electrónico.

Se relevó en esta experiencia la posibilidad de la representación gráfica de todos los patrones seleccionados. Esta característica se identifica con la facilidad para su creación y su comprensión posibilitando interactuar con los mismos artefactos a distintos roles del proyecto como ser analista de procesos, analista funcional y usuario clave. Además, para la creación de patrones se requiere un nivel de síntesis adecuado que conduce a describir lo esencial dentro de las figuras que componen la abstracción del proceso.

La incorporación de patrones en el Modelo Conceptual despliega una serie de ventajas para un nuevo desarrollo de un sistema de consultas de ciudadanos. En primer lugar, permite tener presente desde el comienzo del proyecto a dónde se quiere llegar y qué recursos son necesarios mediante el gráfico unificado de Patrón de procesos. También, empleando el Patrón de objetivos, es posible anticipar algunas de las situaciones problema-solución que deben ser contempladas en la implementación de este proceso y la construcción del software.

Finalmente, se concluye que los patrones de este artículo deberán ser incluidos en un catálogo de patrones de procesos de E-Gob junto con los patrones del proceso de monitoreo de seguridad laboral en un Organismo Público desarrollado en un trabajo anterior [15]. Y pueden utilizarse en la etapa de experimentación de una investigación que tiene como meta definir un modelo de análisis para aplicación de Patrones en el Modelado Conceptual de sistemas de Gobierno Electrónico [14]. Al

contar con los mencionados casos de estudio, y otros patrones de procesos de E-Gob, es factible definir un método de selección de un patrón dentro de un catálogo a partir de la especificación del problema y sus procesos asociados.

4. Referencias

- [1] Alexander, C. (1977). "A pattern language", Oxford University Press - New York.
- [2] Alexander, C. (1979). "The Timeless Way of Building", Oxford University Press - New York.
- [3] Barros V., O. (2000). "Rediseño de proceso de negocios mediante el uso de patrones. Mejores prácticas de gestión para aumentar la competitividad", Dolmen Ediciones S.A., Chile.
- [4] Beck, D.; Coplien, J., Crocker, R., Dominick, L., Meszaros, G., Paulisch, F. (1996). "Industrial experience with design patterns.ICSE-18", International Conference on Software Engineering, Technical University of Berlin, Germany. págs. 103-113.
- [5] Caja de Jubilaciones, Pensiones y Retiros de Córdoba (2018), "Institucional", Extraído el 18/10/2018, de <http://www.cajajubilaciones.cba.gov.ar/portal/institucional>.
- [6] Ciudadano Digital - Gobierno de la Provincia de Córdoba (2018), "¿Qué es Ciudadano Digital?", Extraído el 18/10/2018, de <http://ciudadanodigital.cba.gov.ar/que-es-ciudadano-digital>.
- [7] CLAD Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (2007). "Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico", IX Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado, Pucón, Chile, 31 de Mayo y 1º de Junio de 2007, Adoptada por la XVII Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno Santiago de Chile, Resolución No. 18 de la Declaración de Santiago.
- [8] CLAD Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (2010). "Modelo Iberoamericano de Software Público para el Gobierno Electrónico", Documento para la consideración de la XII Conferencia Iberoamericana de Ministros de Administración Pública y Reforma del Estado, Preparado por Corinto Meffe, Fausto Alvim y Johanan Pacheco, por encargo del CLAD - Buenos Aires, Argentina.
- [9] Elena, S., Ruival, A.B. (2015) "Caso de estudio sobre Gobierno Abierto en la Provincia de Córdoba", CIPPEC.
- [10] Eriksson, H.-E. & Penker, M. (2000). "Business Modeling with UML: Business Patterns at Work", OMG Press.
- [11] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vissides, J. (1994). "Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software", Addison-Wesley.
- [12] Marciszack, M.M., Castro, C., Sánchez, C., Delgado, A., Garnero, A.B., Horestein, N., Fernández, E. (2016). "Una experiencia en la aplicación de Patrones de Negocio", publicado en actas de CONAIISI 2016, Red RIISIC, CONFEDI y UCASAL Universidad Católica de Salta.
- [13] Medina, O.C, Marciszack, M.M., Groppo, M.A. (2016). "Aproximación descriptiva a las Buenas Prácticas de Gobierno Electrónico y a su incorporación en el Modelado Conceptual de Sitios Web Públicos de Argentina", Revista "Tecnología y Ciencia" en línea, Año 13, Artículo 100, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
- [14] Medina, O.C, Marciszack, M.M., Groppo, M.A. (2018). "Un Modelo de Análisis para aplicación de patrones de Buenas Prácticas en el Modelado Conceptual de Gobierno Electrónico", publicado en actas de WICC 2018, Red UNCI y UNNE Universidad Nacional del Nordeste.
- [15] Medina, O.C, Pérez Cota, M., Marciszack, M.M., Martin, S.M., Pérez, N., Dean, D.D. (2018). "Conceptual Modelling of a Mobile App for Occupational Safety Using Process and Objectives Patterns", publicado en "Trends and Applications in Software Engineering" págs. 186-195, Springer.
- [16] Rodríguez, R.A. (2012). "Marco de Medición de calidad para gobierno electrónico. Aplicable a sitios web de gobiernos locales". Publicado en actas de XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación - WICC 2012, Posadas - Misiones, Argentina.
- [17] Sá, F.A., Rocha, A. (2017). "Qualidade do Governo Eletrônico. Modelo MoQGEL", Ed. Sílabo.
- [18] Sá, F.A., Rocha, A., Pérez Cota, M. (2015). "From the quality of traditional services to the quality of local e-Government online services: A literature review", Government information Quarterly N° 33 (2016), 149-160, Elsevier Inc.
- [19] Sommerville, I. (2011). "Ingeniería de Software 9a Edición en español", Pearson.
- [20] Varela Rey, A. (2016). "Beneficios del intercambio de buenas prácticas municipales", INNOTEC Gestión, 7, págs. 55-59, Laboratorio Tecnológico del Uruguay.

ARCGEN: Hacia un Algoritmo Genético de Layout Automático para Visualización de Modelos Conceptuales

Giuliano Marinelli

Grupo de Inv. en Lenguajes e Inteligencia Artificial
Universidad Nacional del Comahue
Email: giuliano.marinelli@fi.uncoma.edu.ar

Germán Braun

Grupo de Inv. en Lenguajes e Inteligencia Artificial
Universidad Nacional del Comahue
Consejo Nac. de Inv. Científicas y Técnicas (CONICET)
Email: german.braun@fi.uncoma.edu.ar

Laura Cecchi

Grupo de Inv. en Lenguajes e Inteligencia Artificial
Universidad Nacional del Comahue
Email: lcecchi@fi.uncoma.edu.ar

Pablo Fillottrani

Lab.de I&D en Ing. de Software y Sist. de Inf.
Universidad Nacional del Sur
CIC - Provincia de Buenos Aires
Email: prf@cs.uns.edu.ar

Resumen

Los algoritmos de layout automático son una herramienta de gran utilidad para el diseño de modelos conceptuales, diagramas o grafos, en cualquier lenguaje de modelado como UML, ER, ORM, entre otros. En este sentido, para lograr un algoritmo de layout es necesario estudiar varias características de lo que conforma un layout correctamente visualizado. Hemos considerado de mayor importancia, entre estas características, que el grafo (diagrama) resultante posea una mínima cantidad de cruzamientos entre sus arcos. Este problema se conoce como Crossing Number, y es NP-Completo. En este trabajo se introduce el diseño y la implementación de ARCGEN, un nuevo algoritmo genético, que minimiza la cantidad de cruces de un grafo. ARCGEN involucra un preprocesamiento del grafo original, transformando su representación gráfica a un Diagrama de Arcos. Se describen todos los detalles del diseño y de la implementación con la que se testeó el algoritmo. Finalmente, dada la motivación del desarrollo de ARCGEN y la complejidad temporal del problema Crossing Number se realizaron experimentos, circunscriptos a grafos de tamaño proporcional al de los diagramas que se generan en el modelado conceptual real. Se presentan los resultados de estos experimentos, mostrando que el algoritmo reduce el número de cruces sobre el gráfico original del grafo en hasta cuatro veces.

1. Introducción

Actualmente, las herramientas de modelado gráficas y automáticas que asisten a los modeladores son esenciales debido al incremento en la complejidad de los sistemas de información. Una mala disposición gráfica de los elementos del diagrama en el modelo hace que sea difícil de leerlo y de comprenderlo en forma inmediata [22, 21, 13, 24].

Los algoritmos de layout automáticos permiten el reordenamiento de los elementos gráficos de los diagramas de modelado, de manera que se disponga una visualización más satisfactoria de los mismos, como puede verse en la Figura 1. Sin embargo, por estar basados en problemas de optimización combinatorios, heredan la complejidad computacional de éstos, que en su mayoría son NP-Completo [18, 8].

En este trabajo se introduce un nuevo algoritmo genético, denominado ARCGEN, que es el punto de partida para resolver el problema de la correcta visualización de un modelo conceptual expresado en UML o ER y que será incorporado a Crowd [10]. Crowd es una herramienta web para modelado ontológico utilizando los lenguajes UML [2] y ER [3], con soporte de razonamiento para asistir al usuario en tareas de diseño y validación.

En esta primer etapa, nos centramos en la resolución del problema de Crossing Number, motivados por la importancia estética de reducir el número de cruces de arcos en la representación gráfica de grafos [20]. Este es un problema NP-Completo [7] de gran importancia para la visualización de grafos, que radica en evitar, en la mayor medida posible, que los arcos de un grafo dibujado sobre el plano Euclídeo se crucen. Asimismo, circunscribimos la solución que se propone a grafos con ciertas características encontradas en

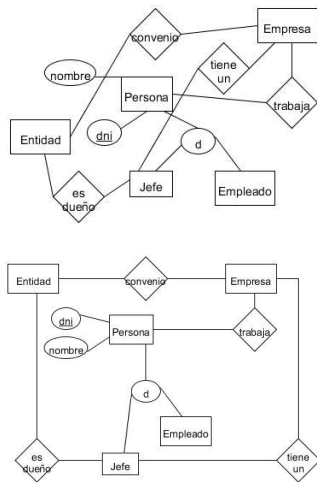


Figura 1: Dos formas de dibujar un diagrama ER. El primer diagrama presenta 3 cruces, y no resuelve una disposición geométrica de los elementos, en cambio el segundo mejora estos aspectos.

los diagramas de modelado conceptual (tamaño y complejidad).

El algoritmo ARCGEN involucra un preprocesamiento del grafo original, transformando su representación a una forma particular, llamada Diagrama de Arcos [19] o Linear Embedding [15] según las diferentes fuentes. Un Diagrama de Arcos [25, 16, 19] es una representación de un grafo en un plano, donde los nodos se ubican sobre una recta, como puede visualizarse en la Figura 2. Esta representación del grafo tiene la cualidad de que los cruces obtenidos dependerán del ordenamiento de los nodos, esto es, su disposición sobre la línea y del semiplano en el que se dibuja el arco, es decir, como un semicírculo por arriba de la recta o por debajo de ella. Inicialmente, se trabajó sobre grafos completos [1], buscando un ordenamiento de sus nodos que generen un número mínimo de cruces de arcos. Este problema se ha podido solucionar satisfactoriamente con un algoritmo simple, permitiendo cumplir con la cota superior dada por la conjetura de Guy [11]. Sin embargo, al utilizar este algoritmo sobre grafos no completos, las mejoras obtenidas en el número de cruces no fueron suficientes, lo que dió génesis a ARCGEN.

La población inicial de ARCGEN está generada a partir de la representación Diagrama de Arcos mejorada del grafo original, lo que guía la búsqueda del menor número de cruces.

Los resultados experimentales realizados sobre grafos no dirigidos de tamaño moderado muestran que ARCGEN se comporta en forma satisfactoria, disminuyendo en algunos

casos hasta en 4 veces la cantidad de cruces sobre la representación original.

Existen otros algoritmos genéticos que resuelven el problema, como TimGA [6] el cual, a diferencia del algoritmo ARCGEN, propuesto en este trabajo, utiliza grafos genéricos para la representación de sus individuos, almacenando las posiciones x e y de cada nodo en matrices y considerando la representación gráfica de los arcos como rectas entre tales nodos. Esta representación produce gran cantidad de variaciones y posibles grafos, haciendo que el algoritmo genético deba realizar mayor cantidad de generaciones, además de no permitir la representación de arcos curvos. De esta manera, genera implícitamente mayor cantidad de cruzamientos.

Por otro lado, el propuesto por Hongmei He et al. [12] considera la representación Diagrama de Arcos, pero comienza con una población generada aleatoriamente a diferencia de ARCGEN que genera la población a partir de un individuo dado por el algoritmo de grafos completos. Esto causa que el algoritmo consuma más tiempo en alcanzar un máximo local o global, quitándole practicidad para el objetivo buscado.

En el survey de Helen Gibson et al. [9] se han recopilado gran variedad de algoritmos de layout, de los cuáles el más adecuado, con respecto a precisión y velocidad, para layout en modelado conceptual, es el algoritmo Dirigido por Fuerzas de Tunkelang [23]. Este algoritmo propone un modelo físico donde los nodos y arcos realizan fuerzas de repulsión entre ellos para evitar cruzamientos. Esta simulación se realiza por un tiempo dado hasta obtener el resultado deseado. Tal algoritmo no consigue la precisión que se busca, debido a que la eficacia del resultado está ligada a las posiciones iniciales del grafo de entrada.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, se propone un algoritmo que esquematiza un grafo arbitrario en un Diagrama de Arcos optimizado para grafos completos. En la sección 3, se explica el algoritmo genético desarrollado para minimizar la cantidad de cruces de arcos respecto del grafo original. Luego en la sección 4, se describe la aplicación que genera el grafo optimizado. En la sección 5, se presentan resultados experimentales realizados sobre la aplicación. Finalmente, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Generando una Representación Diagrama de Arcos

Un Diagrama de Arcos [25] es un estilo con el que se dibuja un grafo, en el que los vértices del grafo se ubican sobre una línea en el plano Euclídeo y los arcos se dibujan como semicírculos sobre alguno de los dos semiplanos delimitados por la línea o bien pueden ser segmentos de la línea, siempre que conecten vértices que son consecutivos

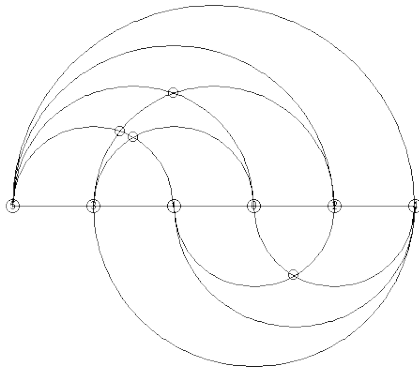


Figura 2: Diagrama de Arcos de un grafo completo de 6 nodos (K_6). Ejemplo de distribución de arcos con Crossing Number no mínimo.

en la recta.

En la Figura 2 se muestra un ejemplo con 6 nodos. Debido a la simplicidad en este método para esquematizar a los grafos, es que se utiliza esta representación en busca de un grafo con una mínima cantidad de cruces de arcos.

Así, se desarrolla un algoritmo que permite visualizar grafos completos, es decir, aquellos donde cada par de vértices está conectado por un arco, como un Diagrama de Arcos y que soluciona el Crossing Number. Dado que el grafo es completo, todos los vértices tienen la misma cantidad de arcos, luego se considera que todos los nodos poseen el mismo peso o importancia en el grafo.

A partir de un grafo completo se genera el Diagrama de Arcos correspondiente, con el mejor ordenamiento tanto de posición de los nodos sobre la línea, como de la ubicación de los arcos en el plano, tal que el número de cruces de arcos sea minimal.

A fin de lograr esta representación óptima de cruces, no es necesario tener en cuenta el orden de los nodos, ya que, todos disponen de la misma cantidad de arcos salientes. Por lo tanto, el algoritmo se centra en distribuir los arcos de manera que su disposición sea equitativa, tanto en el semiplano superior como en el inferior.

La distribución de arcos se realiza comenzando por dibujar todos los arcos de los nodos de los extremos de la recta, iniciando por la izquierda. Aquellos del nodo en el extremo izquierdo se dibujan en el semiplano superior y aquellos del nodo en el extremo derecho en el inferior. Luego se continúa dibujando los arcos correspondientes a los nodos inmediatos al procesado anteriormente en sentido al centro de la línea, esquematizando primero el del lado izquierdo y luego

el derecho. En la Figura 2 se muestra como se visualiza un grafo completo de 6 nodos.

La visualización del grafo resultante de aplicar el algoritmo no resulta óptimo en cuanto a cantidad de cruces. Esto es posible de verificar debido a la conjetura que plantea Guy en [11], que da una cota superior para calcular el Crossing Number de grafos completos, notado cr , y que proporciona un punto de referencia para medir la efectividad de nuestro algoritmo.

$$cr(K_n) \leq \frac{1}{4} \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{n-1}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{n-2}{2} \right\rfloor \left\lfloor \frac{n-3}{2} \right\rfloor$$

En nuestro ejemplo, $cr(K_6) = 3$ pero el dibujo del grafo tiene 4 cruces.

A partir de la visualización de una serie de grafos completos, se logra descubrir que la aparición de cruces conflictivos siguen un patrón. En la Figura 3 se presenta el patrón de los arcos conflictivos sobre cuatro grafos completos.

Así, para solucionar el problema, se plantea una serie de transposiciones de arcos, cambiando el semiplano en donde está dibujado. El número de transposiciones se determina según el patrón que siguen los grafos y se calcula a partir de la cantidad de nodos, como:

$$t(n) = \left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor - 2, \text{ con } n \geq 5.$$

El algoritmo hace un recorrido sobre $t(n)$ nodos en la recta igual al de la distribución de los arcos en los semiplanos, comenzando en los extremos, esto es $nodo_1, nodo_n, nodo_2, nodo_{n-1}, \dots, nodo_{n/2}$. Para cada uno de los $t(n)$ nodos que recorre, se transponen $t(n), t(n) - 1, t(n) - 2, \dots, 1$ arcos, cambiando el semiplano donde se dibujan, siempre que no aumente el número de cruces. Para el nodo actual n_a , los arcos a transponer se seleccionan ordenados por la cercanía que hay entre n_a y el nodo en el otro extremo del arco, sin tener en cuenta el arco que une a n_a con el siguiente en la recta. En la Figura 4, se muestra el resultado de la aplicación del proceso de transposición.

Esta optimización nos permite obtener una representación gráfica de un grafo completo con el mínimo Crossing Number, comparado con la conjetura dada. En forma empírica esta suposición ha sido probada hasta K_{100} .

A partir de esto se propone utilizar el algoritmo para un grafo arbitrario, buscando que su Crossing Number sea minimal. Al permitir que los nodos puedan variar en cantidad de arcos, el algoritmo también debe tener en cuenta el orden de los mismos en la línea de nodos. A fin de determinar un peso relativo para los nodos, dando un valor a partir del cuál se pueda proponer un orden para los nodos que obtenga un Crossing Number mínimo o lo más bajo en lo posible, se introducen dos conceptos.

Definición 2.1 (Grado de Arco) El grado de un arco se

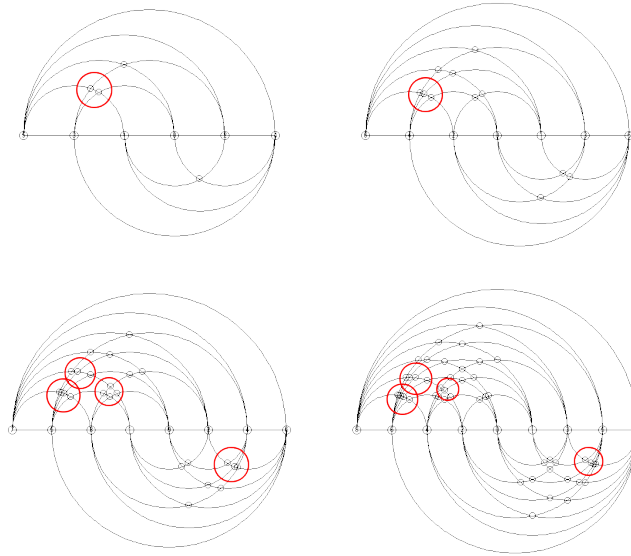


Figura 3: Diagrama de Arcos de grafos completos K_6 , K_7 , K_8 y K_9 donde se puede visualizar cruces que siguen un patrón.

define como el grado más alto de los dos nodos que conecta, siendo el grado de un nodo la cantidad de arcos que conectan con él.

El grado de arco permite dar una ponderación a cada arco según los nodos que conecta. De este modo, se obtiene una cota superior en la cantidad de nodos alcanzables desde los extremos del arco.

Definición 2.2 (Nivel de Nodo) El nivel de un nodo se define como el grado más bajo de los arcos que conectan con él.

Intuitivamente, el Nivel de Nodo permite determinar el peso que tiene el nodo en el grafo, según sus relaciones con los demás nodos y así, da un criterio para ordenar los nodos del grafo en la recta, antes de trazar los arcos. Un nodo con mayor conectividad se considera de mayor interés al dibujar el grafo.

Dado el nivel de nodo se realiza un ordenamiento de los mismos de manera que aquellos con mayor nivel permanezcan lo más alejados posible entre ellos en la recta, buscando que se produzcan, de esta manera, la menor cantidad de cruzamientos entre sus arcos. Para ello se ubican en la recta los nodos en orden decreciente de nivel, ordenándolos en extremos opuestos del grafo de manera que queden lo más alejados del nodo anterior de mayor nivel y dejando aquellos de menor nivel en el centro del grafo, como se muestra en la Figura 5.

Este criterio de ordenamiento junto con el algoritmo presentado anteriormente para trazar los arcos, permiten obte-

ner un Diagrama de Arcos con relativamente pocos cruces, pero que no es óptimo como lo era en grafos completos. Ya que los grafos no completos no respetan el patrón de arcos en conflicto descubierto para los grafos completos, no es posible aplicar la optimización descrita anteriormente.

En conclusión, los algoritmos presentados permiten obtener un Diagrama de Arcos óptimo con respecto al Crossing Number en grafos completos, probado empíricamente hasta K_{100} , y relativamente bueno con respecto a grafos no completos. Esta visualización rectilínea de los grafos es el punto de partida del algoritmo que presentaremos en la siguiente sección para minimizar la cantidad de cruzamiento de arcos.

3. Algoritmo ARCGEN

Motivados por una adecuada visualización de modelos conceptuales, se diseñó e implementó un nuevo algoritmo genético, considerando algunas limitaciones sobre los grafos que esquematizan estos diagramas, como el hecho de que generalmente disponen de grandes cantidades de entidades o clases (nodos del grafo), aunque disponen de cantidades moderadas o pequeñas de relaciones (arcos del grafo). El algoritmo genético propuesto mejora los resultados obtenidos con el algoritmo presentado en la sección anterior, que representa al grafo con un Diagrama de Arcos. De hecho, este último se utiliza como un preprocesamiento sobre el grafo original, para la generación de la población inicial del algoritmo genético. Esto permite evolucionar hacia un

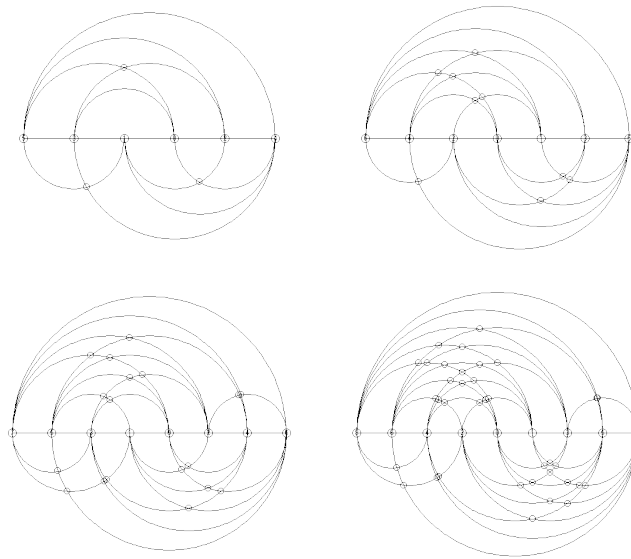


Figura 4: Diagrama de Arcos de grafos completos K_6 , K_7 , K_8 y K_9 luego de solucionar los conflictos advertidos en la Figura 3.

grafo con menos cruces (mínimo local) o hacia el óptimo (mínimo número de cruces) con relativamente pocos cambios sobre el Diagrama de Arcos, y por lo tanto, obtener el resultado en pocas generaciones.

3.1. Representación de los Individuos

Cada individuo de la población corresponde a un Diagrama de Arcos. La representación incluye los nodos y arcos del grafo, el orden de sus nodos sobre la línea (0 el nodo en el extremo izquierdo y $(n-1)$ el nodo en el extremo derecho) y el semiplano (superior o inferior) en que se dibuja cada arco.

Teniendo en cuenta que el grafo es no dirigido, se considera que cada arco es único, es decir, solo se representa la relación de un nodo n_i a un nodo n_j y no la relación n_j a n_i . Sin embargo, es posible extender la representación sin dificultad a digrafos.

3.2. Generación de Población Inicial

La población inicial se genera a partir del Diagrama de Arcos obtenido del algoritmo explicado en la sección 2. Para ello, se utiliza como semilla, al Diagrama de Arcos del grafo y se realizan todas las posibles variaciones en un solo paso de orden de nodos y ubicación en los semiplanos de los arcos. Así, un posible individuo de la población inicial es la representación gráfica del grafo resultante de intercambiar

el orden de dos nodos del Diagrama de Arcos, o de cambiar el semiplano donde se grafica un arco particular, como se muestra en el ejemplo de la Figura 6.

Por lo tanto, la cantidad de individuos de la población inicial está dada por la siguiente fórmula:

$$num_{P_0} = m + V_n^2 = m + \frac{n!}{(n-2)!} = m + n^2 - n$$

siendo m la cantidad de arcos del grafo y n la cantidad de nodos.

3.3. Mutación

El algoritmo genético propuesto utiliza mutación en sus individuos, pero en esta primer versión no se aplica crossover. Esta decisión de diseño está basada en algoritmos genéticos con objetivos similares [12, 6]. Sus autores especifican que el crossover no es muy eficiente para resolver este problema, según los resultados experimentales obtenidos, por lo que se proponen porcentajes de mutación más altos y un crossover mínimo.

Se proponen dos tipos de mutaciones posibles, con porcentajes basados en los utilizados en los trabajos [12, 6]:

- La primera mutación consiste en una transposición del semiplano donde se grafica un arco elegido al azar, como se muestra en la Figura 6(c). A esta mutación se le ha dado un porcentaje de ocurrencia del 10%.

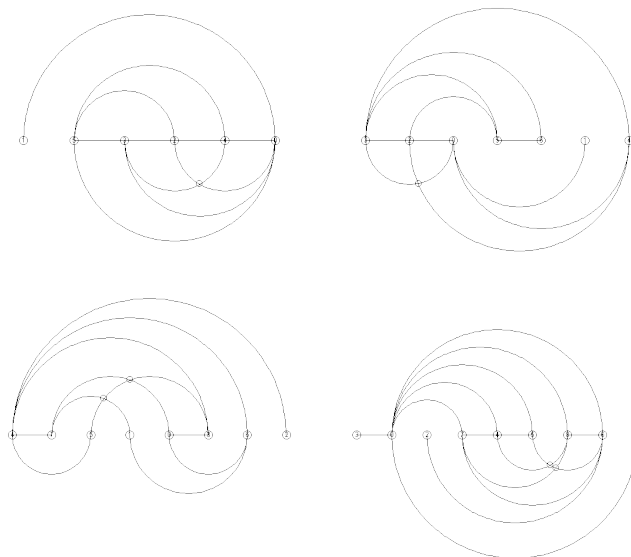


Figura 5: Diagrama de Arcos de grafos no completos generados aleatoriamente, en los cuáles se aplicó el algoritmo para Crossing Number mínimo en grafos completos.

- La segunda mutación consiste en el intercambio de orden de dos nodos elegidos al azar, como se muestra en la Figura 6(b). A esta mutación se le ha dado un porcentaje de ocurrencia del 30 %.

Cada una de estas mutaciones, son aplicadas a cada individuo de la generación actual, buscando optimizar su Crossing Number.

3.4. Selección de Individuos

Una vez realizada la mutación del individuo se compara su Crossing Number (función de fitness) con el de la representación gráfica original del grafo y si aquel posee menos cruces se lo conserva y en caso contrario se lo descarta. La nueva población estará conformada por individuos con un mejor layout que la original del grafo, aunque podría ser peor que el layout de su padre. Esto mantiene una población heterogénea.

Por otra parte, nótese que por el criterio de selección de individuos la población varía su tamaño, de generación en generación. La población podría ser vacía si todos los hijos fueran peores que el layout original (semilla de la población inicial), dando así, un criterio extra para el corte del algoritmo.

3.5. Criterio de Finalización del Algoritmo

Dada la población inicial, primer generación, gestada a partir de su Diagrama de Arcos, como se describe en la sección 3.2, se realizan 1000 generaciones en las cuáles tales individuos se mutan. Los individuos nuevos pueden ser eliminados de la población, en caso de no superar el Crossing Number de la representación gráfica original del grafo.

Una vez finalizadas las generaciones o extinta la población, se retorna el mejor Diagrama de Arcos obtenido y se comienza un nuevo ciclo utilizando este último como semilla generadora de la población inicial. Esto se repite hasta alcanzar un número máximo de ciclos o cuando se iguala el número de cruces de la mejor representación gráfica obtenida en dos ciclos consecutivos.

4. Detalles de la Aplicación ARCGEN

Los algoritmos presentados en las secciones 2 y 3, tanto el que obtiene un óptimo Crossing Number para grafos completos, como su refinamiento para grafos no completos y finalmente, ARCGEN, el algoritmo genético para mejorar el resultado, fueron implementados en lenguaje Java. La representación de Diagrama de Arcos almacena los nodos, su orden y sus arcos. Los métodos que incluye son: intercambiar nodos, mover un nodo a una posición realizando intercambios, transponer arcos, calcular cruces del grafo y

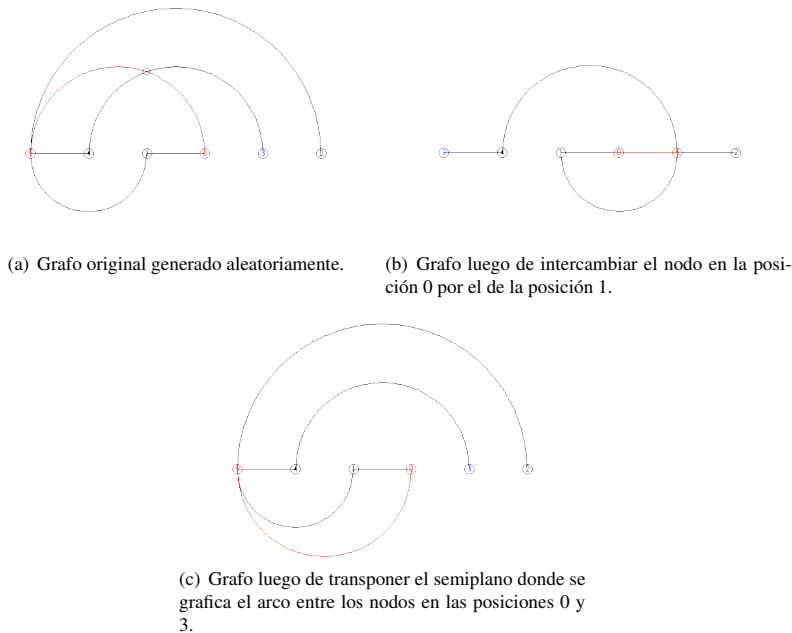


Figura 6: Ejemplo de intercambio de nodos y cambio del semiplano donde se grafican los arcos.

de un arco en particular, calcular grado de arcos y nodos, y nivel de nodo y clonar el grafo.

El algoritmo presentado en la Figura 7 realiza únicamente el trazado de los arcos como en la Figura 2. Inicialmente, ordena los nodos por su nivel. En un grafo completo, el ordenamiento no produce ningún cambio, ya que todos sus nodos tienen el mismo nivel. Sin embargo, en los grafos no completos, permite un ordenamiento inicial más adecuado. Hay que considerar que el algoritmo realiza un recorrido desde el centro hacia los extremos a pesar de que la explicación inicial dada en la sección 2 es a la inversa, esto es debido a la manera en que se da la implementación del Diagrama de Arcos y cómo se realizan las inversiones de arcos e intercambios de nodos internamente. Por último, el algoritmo invoca al algoritmo para optimizar grafos completos y eliminar los conflictos que genera.

En el algoritmo descrito en la Figura 8 se presenta la optimización que soluciona los cruces conflictivos para grafos completos y permite obtener el Diagrama de Arcos inicial para lanzar el algoritmo genético.

Finalmente, se realiza la optimización con el algoritmo genético. El algoritmo presentado en la Figura 9 realiza las llamadas a cada ciclo de generaciones hasta encontrar dos ciclos con igual número de cruces o hasta cumplir con 100 ciclos de tope. Cada ciclo es una llamada al algoritmo de generaciones [Figura 10], que genera poblaciones, muta sus individuos, seleccionando los más aptos, esto es, aquellos

Entrada: Diagrama de Arcos.

- 1: Ordenar los nodos según su nivel en orden descendiente.
- 2: Determina si el número de nodos (n) es par o impar.
- 3: Asigna a un *punteroIzquierdo* la posición $n/2$.
- 4: **si** número de nodos par **entonces**
- 5: *punteroDerecho* comenzará en $n/2 - 1$.
- 6: **sino**
- 7: *punteroDerecho* comenzará en $n/2 + 1$.
- 8: **fin si**
- 9: Determina el semiplano inicial donde graficar. Si n es par superior sino inferior.
- 10: **para cada** nodo \in Nodos del grafo **hacer**
- 11: **si** semiplano es superior **entonces**
- 12: Graficar todos los arcos del nodo en *punteroIzquierdo* en semiplano superior.
- 13: **sino**
- 14: Graficar todos los arcos del nodo en *punteroDerecho* en semiplano inferior.
- 15: **fin si**
- 16: Invierte el semiplano para la próxima iteración.
- 17: **fin para**
- 18: Llamar a algoritmo para optimizar grafo completo con el grafo trazado como entrada.

Salida: Diagrama de Arcos optimizado.

Figura 7: Pseudocódigo para el trazado inicial de un Diagrama de Arcos.

Entrada: Diagrama de Arcos trazado.

- 1: Calcula el número de transposiciones $t(n) = \lfloor \frac{n}{2} \rfloor - 2$, con $n > 5$, sino 0 en caso de $n \leq 5$.
- 2: Asigna a un *punteroIzquierdo* la posición 0.
- 3: Asigna a un *punteroDerecho* la posición $n - 1$.
- 4: Comienza apuntando al *punteroIzquierdo*.
- 5: **para** $i = 0$ hasta $t(n)$ **hacer**
- 6: Obtiene los arcos del nodo en el puntero que apunte.
- 7: Cambia el puntero al opuesto.
- 8: Inicializa *intercambios* en $t(n) - i$.
- 9: **mientras** $j < \text{arcos del nodo y } \text{intercambios} > 0$ **hacer**
- 10: Calcula el *CrossingNumber* actual.
- 11: Obtiene la *distancia* entre el nodo actual y el nodo al que conecta el arco.
- 12: **si** $1 < \text{distancia} \leq (t(n) - i + 1)$ **entonces**
- 13: Invierte el semiplano del arco[j].
- 14: Recalcula el *CrossingNumber*.
- 15: **si** *CrossingNumber* es mayor al anterior **entonces**
- 16: Invierte el semiplano del arco[j] nuevamente.
- 17: **fin si**
- 18: **fin si**
- 19: **fin mientras**
- 20: **fin para**

Salida: Diagrama de Arcos optimizado.

Figura 8: Pseudocódigo para la optimización de Diagrama de Arcos completos.

con menor número de cruces que el grafo semilla y devuelve el mejor grafo obtenido.

En la Figura 11, se muestra la interfaz de la aplicación desarrollada que permite la visualización de los Diagramas de Arcos.

Los números en los nodos representan su nombre o identificador, y permiten diferenciar al nodo sin considerar el orden en que se disponen en la recta del Diagrama de Arcos.

Los arcos en el gráfico tienen diferentes colores de acuerdo a su Grado de Arco, según la definición dada en la sección 2, con el motivo de visualizar aquellos nodos con más relaciones, según los arcos que conecta.

También se dispone de una serie de botones que brindan varias funcionalidades. Los botones *Random* y *Complete* permiten generar grafos aleatorio o completos, respectivamente, dada la cantidad de nodos que se especifican en una de las ventanas de texto.

Los botones *InvertN* y *InvertC* permiten invertir el orden de los nodos y transponer un arco dado entre dos nodos, respectivamente, obteniendo los identificadores de los nodos desde las ventanas de texto más pequeñas.

Entrada: Diagrama de Arcos optimizado para completo, un entero *maxCiclos*.

- 1: Asigna una variable *igualCrossNum* en falso.
- 2: **mientras** $i < \text{maxCiclos}$ y *igualCrossNum* sea falso **hacer**
- 3: Llamar a algoritmo de ciclo genético y obtener un nuevo grafo.
- 4: **si** *CrossingNumber* del grafo anterior es igual al nuevo **entonces**
- 5: Asigna a *igualCrossNum* verdadero.
- 6: **fin si**
- 7: **fin mientras**

Salida: Diagrama de Arcos con optimización genética.

Figura 9: Pseudocódigo para la optimización genética de Diagrama de Arcos no completos.

Entrada: Diagrama de Arcos de ciclo anterior, un entero *maxGeneraciones*.

- 1: Calcula el *CrossingNumber* del grafo de entrada, para comparar más adelante.
- 2: Genera la población inicial con el grafo de entrada.
- 3: **mientras** $i < \text{maxGeneraciones}$ y grafo óptimo no encontrado **hacer**
- 4: **para cada** individuo de la población **hacer**
- 5: Muta nodos del individuo con una probabilidad del 30 %.
- 6: Muta arcos del individuo con una probabilidad del 10 %.
- 7: **si** individuo es un grafo óptimo (sin cruces) **entonces**
- 8: Corta y devuelve el grafo óptimo.
- 9: **sino**
- 10: **si** individuo es peor que el original **entonces**
- 11: Elimina al grafo de la población.
- 12: **fin si**
- 13: **fin si**
- 14: **fin para**
- 15: **si** no se encontró grafo óptimo **entonces**
- 16: Ordena los individuos por su fitness (menor CN).
- 17: Obtiene el primer individuo del conjunto (el de mejor fitness).
- 18: **si** individuo tiene mejor fitness que mejor individuo de generaciones anteriores **entonces**
- 19: Establece al nuevo individuo como el mejor obtenido.
- 20: **fin si**
- 21: **fin si**
- 22: **fin mientras**

Salida: Diagrama de Arcos óptimo o mejor encontrado.

Figura 10: Pseudocódigo de un ciclo del algoritmo genético.



Figura 11: Interfaz de la aplicación desarrollada para visualizar resultados y experimentación.

El botón **Genetic** permite lanzar el algoritmo genético ARCGEN sobre el layout del grafo que se está visualizando actualmente, y lo reemplaza finalmente, por el layout resultante. Asimismo, almacena los resultados de tiempo, ciclos, arcos generados, cruces iniciales y finales de la ejecución del algoritmo genético.

Los botones **Export** e **Import** permiten exportar e importar un Diagrama de Arcos, utilizando un formato XML con una estructura propia de la aplicación.

En la parte inferior encontramos los valores **Population**, **E. Time** y **E. Cycles** que indican el tamaño de la población, el tiempo y la cantidad de ciclos, estimados según los registros guardados para el algoritmo genético.

La aplicación está desarrollada bajo licencia libre y puede accederse a la versión más reciente de su ejecutable a través del repositorio de BitBucket <https://bitbucket.org/giuliano-marinelli/graphlayout>.

5. Resultados Experimentales

A fin de evaluar empíricamente el algoritmo genético se ha analizado su comportamiento sobre grafos de diferentes cantidades de nodos, entre 5 y 50, y con arcos generados aleatoriamente, sobre los que se realizaron 100 ejecuciones. De esta manera se obtuvieron resultados promedios de los arcos generados, de los tiempos y ciclos invertidos y de la reducción del Crossing Number, como se muestra en la Ta-

bla 1.

Estos resultados fueron obtenidos ejecutando la aplicación sobre una computadora con procesador Intel Core i3-2120 de 3.30GHz, con una memoria RAM de 4GB y bajo un sistema operativo Windows 10 x64.

Teniendo en cuenta que la motivación del desarrollo de este algoritmo de layout es su incorporación y utilización en herramientas gráficas de modelado conceptual y que generalmente los modelos no contienen grandes cantidades de nodos, los test realizados sobre la aplicación se han limitado a un máximo de 50 nodos.

Tabla 1: Promedios de resultados de 100 ejecuciones del algoritmo genético sobre grafos aleatorios con diferentes cantidades de nodos.

Nro. Nodos	Promedios				
	Nro. Arcos	Tiempo	Ciclos	CN Inicial	CN Final
5	5	0.000 s.	1	0	0
10	12	0.002 s.	2	2	0
15	20	0.028 s.	4	10	1
20	27	0.125 s.	6	22	3
25	35	0.369 s.	9	40	8
30	43	0.914 s.	11	63	13
35	50	2.169 s.	15	93	21
40	57	3.974 s.	18	117	28
45	65	7.710 s.	22	162	38
50	72	13.013 s.	25	194	45

Los resultados obtenidos fueron aceptables respecto a lo esperado, en comparación con los algoritmos mencionados en el trabajo [9]. La técnica Dirigida por Fuerzas de Tunkelang [23], una de las adecuadas, sufre de altos tiempos de ejecución y no promete un grafo óptimo, según [9]. ARCGEN produce grafos con menores cruces a coste de un tiempo similar a la técnica Dirigida por Fuerzas, para los casos que se buscan resolver. En este sentido, estos resultados preliminares prometen un uso eficaz para fines prácticos de la futura herramienta finalizada.

Como se puede observar en grafos con mayor cantidad de nodos y arcos, ARCGEN disminuyó la cantidad de cruces en hasta cuatro veces.

6. Discusión

En consideración con la bibliografía relevada y teniendo en cuenta que se busca precisión con respecto al problema central de este artículo, que es el número de cruzamientos de arcos, nos encontramos que los algoritmos más utilizados como el de Tunkelang (dirigido por fuerzas) [23] y sus optimizaciones como el propuesto en [17], o los más re-

cientes que siguen una búsqueda tabú (aleatorios) [5, 4, 14], disponen de poca efectividad en este sentido, es decir, con mayores cantidades de cruzamientos que los esperados.

Por otro lado, considerando nuestro relevamiento, es importante remarcar la carencia de aplicaciones disponibles para la utilización real de tales técnicas. En este sentido, se han encontrado implementaciones de laboratorio como Jiggle [23], TimGA [6], cuyos resultados son los mencionados anteriormente, y otras como yEd [26] que proveen un uso práctico, pero no disponen licencia libre.

7. Conclusiones

En este trabajo se introdujeron el diseño y la implementación de un algoritmo para optimizar grafos completos y de uno genético, denominado ARCGEN, para mejorar grafos no completos. El objetivo de ambos es lograr un menor Crossing Number en grafos no dirigidos, mediante la utilización de la representación gráfica de Diagrama de Arcos.

Se describieron los detalles del desarrollo y se presentaron resultados experimentales que muestran una disminución en la cantidad de cruces entre el layout original y el mejor individuo obtenido después de aplicar el algoritmo.

Entre los trabajos futuros, se encuentran la evaluación de ARCGEN sobre modelos conceptuales reales y el cálculo de la complejidad computacional temporal de los algoritmos.

El layout obtenido a partir de ARCGEN no es el resultado final que visualizará el usuario en una herramienta gráfica de modelado, sino que será utilizado como entrada por otro algoritmo que trasladará las posiciones de los nodos de manera que se pueda generar una visualización del mismo grafo, conservando la misma cantidad de cruzamientos. Tal visualización dispondrá los elementos de una manera más amigable al usuario.

Este último paso es la próxima etapa a desarrollar en este proyecto, para el cual se tendrá en cuenta el lenguaje gráfico con el que se diseña el modelo y los criterios para los diferentes constructores de tales lenguajes. Los resultados obtenidos de los algoritmos implementados, se consideran prometedores para la continuación del proyecto.

Referencias

- [1] O. Aichholzer, F. Aurenhammer, and H. Krasser. On the crossing number of complete graphs. In *Proceedings of the Eighteenth Annual Symposium on Computational Geometry, SCG '02*, pages 19–24, New York, NY, USA, 2002. ACM.
- [2] G. Booch. *The unified modeling language user guide*. Pearson Education India, 2005.
- [3] P. P.-S. Chen. The entity-relationship model—toward a unified view of data. In *Readings in artificial intelligence and databases*, pages 9–36. Elsevier, 1988.
- [4] F. Dib. *Improved neighbourhood search-based methods for graph layout*. PhD thesis, University of Kent., 2018.
- [5] F. K. Dib and P. Rodgers. Graph drawing using tabu search coupled with path relinking. *PLoS one*, 13(5):e0197103, 2018.
- [6] T. Eloranta and E. Mäkinen. Timga: a genetic algorithm for drawing undirected graphs. *Divulgaciones Matemáticas*, 9(2):155–171, 2001.
- [7] M. R. Garey and D. S. Johnson. Crossing number is np-complete. *SIAM Journal on Algebraic Discrete Methods*, 4(3), 1983.
- [8] M. R. Garey, D. S. Johnson, and L. Stockmeyer. Some simplified np-complete problems. In *Proceedings of the Sixth Annual ACM Symposium on Theory of Computing, STOC '74*, pages 47–63, New York, NY, USA, 1974. ACM.
- [9] H. Gibson, J. Faith, and P. Vickers. A survey of two-dimensional graph layout techniques for information visualization. *Information visualization*, 12(3-4):324–357, 2013.
- [10] C. Gimenez, G. Braun, L. Cecchi, and P. R. Fillottrani. crowd: A tool for conceptual modelling assisted by automated reasoning. In *II Simposio Argentino de Ontologías y sus Aplicaciones (SAOA 2016)-JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016)*, 2016.
- [11] R. K. Guy. A combinatorial problem. *Nabla (Bulletin of the Malayan Mathematical Society)*, 7:68–72, 1960.
- [12] H. He, O. Sykora, A. Salagean, and E. Mäkinen. Parallelisation of genetic algorithms for the 2-page crossing number problem. 2007.
- [13] W. Huang. Using eye tracking to investigate graph layout effects. In *2007 6th International Asia-Pacific Symposium on Visualization*, pages 97–100, Feb 2007.
- [14] R. Martí, A. Martínez-Gavara, J. Sánchez-Oro, and A. Duarte. Tabu search for the dynamic bipartite drawing problem. *Computers & Operations Research*, 91:1–12, 2018.
- [15] S. Masuda, K. Nakajima, T. Kashiwabara, and T. Fujisawa. Crossing minimization in linear embeddings of graphs. *IEEE Transactions on Computers*, 39(1):124–127, 1990.
- [16] T. A. J. Nicholson. Permutation procedure for minimising the number of crossings in a network. *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, 115(1):21–26, January 1968.
- [17] M. Ortmann, M. Klimenta, and U. Brandes. A sparse stress model. In *International Symposium on Graph Drawing and Network Visualization*, pages 18–32. Springer, 2016.
- [18] C. H. Papadimitriou. The np-completeness of the bandwidth minimization problem. *Computing*, 16(3):263–270, Sep 1976.
- [19] T. L. Saaty. The minimum number of intersections in complete graphs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 52(3):688–690, 1964.
- [20] K. S.G. and P. S. S. B. Are crossings important for drawing large graphs? *Lecture Notes in Computer Science, Graph Drawing. GD 2014.*, 2014.
- [21] H. Störrle. Expressing model constraints visually with VMQL. In *2011 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, VL/HCC 2011, Pittsburgh, PA, USA, September 18-22, 2011*, pages 195–202, 2011.
- [22] H. Störrle, N. Baltsen, H. Christoffersen, and A. M. Maier. On the impact of diagram layout: How are models actually read? In *Joint Proceedings of MODELS 2014 Poster Session and the ACM Student Research Competition (SRC)*

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

co-located with the 17th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2014), Valencia, Spain, September 28 - October 3, 2014., pages 31–35, 2014.

- [23] D. Tunkelang. Jiggle: Java interactive graph layout environment. In *International Symposium on Graph Drawing*, pages 413–422. Springer, 1998.
- [24] C. Ware, H. Purchase, L. Colpoys, and M. McGill. Cognitive measurements of graph aesthetics. *Information Visualization*, 1(2):103–110, 2002.
- [25] M. Wattenberg. Arc diagrams: visualizing structure in strings. In *IEEE Symposium on Information Visualization, 2002. INFOVIS 2002.*, pages 110–116, Oct 2002.
- [26] R. Wiese, M. Eiglsperger, and M. Kaufmann. yfiles—visualization and automatic layout of graphs. In *Graph Drawing Software*, pages 173–191. Springer, 2004.

Modelo de análisis semántico de contenido Web

Fabián E. Favret¹, Matías G. Rojas², Hernán A. Pfeifer³
Universidad Gastón Dachary

Av. López y Planes 6519, Posadas, Misiones

efabianfavret@citic.ugd.edu.ar¹, {rojasmatis994²,hernan.a14³}@gmail.com

Resumen

El avance de la tecnología trajo consigo cambios estructurales en el funcionamiento de las organizaciones, afectando incluso a los niveles directivos donde la necesidad de información se vuelve un aspecto fundamental para la toma de decisiones. En la actualidad, la cantidad de información disponible en internet, es infinita, por lo que encontrar recursos relevantes para una necesidad de información determinada, resulta una tarea compleja. En los últimos años se produjeron avances en mecanismos que permitan la recuperación de recursos relevantes a partir de técnicas inteligentes de procesamiento de información desestructurada, para lo que se destacan dos enfoques principales: el sintáctico y el semántico. En el presente artículo, se presenta un modelo de determinación de relevancia de documentos WEB basado en técnicas de análisis semántico, que permiten la realización de una evaluación más exhaustiva al contemplar términos relacionados a la clave de búsqueda y el contexto al que se enmarca la búsqueda. Para evaluar la efectividad del mismo se lleva a cabo una comparación con técnicas de análisis de documentos basados en correspondencia lexicográfica, donde ambas técnicas fueron evaluadas de acuerdo a la coincidencia presentada con los criterios de los expertos. A partir de estas evaluaciones se determinó como resultado la factibilidad e idoneidad de utilizar estas técnicas, debido a la concordancia observada con respecto a la evaluación de los expertos.

1. Introducción

Durante las últimas décadas el formidable avance tecnológico ha generado cambios significativos en el funcionamiento de las organizaciones. Estos cambios han afectado a todas las actividades en general y, en particular, al proceso de toma de decisiones en los niveles directivos que se ve afectado por el gran volumen de información del contexto y la generación de datos internos de funcionamiento. Evidentemente, este crecimiento exponencial de la cantidad de información requiere mejoras de las técnicas de recolección y análisis [1] [2] [3].

Hoy en día el análisis de grandes volúmenes de datos se ha transformado en una prioridad para el proceso de toma de decisiones, generándose de esta manera la necesidad de utilizar técnicas inteligentes de procesamiento de información desestructurada [4] [5] [6].

Si bien, mediante la utilización de los motores de búsqueda tradicionales, obtener información de la Web es relativamente sencillo, surge una cuestión no tan simple que se debe analizar con cuidado: ¿Los resultados obtenidos son los más adecuados? Claramente, para responder este interrogante hay examinar varios factores.

El primer factor es determinar si realmente se ha hecho correctamente la solicitud de información. Este punto está relacionado a la formulación de las claves de búsqueda que utiliza el usuario y que por lo general no explota todo el potencial que los buscadores proveen. Es decir, por lo general las claves contienen el tema general de búsqueda y alguna que otra característica que se intenta satisfacer, pero no las restricciones posibles que pueden ser colocadas mediante las herramientas de la búsqueda avanzada.

Ahora bien, suponiendo que el problema se ha definido con precisión, el segundo factor clave que afecta a los resultados es si se han revisado todas las fuentes de información que se disponen en la Web. Claramente la respuesta es no, ya que es imposible hacer un análisis exhaustivo de toda la Web. Es aquí donde el usuario se encuentra a merced de los algoritmos que generan los rankings [7] [8] [9] de recursos asociados a la búsqueda. Ese es el tercer factor de evaluación a la hora de analizar resultados, es decir, qué tan bien fueron construidos los rankings de los recursos encontrados. En principio hay dos enfoques bien definidos para verificar que los requerimientos de búsqueda y los recursos encontrados coinciden: el enfoque sintáctico y el enfoque semántico [10]. En el primer caso se intenta obtener una correspondencia literal, mientras que en el segundo la idea es que se pueda contextualizar el análisis del recurso encontrado. Evidentemente el análisis semántico requiere de mayor complejidad que el sintáctico, pero tiene mayor probabilidad de retornar resultados útiles para el usuario y por ello existe una cantidad elevada de trabajos que intentan implementar este tipo de técnicas [11] [12] [13] [14].

En el contexto de este tema de investigación se ha desarrollado un sistema de búsqueda lexicográfica [15] [16] que comienza con los primeros resultados devueltos por los motores de búsqueda tradicionales y hace una exploración por niveles. Al mismo tiempo analiza los recursos obtenidos y genera el ranking correspondiente. En adición a ese trabajo se presenta aquí un enfoque semántico que tiene como objetivo evaluar los recursos utilizando conceptos de relación y similitud semántica sobre bases de conceptos y taxonomías disponibles.

Este enfoque, permite realizar una evaluación que, además de considerar la ocurrencia de términos que pertenezcan a la clave de búsqueda en los documentos analizados, también se valore la ocurrencia de términos relacionados, teniendo en cuenta el contexto en el que se encuentran enmarcados. Tales términos, surgen de relaciones semánticas existentes, como la sinonimia¹, antonimia², hiperonimia³, meronimia⁴, etc.

Entonces, dada una serie de requerimientos de usuarios, la idea principal es establecer la pertinencia y adecuación de recursos Web analizando la estructura semántica de los mismos. Para ello, se propone un modelo que lleve a cabo tres procesos fundamentales: el preprocesamiento y desambiguación del sentido de la clave de búsqueda, la identificación de oraciones conformantes de los documentos a analizar y desambiguación del sentido de los mismos; y la evaluación de similitud semántica existente entre la clave de búsqueda y los documentos.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: En la sección 2 se presenta qué es el análisis semántico, en la sección 3 se describe el modelo propuesto. En la sección 4 se muestra las pruebas y resultados. En la sección 5 se plantea una discusión con respecto a los resultados obtenidos y finalmente en la sección 6 se presentan algunas conclusiones y trabajos futuros.

2. Análisis semántico

Al momento de establecer la relevancia de un documento determinado basada en las coincidencias que este posee con respecto a la clave de búsqueda ingresada por el usuario, existen dos enfoques bien definidos: el enfoque sintáctico y el enfoque semántico.

Mientras que el enfoque sintáctico se centra en la correspondencia lexicográfica de términos de la clave de búsqueda dentro del documento analizado; el enfoque semántico hace énfasis en el significado de las palabras y

las oraciones, teniendo en consideración el contexto en el que estas están enmarcadas.

Desde el punto de vista de la lingüística, se plantea que la semántica refiere a la existencia de “Significados” de la palabra, donde cada una de estas, posee un significado independiente del contexto denominado “Denotación”, un significado propio del contexto al que está enmarcado denominado “Connotación” y relaciones con otras palabras también propias del contexto en el que está enmarcado [17].

A partir de esto surgen tres conceptos que contribuyen a la determinación del grado de coincidencia semántica existente entre documento y clave de búsqueda, los cuales son: relación semántica, similitud semántica y distancia semántica. A continuación, se introducen tales conceptos y se presentan algunas herramientas a ser utilizadas [18].

2.1. Relación, similitud y distancia semántica

Usualmente existe la confusión entre los conceptos de relación y similitud semántica; si bien a menudo se los utiliza de manera indiferente, no son idénticos. Para esclarecer esta diferencia, Resnik [19] plantea el siguiente ejemplo: “Automóviles y gasolineras” parecen estar más estrechamente relacionados que automóvil y bicicleta, pero evidentemente estos últimos son más parecidos. La similitud es un caso especial de relación semántica, la cual se limita a solamente relaciones del tipo “es – un” y las relaciones de sinonimia, mientras que la relación semántica contempla todas las relaciones posibles existentes entre dos términos.

Un concepto que aparece para causar aún más confusión, es el de distancia semántica, el cual puede usarse cuando se habla tanto de similitud como de relación semántica en general. Este concepto plantea que, a mayor cercanía entre dos términos en una determinada ontología, mas es la relación entre ambos [20].

Teniendo en cuenta esto, dados dos términos, $T1$ y $T2$, pertenecientes a diferentes nodos ($n1$ y $n2$) conformantes de una ontología determinada, la distancia semántica determina la relación semántica existente entre los términos $T1$ y $T2$.

2.2. WordNet

WORDNET [21]⁵ es una base de datos léxica, que modela el conocimiento léxico del idioma inglés, desarrollada por la Universidad de Princeton, en la que sustantivos, verbos, adjetivos y adverbios se organizan en conjuntos de sinónimos, donde cada uno de ellos representa un concepto léxico [22].

⁵ WordNet - <https://wordnet.princeton.edu/> - © 2018 The Trustees of Princeton University

¹ **Sinonimia:** Relación de igualdad existente entre el significado de dos o más palabras.

² **Antonimia:** Relación de oposición entre los significados de dos palabras.

³ **Hiperonimia:** Relación en la que el significado de una palabra engloba a otra.

⁴ **Meronimia:** es una relación semántica no simétrica entre los significados de dos palabras dentro del mismo campo semántico.

El vocabulario de un lenguaje es definido como un conjunto de pares (f, s) , donde una forma f , es un *string* sobre un alfabeto finito y un sentido s es un elemento de un significado determinado. Cada forma, en conjunto con un sentido, es una palabra en ese vocabulario.

En *WORDNET*, una forma y un sentido, es representado mediante un conjunto de uno o más sinónimos que posee en ese sentido, denominado Synset. En su última versión, *WORDNET* contiene alrededor de 117.659 Synsets y 209.941 pares (f, s) [23].

En *WORDNET* existe un conjunto de relaciones semánticas entre los Synsets, seleccionadas a partir de su alto uso en el idioma inglés, algunas de las cuales son: sinonimia, antonimia, hiperonimia, etc.

Cada una de estas relaciones semánticas son representadas a partir de interconexiones entre los synsets (mediante la utilización de punteros, en una estructura de árbol); un ejemplo de ello puede ser visto en la Figura 1, donde se pueden apreciar ejemplos de interconexiones a partir de las relaciones semánticas existentes entre términos.

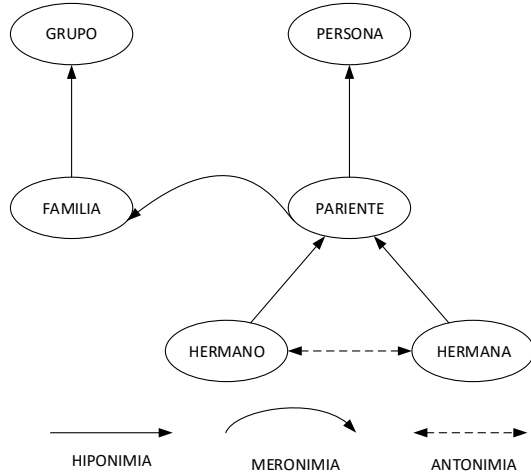


Figura 1 - Ejemplo de árbol de relaciones semánticas en *WORDNET* [22].

2.3. Métrica de relación y similitud semántica de Slimani

La métrica Slimani de relación y similitud semántica es una métrica basada en estructura, lo que significa que necesita de una estructura ontológica jerárquica para poder estimar la relación semántica entre dos términos. Surge como una extensión a la métrica de Wu and Palmer [24], la cual plantea que la relación semántica entre dos términos puede ser obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$Sim_{wp}(T1, T2) = \frac{2 * N}{N1 + N2} \quad (1)$$

Donde $T1$ y $T2$ son dos términos en una taxonomía, N es la distancia a la raíz, del hiperónimo común a los dos términos analizados. $N1$ y $N2$, son las distancias a la raíz, de los nodos correspondientes a los términos $T1$ y $T2$ respectivamente [25]. Ver Figura 2.

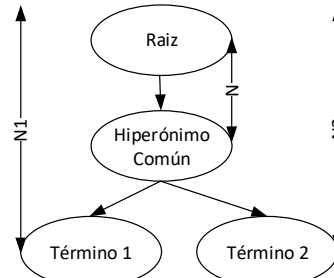


Figura 2 - Ejemplo Estructura Jerárquica [26]

Esta métrica tiene la desventaja de que no siempre genera resultados satisfactorios; específicamente en la situación en que otorga un valor de similitud alto a relaciones entre términos con sus vecinos, comparados con los valores obtenidos para términos pertenecientes a una misma jerarquía. Dada la jerarquía presentada en la Figura 3, la métrica de Wu and Palmer, otorga un mayor puntaje a la relación entre A y B , que a la relación entre A y D , aun considerando que D es un merónimo de A .

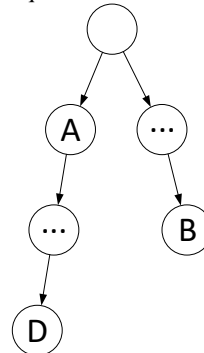


Figura 3 - Ejemplo de jerarquía [25]

Para dar solución a esto, Slimani [26], planteo la siguiente fórmula:

$$Sim_{sti}(T1, T2) = \frac{2 * N}{N1 + N2} * PF(T1, T2) \quad (2)$$

Donde:

- $PF(T1, T2)$ es un factor penalización para términos que sean vecinos. Y está dada por la siguiente fórmula:

$$PF(T1, T2) = (1 - \lambda) * (Min(N1, N2) - N) + \lambda * (|N1 - N2| + 1)^{-1} \quad (3)$$

Donde:

- λ es el coeficiente y es un valor booleano, que indica con un valor de 0 que dos términos están en una misma jerarquía y 1 que dos términos son vecinos [26].

2.4. ConceptNet

CONCEPTNET [27]⁶ es una base de conocimiento de sentido común de gran escala, con un conjunto de herramientas de procesamiento de lenguaje natural que da soporte a muchas tareas prácticas de razonamiento textual sobre documentos del mundo real. El alcance de *CONCEPTNET* es comparable a la base de datos léxica *WORDNET*. Sin embargo, existen algunas diferencias, como, por ejemplo, mientras que *WORDNET* fue optimizado para la categorización léxica y la determinación de similitud de palabras, *CONCEPTNET* fue optimizado para realizar inferencias basadas en el contexto, sobre textos del mundo real.

CONCEPTNET representa las distintas relaciones semánticas entre términos mediante aserciones de la forma $\{Término_1, Relación, Término_2\}$, conteniendo aproximadamente 1,6 millones de aserciones en su base de conocimiento, conectando más de 300.000 nodos. Estos nodos son fragmentos en el idioma inglés, semiestructurados, interrelacionados por una ontología de veinte relaciones semánticas (entre las que se encuentran “Used-For”, “LocationOf”, “PartOf”, etc.) [28].

3. Modelo propuesto

Para llevar a cabo la determinación de la relevancia de documentos, mediante la realización del análisis de relaciones y similitudes semántica se plantearon los módulos de la Figura 4.

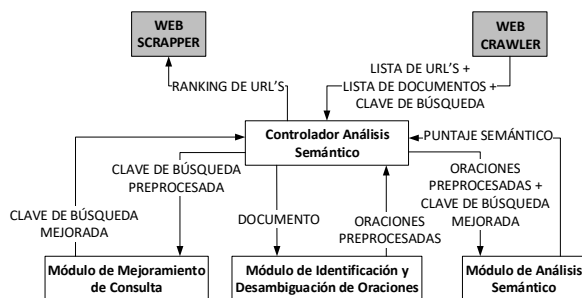


Figura 4 - Módulos del modelo propuesto

En el módulo *Web Crawler*, al recibir la clave de búsqueda proporcionada por el usuario, se desencadena un

proceso de obtención de URL's a partir de cuatro buscadores distintos (Google, Bing, Intelligo, Mxxml Excite), donde cada uno de ellos retorna diez URLs, las que actúan como semillas del proceso de exploración de enlaces. De este módulo, se obtiene una lista de URLs, producto de la exploración, la cual junto a la clave de búsqueda y una lista de documentos correspondiente a cada URL es enviada al *Controlador Análisis Semántico*, que es el encargado de coordinar toda la operatoria requerida para determinar la relevancia de una lista de documentos.

Una vez recibida la lista de URLs junto a sus documentos y la clave de búsqueda ingresada por el usuario, se envía esta última al *Módulo de Mejoramiento de Consulta*, el cual lleva a cabo el procesamiento de la clave de búsqueda para realizar posteriormente el análisis semántico de documentos.

Luego por cada documento, se realiza la separación del mismo en oraciones, para posteriormente desambiguar el sentido de cada palabra perteneciente a cada una de estas, mediante el *Módulo de Identificación y Desambiguación de Oraciones*.

A continuación, se envía el conjunto de oraciones pertenecientes al documento, junto a la clave de búsqueda mejorada al *Módulo de Análisis Semántico*, donde se ejecutan las métricas de similitud y relación semántica, retornando un puntaje que indica la relación semántica del documento, con respecto a la clave de búsqueda, que a su vez indica la relevancia del mismo.

Finalmente, en el *Controlador de Análisis Semántico*, se procede a realizar un ranking de URL's, de acuerdo al puntaje de relevancia obtenida a partir del *Módulo de Análisis Semántico*; el cual es enviado al módulo *Web Scraper*, para ser presentada al usuario.

3.1. Módulo de mejoramiento de consulta

El módulo de mejoramiento de consulta es el encargado de realizar el procesamiento de la clave de búsqueda. Este proceso es necesario para ejecutar las métricas de relación y similitud semántica que serán aplicadas para determinar la relevancia de los documentos. Las interacciones de este módulo se observan en la Figura 5.

⁶ *ConceptNet* -Is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License - <http://conceptnet.io/c/en>

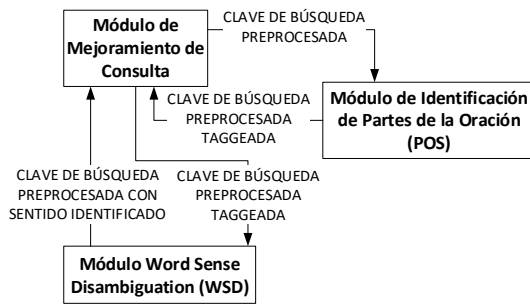


Figura 5 - Interacciones del módulo de mejoramiento de Consulta

Una vez recibida la clave de búsqueda, se busca identificar aquellas palabras que contengan errores ortográficos, con el fin de corregirlas (proceso denominado Spelling).

Posteriormente se envía la clave de búsqueda al *Módulo de Identificación de Partes de la Oración*, En el cual se identifica para cada término perteneciente a la clave, el rol que cumple en la misma, es decir, determina si un término es sustantivo, adjetivo, verbo, entre otros.

Para la ejecución de este módulo, se utiliza el método *Parse* perteneciente a la librería *Pattern* [29]. Como resultado de este módulo, se retorna la clave de búsqueda con cada uno de sus términos etiquetados de acuerdo al rol que cumple.

Luego, se envía la clave de búsqueda etiquetada, al *Módulo Word Sense Disambiguation (WSD)*, donde para cada término se busca identificar el sentido más aproximado al contexto al que la clave de búsqueda pertenece, teniendo en consideración el rol que el término cumple dentro de la misma. Para esto, se implementan dos métodos.

El primero de ellos es el *Algoritmo Original Lesk* [30] que consiste en elegir, como el sentido más adecuado de un término, a aquel cuya definición posea la mayor cantidad de palabras superpuestas con respecto a un corpus de comparación (términos de la oración a la cual pertenece el término a desambiguar (clave de búsqueda) y sus definiciones). El segundo consiste en armar un corpus de comparación, combinando artículos obtenidos desde wikipedia, cuyo título esté conformado por una frase compuesta por dos o más términos yuxtapuestos de la clave de búsqueda ingresada por el usuario.

Posteriormente, utilizando este corpus, se aplica por cada término de la clave de búsqueda el *Algoritmo Original Lesk* explicado anteriormente. Esto permite la ejecución del algoritmo, utilizando un corpus de comparación más extenso, lo que posibilita discernir el sentido de cada término de manera más precisa. Si no se obtienen artículos de wikipedia, se ejecuta el *Algoritmo Original Lesk* sin modificaciones.

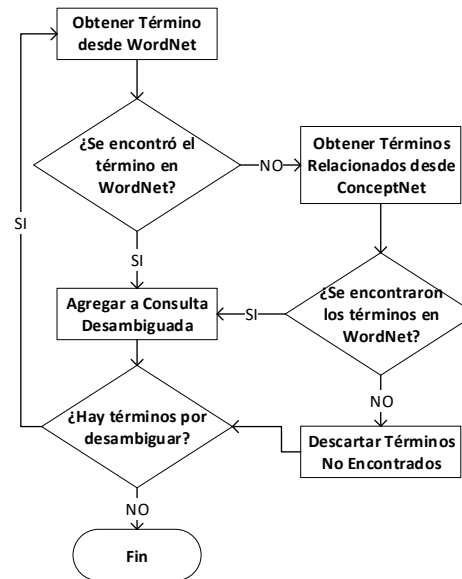


Figura 6 - Proceso de búsqueda en WORDNET y CONCEPTNET

Esta búsqueda del sentido más adecuado, se realiza sobre la base de datos léxica WORDNET [21]. Con el fin de evitar descartar términos que no se encuentren en ella, se realiza la búsqueda de las relaciones de estos términos en CONCEPTNET [27], el cual otorga una lista de términos relacionados, que al ser ubicados en la taxonomía de WORDNET son agregados a la clave de búsqueda, permitiendo de esta manera estimar más aproximadamente la relación semántica de tal termino no presente en la taxonomía. En el caso, de que no se encuentre en WORDNET los términos relacionados obtenidos a partir de CONCEPTNET, estos términos no encontrados son descartados y por lo tanto no son agregados a la clave de búsqueda final (Figura 6).

Finalmente se retorna la clave de búsqueda desambiguada al "Controlador Análisis Semántico".

3.2. Módulo de identificación y desambiguación de oraciones

En este módulo se lleva a cabo la extracción de las distintas oraciones que conforman a un documento. Esto se justifica, teniendo en cuenta a la definición de oración, que plantea que "la oración es conjunto de palabras que expresa un juicio con sentido completo y autonomía sintáctica", es decir, es la unidad mínima de texto que mantiene presente al contexto. La interacción de este módulo es presentada en la Figura 7.

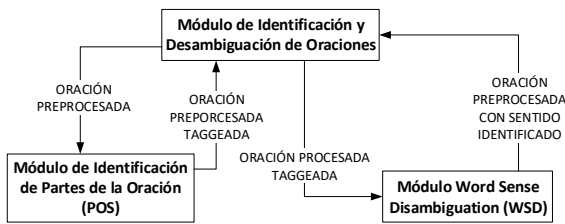


Figura 7 - Interacciones del módulo de identificación y desambiguación de oraciones

En el *Módulo de Identificación y Ponderación de Oraciones* se realiza la división del documento en las oraciones que la conforman. Posteriormente, se envían cada una de estas oraciones, al *Módulo de Identificación de Partes de la Oración*, donde para cada término se identifica el rol que cumple dentro de la oración (identificar si es sustantivo, verbo, adjetivo, etc.). Esto se lleva a cabo mediante la utilización del método *Parse* perteneciente a la librería *Pattern* [29].

Luego, cada oración es enviada al *Módulo Word Sense Disambiguation (WSD)*, donde para cada término, se determina el sentido más aproximado de acuerdo al contexto al que está enmarcado la oración a la que pertenece y también teniendo en cuenta el rol que cumple dentro de la oración. Para ello, se implementa el *Algoritmo Original Lesk* [30] explicado anteriormente.

Finalmente, se retorna al módulo *Controlador Análisis Semántico*, el conjunto de oraciones desambiguadas, pertenecientes al documento.

3.3. Módulo de análisis semántico

En este módulo se recibe un documento, segmentado en oraciones (con cada uno de sus términos desambiguados) junto a la clave de búsqueda.

Aquí se pone en ejecución la métrica basada en estructura desarrollada por "Slimani", la cual se utiliza para medir la similitud y relación semántica de las oraciones de un documento en particular con respecto a la clave de búsqueda mejorada.

Durante el proceso de determinación de la relación semántica de un documento con respecto a la clave de búsqueda, se procesa cada oración, acumulando por cada término perteneciente a la clave de búsqueda, aquellas relaciones con términos conformantes de la oración analizada, si y solo si, el puntaje de esta relación es mayor o igual al valor de 0,5. De esta manera se logra determinar la satisfacción de cada término de la clave de búsqueda por parte de cada oración (esto se ve reflejado en la Figura 8). Al procesar todas las oraciones, se obtendrá la satisfacción de cada término de la clave de búsqueda por parte del documento en su totalidad.

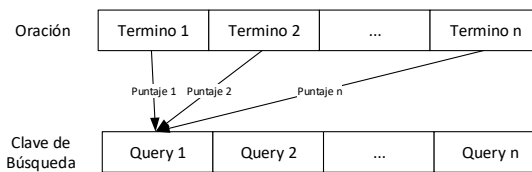


Figura 8 - Cálculo de satisfacción de términos de la clave de búsqueda por oración

Además, para cada término de la clave de búsqueda se realiza el conteo de la cantidad de términos del documento relacionados con cada uno de ellos. Esto permite obtener el puntaje de relación promedio por cada término de la clave de búsqueda.

Para determinar el puntaje de relación semántica del documento con respecto a la clave de búsqueda, se implementa la siguiente fórmula:

$$puntDocumento_x = \frac{1}{1 + e^{-[10x(puntSemántico_x - 0.5)]}} \quad (4)$$

Tratándose en este caso de una *función logística o sigmooidal*, la cual tiene la particularidad de facilitar que los valores de $puntSemántico_x$ lleguen a los extremos, posibilitando que se alcance el puntaje máximo durante la ejecución. Donde $puntSemántico_x$ representa el puntaje de relación semántica del $documento_x$ en su totalidad, considerando la satisfacción de cada término de la clave de búsqueda por parte de cada término de la oración. Esto se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$puntSemántico_x = \sum_{j=1}^m \left(\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Query_{ji}}{termRelacionados_{ji}} * Ponderación_j \right)}{n} \right) \quad (5)$$

Donde $Query_{ji}$ es la sumatoria de los puntajes de relación, de los términos del $documento_x$ relacionados al i -ésimo término de la clave de búsqueda, perteneciente al concepto j . $termRelacionados_{ji}$ es la cantidad de términos del $documento_x$ que poseen un puntaje de relación y similitud semántica con respecto a la clave de búsqueda de al menos 0,5. n es la cantidad de términos de la clave de búsqueda, pertenecientes al concepto j . m es la cantidad de conceptos existentes en la clave de búsqueda y $Ponderación_j$ es la ponderación de cada conjunto de términos de la clave de búsqueda (j -ésimo Concepto) separados por *AND*, *OR* o *NOT*. La utilización de la ponderación se fundamenta en que el orden en el que los usuarios ingresan los conceptos pertenecientes a la clave de búsqueda está relacionado a la importancia de la presencia de los mismos en los documentos que se recuperen. Esta es obtenida mediante la siguiente fórmula:

$$Ponderación_j = 1 - (j - 1) * \left(\frac{1}{m} \right) \quad (6)$$

Una vez obtenido el $puntDocumentox$, se aplica una fórmula de normalización, de manera que se obtengan las calificaciones pertenecientes a un intervalo cerrado [0;5], para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$puntNormalizado_x = puntDocumentox * 5 \quad (7)$$

Finalmente, se retorna $puntNormalizado_x$ al módulo *Controlador Análisis Semántico*.

4. Pruebas y resultados

Con el objetivo de comparar las técnicas basadas en correspondencia lexicográfica y las técnicas basadas en distancia semántica, se plantean dos escenarios pertenecientes a áreas temáticas diferentes propuestos por expertos donde cada uno de ellos realiza una búsqueda relacionada con su campo de especialidad definiendo las características derivadas de sus dominios de experticia.

Una vez definidas las claves de búsqueda se ejecutan los procesos de búsqueda, utilizando los módulos de análisis lexicográfico y semántico, donde cada uno otorga una calificación para cada documento, perteneciente a un intervalo cerrado [0; 5] (0, indica la no relevancia del documento y 5 se corresponde con la relevancia absoluta del documento). A la vez, los resultados obtenidos son calificados por los expertos de acuerdo al intervalo definido anteriormente.

Con el fin de evaluar las dos técnicas, se emplean el índice de correlación de ranking de Spearman [31], que otorga un valor perteneciente al rango [-1; 1], para indicar el grado de similitud existente entre dos rankings. En este caso se compara la correlación entre el ranking evaluado por el experto y el ranking generado por cada técnica.

Además, se comparan los aciertos y errores en la calificación otorgada por cada técnica para cada documento, con respecto a las otorgadas por el experto; clasificando como *Coincidencias* a los aciertos, *Errores Leves* a las diferencias en las calificaciones en una unidad, *Errores Moderados* a las diferencias en las calificaciones en dos unidades y *Errores graves* a las diferencias en tres o más unidades entre ambas calificaciones.

Finalmente, se realiza el conteo de las situaciones en las que el sistema otorgó una calificación superior a la del experto (sobreestimó) y las situaciones en las que el sistema otorgó una calificación inferior a la del experto (subestimó).

4.1. Prueba 1: “Digital Storytelling”

La primera prueba realizada, pertenece al ámbito de educación digital, haciendo énfasis sobre la técnica de Digital Storytelling.

La clave de búsqueda proporcionada por el experto, es la siguiente: *Storytelling AND Digital Classroom AND Art in Technology Education NOT Art Education*.

Básicamente, se busca obtener todos los documentos WEB relacionados al *Storytelling*, que estén vinculados a las aulas digitales (*Digital Classroom*) y a las artes en la enseñanza de tecnologías (*Art in Technology Education*), exceptuando los artículos que refieran a las enseñanzas del arte (*Art Education*).

En la Tabla 1, se observan los valores correspondientes al coeficiente de correlación de Spearman, para la comparación entre el ranking generado por el experto y los rankings generados por cada una de las técnicas.

Tabla 1 - Comparación de los rankings mediante el coeficiente de Spearman

Técnicas	COEFICIENTE DE SPEARMAN	
	Ranking Lexicográfico	0.180024
Ranking Semántico	0.659447779	

Se puede observar que las técnicas lexicográficas obtuvieron un valor de correlación de Spearman clasificado por [31], como una *correlación positiva débil*, lo que refleja poca coincidencia con respecto al ranking generado por el experto. En cambio, las técnicas semánticas obtuvieron un valor del coeficiente de correlación de Spearman clasificado como una *correlación positiva fuerte* [31]; es decir que los rankings generados por el experto y los generados por esta técnica, tienen un alto grado de coincidencia.

La cantidad de aciertos y errores cometidos por cada técnica, se muestran en la Tabla 2. Para el caso del análisis lexicográfico, se calificó en un 34% de manera coincidente con el criterio del experto contra un 28% obtenido por el análisis semántico. Por otra parte, los errores en la calificación se acumularon en la categoría *Errores Graves* para el caso lexicográfico mientras que para el caso semántico la mayor cantidad de ellos se acumularon en *Errores Leves*. Esto implica que el análisis semántico calificó de manera menos distante al criterio del experto, que las técnicas de análisis lexicográficas. Un aspecto a destacar aquí es que se obtuvo un porcentaje bajo de *Errores Graves* (10% de los documentos), significando que en pocas ocasiones las calificaciones obtenidas por el análisis semántico, estuvieron alejadas a las otorgadas por el experto.

La Tabla 3 muestra que en los casos en que se cometieron errores en la calificación por parte del análisis lexicográfico, el 60% de los documentos obtuvieron calificaciones inferiores a las otorgadas por el experto mientras que para el análisis semántico se trataron de sobreestimaciones, es decir, que para el 48% de los documentos, se otorgó una calificación superior a la entre-

gada por el experto, mientras que el 24% obtuvo calificaciones inferiores.

Tabla 2 - Cantidad de coincidencias y errores cometidos por ambas técnicas.

	ANÁLISIS LEXICOGRÁFICO		ANÁLISIS SEMÁNTICO	
	CANT.	%	CANT.	%
Coincidencias (diferencia 0)	17	34%	14	28%
Errores Leves (diferencia 1)	9	18%	21	42%
Errores Moderados (diferencia 2)	5	10%	10	20%
Errores Graves (diferencia 3 o más)	19	38%	5	10%
TOTAL	50	100%	50	100%

Tabla 3 - Cantidad de coincidencias, subestimaciones y sobreestimaciones producidas por ambas técnicas.

	ANÁLISIS LEXICOGRÁFICO		ANÁLISIS SEMÁNTICO	
	CANT.	%	CANT.	%
Coincidencias	17	34%	14	28%
Subestimaciones	30	60%	12	24%
Sobreestimaciones	3	6%	24	48%
TOTAL	50	100%	50	100%

4.2. Prueba 2: “Cookie Poisoning”

La segunda prueba, se corresponde al área de la seguridad informática, donde la clave de búsqueda presentada por el experto fue la siguiente: *Cookie Poisoning AND Hacking Web Applications*.

Más específicamente, la clave de búsqueda hace referencia a las distintas técnicas existentes y en desarrollo relacionadas a *cookie poisoning* utilizables en la vulneración de aplicaciones web; con el fin de tomar medidas que permitan la protección ante este tipo de ataques maliciosos. Se puede observar que esta clave es mucho menos restrictiva que la de la prueba anterior y se decidió dejarla así para evaluar situaciones de flexibilidad.

En la Tabla 4, se pueden observar que los resultados muestran que ambos Rankings obtuvieron un coeficiente de correlación que pertenece a la categoría *correlación positiva fuerte*, obteniendo en este caso, una mayor correlación con el criterio del experto, las técnicas de análisis lexicográfico.

Tabla 4 - Comparación de los rankings mediante el coeficiente de Spearman

	COEFICIENTE DE SPEARMAN	
Técnicas	Ranking Lexicográfico	0.74823529
	Ranking Semántico	0.65656663

Las coincidencias y los errores obtenidos para cada técnica, se presentan en la tabla 5. En esta prueba, el análisis lexicográfico tuvo mayor porcentaje de coincidencia con las calificaciones otorgadas por el experto (72%) comparado con el análisis semántico que obtuvo el 30% de coincidencias. En cuanto a los errores, en el caso del análisis lexicográfico la mayoría de ellos se acumularon en las categorías *Errores Leves* y *Errores Moderados* mientras que para el semántico la mayoría de los errores (46%), fueron categorizados como *Errores Leves*, lo que muestra cercanía con los criterios del experto.

A partir de los errores cometidos por ambos análisis, se resumen en la tabla 6, las cantidades de sobreestimaciones y subestimaciones producidas.

Tabla 5 - Cantidad de coincidencias y errores cometidos por ambas técnicas

	ANÁLISIS LEXICOGRÁFICO		ANÁLISIS SEMÁNTICO	
	CANT.	%	CANT.	%
Coincidencias (diferencia 0)	36	72%	15	30%
Errores Leves (diferencia 1)	6	12%	23	46%
Errores Moderados (diferencia 2)	7	14%	1	2%
Errores Graves (diferencia 3 o más)	1	2%	11	22%
TOTAL	50	100%	50	100%

Tabla 6 - Cantidad de coincidencias, subestimaciones y sobreestimaciones producidas por ambas técnicas.

	ANÁLISIS LEXICOGRÁFICO		ANÁLISIS SEMÁNTICO	
	CANT.	%	CANT.	%
Coincidencias	36	72%	15	30%
Subestimaciones	10	20%	4	8%
Sobreestimaciones	4	8%	31	62%
TOTAL	50	100%	50	100%

5. Discusión

Los resultados presentados en la sección anterior, resaltan un aspecto interesante de considerar. A partir de los errores cometidos por el sistema, se contemplaron las situaciones en las que esté sobreestima o subestima a la calificación otorgada por el experto. De esto surge la necesidad de establecer cuál situación es más deseable, considerando el efecto que cada uno de ellos tenga sobre los resultados finales obtenidos.

En el caso en que el sistema subestima a la calificación otorgada por el experto, documentos con alto grado de relevancia, son calificados como poco relevante, lo que puede provocar que queden excluidos del ranking y que el experto no pueda tener acceso a ellos. En contraposición, cuando se subestima a documentos malos, se

estaría realizando una acción concordante con el criterio del experto, lo que generaría que estos se ubiquen en posiciones bajas del ranking, o sean excluidos del mismo.

En el caso en que el sistema sobrestima a la calificación otorgada por el experto, documentos poco relevantes, obtendrán calificaciones altas, aumentando la cantidad de documentos poco relevantes en el ranking. Esto posee la ventaja de que si bien, la precisión en la obtención de documentos relevantes disminuye, debido a la cantidad de documentos no relevantes recuperados, no se estaría privando al usuario de resultados que potencialmente sean buenos, otorgándole la posibilidad tener acceso a todos ellos y descartar aquellos documentos no relevantes.

6. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se describe un modelo de determinación de relevancia de documentos WEB, que evalúa la relación semántica del contenido de los mismos con respecto a la clave de búsqueda ingresada por el usuario.

En las simulaciones realizadas se puede apreciar que las técnicas lexicográficas obtuvieron mejores resultados por la ocurrencia de los términos de la clave de búsqueda. Sin embargo, teniendo en cuenta a los errores cometidos por cada técnica, se puede observar que la consideración de términos relacionados y el contexto de la clave de búsqueda, producen que el criterio de determinación de relevancia de documentos sea cercano al criterio del experto. Esto se ve reflejado también en que los coeficientes de correlación de Spearman señalan una correlación positiva fuerte para el ranking semántico con respecto al ranking generado por el experto.

También se observa que solo contemplar la aparición de términos de la clave de búsqueda hace que las calificaciones tiendan a los extremos, es decir, si hay una alta aparición de términos de la clave en un documento, la calificación es alta. Esto se puede ver reflejado en los valores obtenidos para coeficiente de correlación de ranking de Spearman, donde en la primera prueba se obtuvo una correlación casi nula, del ranking obtenido por esta técnica con respecto al realizado por el experto.

Otro aspecto interesante es que en ambas pruebas, el análisis lexicográfico produjo mayor cantidad de subestimaciones y el análisis semántico produjo mayor cantidad de sobreestimaciones, haciendo evidente la influencia de contemplar términos relacionados a la clave de búsqueda, lo que provoca que se incremente la calificación de relevancia a documentos que tengan mayor cantidad de términos relacionados, contrario a lo que sucede si solo se contempla la aparición explícita de términos de la clave de búsqueda en los documentos.

Los resultados demuestran la factibilidad de utilizar técnicas semánticas como medio de determinación de relevancia de documentos, esto teniendo en cuenta que es

un área que se encuentra en pleno desarrollo, y que por ende tiene grandes desafíos asociados. Uno de ellos es la dificultad que representa determinar correctamente el contexto y realizar una taxonomía que contemple la mayor cantidad de relaciones semánticas y términos posibles. Por ello, estas técnicas podrían generar buenos resultados si son utilizadas como complemento a las técnicas lexicográficas, lo que permitiría ampliar el campo de exploración a la hora de determinar la relevancia.

A partir de lo expuesto, se pretende avanzar en el sentido de identificar técnicas de desambiguación de contexto más precisas, por lo que se están explorando alternativas como: las técnicas de desambiguación del sentido de la palabra basados en modelado de tópicos [32], técnicas de desambiguación del sentido de la palabra basado en el cálculo de la similitud de palabras utilizando representación de las palabras en vectores, a partir de gráficos basados en conocimientos [33], entre otras.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del Proyecto “Modelo de Análisis de Información Desestructurada Utilizando Técnicas de Recopilación y Minería Web”, código A07002, desarrollado en la Universidad Gastón Dachary – Posadas, Misiones, Argentina.

Referencias

- [1] Baeza-Yates, R. and Ribeiro-Neto, B., *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search.*, 2ed edition. Addison-Wesley Educational Publishers Inc, 2011.
- [2] Madankar, M., Chandak, M., and Chavhan, N., “Information Retrieval System and Machine Translation: A Review. *Procedia Computer Science*,” vol. 78, pp. 845–850, 2016.
- [3] Ren, F. and Bracewell, D. B., “Advanced Information Retrieval. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*,” vol. 225, pp. 303–317, 2009.
- [4] Al-Jarrah, O., Muhaidat, S., Karagiannidis, G. K., and Taha, K., “Efficient Machine Learning for Big Data: A Review. *Big Data Research*,” *ELSEVIER*, vol. 2, pp. 87–93, 2015.
- [5] Mueller, E. T., “Commonsense Reasoning Using Unstructured Information. In *Commonsense Reasoning*,” *ELSEVIER*, pp. 315–335, 2015.
- [6] Portugal, I., Alencar, P., and Cowan, D., “The use of machine learning algorithms in recommender systems: A systematic review. *Expert Systems with Applications*,” *ELSEVIER*, vol. 97, pp. 205–227, 2018.
- [7] Bozkir, A. S. and Akcapinar Sezer, E., “Layout-based computation of web page similarity ranks.

- International Journal of Human Computer Studies,” *ELSEVIER*, vol. 110, pp. 95–114, 2018.
- [8] Yan, E. and Ding, Y., “Discovering author impact: A PageRank perspective. Information Processing & Management,” *ELSEVIER*, vol. 47, pp. 125–134, 2011.
- [9] Zareh Bidoki, A. M. and Yazdani, N., “Distance-Rank: An intelligent ranking algorithm for web pages. Information Processing & Management,” *ELSEVIER*, vol. 44, pp. 877–892, 2008.
- [10] Ferreira, R., Lins, R. D., Simske, S. J., Freitas, F., and Riss, M., “Assessing sentence similarity through lexical, syntactic and semantic analysis,” vol. 39, pp. 1–28, 2016.
- [11] Augier, M., Shariq, S., and Thanning Vendelo, M., “Understanding context: its emergence, transformation and role in tacit knowledge sharing. Journal of Knowledge Management,” *MCB UP Ltd*, vol. 5, pp. 125–137, 2001.
- [12] Benedetti, F., Beneventano, D., Bergamas, S., and Simonini, G., “Computing interdocument similarity with Context Semantic Analysis,” *ELSEVIER*, 2018.
- [13] Hsu, P.-L., Hsieh, H. S., Liang, J. H., and Chen, Y. S., “Mining various semantic relationships from unstructured user-generated web data. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web,” vol. 31, pp. 27–38, 2015.
- [14] Oliva, J., Serrano, J., del Castillo, M. D., and Iglesias, Á., “A syntax-based measure for short-text semantic similarity. Data & Knowledge Engineering,” *ELSEVIER*, vol. 70, pp. 390–405, 2011.
- [15] Montiel, R., Lezcano Airaldi, L., Favret, F., and Eckert, K., “Web Information Retrieval System for Technological Forecasting,” *Journal of Computer Science & Technology. UNLP*, vol. 17, pp. 49–58, 2017.
- [16] Eckert, K., Favret, F., BARBOZA, M., WITZKI, A., and ALVARENGA, V., “Modelos de análisis de información para la toma de decisiones estratégicas del sector tealero,” *WICC*, pp. 117–121, 2016.
- [17] W. Phillips, “Introduction to Natural Language Processing - The Mind Project,” *Introduction to Natural Language Processing*. [Online]. Available: http://www.mind.ilstu.edu/curriculum/protthinker/natural_language_processing.php. [Accessed: 23-Aug-2018].
- [18] A. Budanitsky and G. Hirst, “Evaluating WordNet-based Measures of Lexical Semantic Relatedness,” *Comput Linguist*, vol. 32, no. 1, pp. 13–47, 2006.
- [19] Resnik, P., “Using Information Content to Evaluate Semantic Similarity in a Taxonomy,” *IJCAI-95*, vol. 1, p. 448, 1995.
- [20] J. Gracia and E. Mena, “Web-Based Measure of Semantic Relatedness,” *SPRINGER-VERLAG*, vol. 5175, pp. 136–150, 2008.
- [21] “WordNet | A Lexical Database for English.” [Online]. Available: <https://wordnet.princeton.edu/>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [22] G. A. Miller, R. Beckwith, C. Fellbaum, D. Gross, and K. J. Miller, “Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database*,” *Int. J. Lexicogr.*, vol. 3, no. 4, pp. 235–244, 1990.
- [23] G. A. Miller, “WordNet: A Lexical Database for English,” *Commun. Acn*, vol. 38, pp. 39–41, 1995.
- [24] WU, Z. and Palmer, M., “Verbs semantics and lexical selection,” pp. 133–138, 1994.
- [25] Slimani, T., “Description and Evaluation of Semantic Similarity Measures Approaches,” *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 80, no. 10, pp. 25–33, 2013.
- [26] Slimani, T., Yaghlane, B., and Mellouli, K., “A New Similarity Measure based on Edge Counting,” *IJWesT*, vol. 3, no. 4, 2012.
- [27] “ConceptNet.” [Online]. Available: <http://conceptnet.io/>. [Accessed: 10-Sep-2018].
- [28] H. Liu and P. Singh, “ConceptNet — A Practical Commonsense Reasoning Tool-Kit,” *BT Technol. J.*, vol. 22, no. 4, pp. 211–226, Oct. 2004.
- [29] “Pattern | CLiPS,” 26-Nov-2010. [Online]. Available: <http://www.clips.ua.ac.be/pattern>. [Accessed: 09-Sep-2018].
- [30] M. Lesk, “Automatic Sense Disambiguation Using Machine Readable Dictionaries: How to Tell a Pine Cone from an Ice Cream Cone,” in *Proceedings of the 5th Annual International Conference on Systems Documentation*, New York, NY, USA, 1986, pp. 24–26.
- [31] “Comparing Variables of Ordinal or Dichotomous Scales: Spearman Rank-Order, Point-Biserial, and Biserial Correlations,” in *Nonparametric Statistics for Non-Statisticians*, Wiley-Blackwell, 2011, pp. 122–154.
- [32] D. S. Chaplot and R. Salakhutdinov, “Knowledge-based Word Sense Disambiguation using Topic Models,” *ArXiv180101900 Cs*, Jan. 2018.
- [33] Dongsuk, S. Kwon, K. Kim, and Y. Ko, “Word Sense Disambiguation Based on Word Similarity Calculation Using Word Vector Representation from a Knowledge-based Graph,” 2018.

Facilitando el Análisis Formal de Código Java Especificado con UML+OCL

Carolina Actis
Facultad de Informática,
Universidad Nacional de La
Plata Buenos Aires,
Argentina

Claudia Pons
Facultad de Informática, UNLP
Universidad Abierta
Interamericana, UAI
Comisión de Investigaciones
Científicas CIC, Buenos Aires,
Argentina
cpons@info.unlp.edu.ar

Gabriel Baum
Facultad de Informática,
Universidad Nacional de La
Plata Buenos Aires,
Argentina
gbaum@info.unlp.edu.ar

Resumen

El lenguaje UML es ampliamente aceptado como el lenguaje estándar de modelado en la industria. El lenguaje OCL es una parte integral de UML, y fue introducido para definir restricciones adicionales que no se pueden expresar en este. Las expresiones OCL son concisas y precisas, y no presentan las ambigüedades del lenguaje natural. Sin embargo, al ser una notación de diseño, OCL no es ejecutable; está definido sobre el modelo, por lo que sus restricciones no se reflejan en el código fuente. Por otro lado, JML es un lenguaje de especificación formal que puede ser utilizado para especificar clases Java. A diferencia de OCL, las expresiones JML están escritas de forma que pueden ser compiladas y analizadas en tiempo de ejecución. En este trabajo se propone transformar de forma automática las restricciones OCL a especificaciones escritas en el lenguaje JML. De esta forma las restricciones especificadas en el modelo son verificadas de manera ágil y simple en tiempo de ejecución, y también se habilita el análisis estático de éstas mediante el uso de probadores de teoremas implementados para JML.

1. Introducción

El Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (denominado MDD por su acrónimo en inglés, Model Driven Development) [1,2] ha ido ganando territorio en el ámbito informático, como una nueva área dentro del campo de la ingeniería de software. En MDD, los modelos tienen un papel principal y activo en el proceso de desarrollo de software, logrando la independencia del software y la portabilidad de los sistemas, y separando el diseño de la arquitectura. A través de una

serie de transformaciones, estos modelos pueden ser traducidos a código fuente, dependiente de una plataforma específica. Como consecuencia, se mejora la productividad del sistema, se aumenta su calidad, y se facilita su comprensión, evolución, mantenimiento y reuso/reimplementación en otras tecnologías.

MDA (por Model Driven Architecture, Arquitectura Dirigida por Modelos) [3], es una implementación de MDD propuesta por la OMG [4]. MDA recomienda el uso inicial de un Modelo Independiente de la Plataforma (PIM, Platform Independent Model), para ser refinado en uno o más Modelos Específicos de la Plataforma (PSM, Platform Specific Model), que son sus especializaciones, teniendo en cuenta las características de la tecnología particular adoptada. El PSM será adaptado o completamente reemplazado de acuerdo con los cambios frecuentes en la tecnología.

En el contexto del MDD, el lenguaje UML [5] ha sido ampliamente aceptado como el lenguaje estándar de modelado en la industria. Los elementos gráficos de UML son limitados en cuanto a la capacidad de expresión semántica de sus modelos. Adicionalmente, OCL [6] es un lenguaje de especificación formal basado en texto, que funciona como extensión de UML. OCL permite añadirle a UML restricciones o comportamiento que no pueden ser definidos de forma gráfica. Las expresiones OCL son concisas y precisas, y no presentan las ambigüedades del lenguaje natural. Sin embargo, al ser una notación de diseño, OCL no es ejecutable. OCL está definido sobre el modelo, por lo que sus restricciones no se reflejan en el código fuente.

Por otra parte, JML (Java Modeling Language) [7] es un lenguaje de especificación formal que puede ser utilizado para especificar clases e interfaces Java. JML proporciona el concepto de diseño por contrato [8] al lenguaje Java. Las especificaciones JML pueden ser

agregadas al código fuente mediante anotaciones, o agregarse en un archivo separado. En JML se especifica el comportamiento de una clase mediante el uso de, entre otros, invariantes de clase y pre y pos condiciones para sus métodos. Las expresiones están escritas de forma que puedan ser compiladas y e en tiempo de ejecución.

En este trabajo se propone transformar las restricciones OCL a código fuente, específicamente, al lenguaje JML. De esta forma es posible verificar las restricciones en tiempo de ejecución, y hacer un análisis estático de éstas mediante el uso de probadores de teoremas implementados para JML.

Este artículo se organiza de la siguiente forma; En la sección 2 se presentan los lenguajes OCL y JML y se describen sus objetivos y características claves. En la sección 3 se describen las diferentes herramientas utilizadas en el desarrollo de este proyecto. En la sección 4 se realiza una comparación entre los lenguajes OCL y JML, y se describe en detalle la función de traducción realizada. En la sección 5, se describen en detalle los módulos que componen la herramienta desarrollada. En la sección 6 Se muestra un caso de estudio, donde se aplica la herramienta para verificar una modelo UM+OCL, implementado en Java. En la sección 7 se presentan diversos trabajos relacionados con nuestra propuesta y se destacan los aportes originales de la misma. Finalmente, en la sección 8 se presentan las conclusiones finales, y se mencionan trabajos futuros que podrían realizarse a partir del presente trabajo.

2. Los lenguajes OCL y JML

El lenguaje OCL

La desventaja de los lenguajes formales tradicionales es que son difíciles de usar para personas que no tengan fuertes conocimientos matemáticos. OCL (Object Constraint Language, lenguaje de restricciones de objetos) [6] fue desarrollado como alternativa a estos. Es un lenguaje formal más fácil de leer y escribir; por su naturaleza orientada a objetos, resulta fácil de entender para personas con conocimientos del paradigma.

OCL es utilizado para describir expresiones en modelos UML. Típicamente estas expresiones especifican condiciones invariantes que deben valer para el sistema a modelar, o consultas sobre los objetos descritos en un modelo.

OCL es puramente un lenguaje de especificación. Por lo tanto, las expresiones OCL no tienen efectos laterales, pero puede usarse para especificar operaciones que, al ser ejecutadas, sí alteran el estado del sistema. Cuando se modela en UML se puede usar OCL para especificar

restricciones específicas de la aplicación en sus modelos y para especificar operaciones del modelo UML, que son independientes del lenguaje de programación.

OCL no es un lenguaje de programación, por lo que no es posible utilizarlo para escribir lógica de programación o flujo de control. Esto se debe a que OCL es un lenguaje de modelado, por lo que sus expresiones no son ejecutables directamente.

Algunos de los usos de OCL son los siguientes: Como lenguaje de consultas, Especificar invariantes en clases y tipos de un modelo de clases, Especificar invariantes de tipo para Estereotipos, Describir pre y post condiciones en Operaciones y Métodos, Describir Guardias, Especificar destinos para mensajes y acciones, Especificar restricciones en operaciones, Especificar reglas de derivación de atributos para cualquier expresión de un modelo UML.

El lenguaje JML

JML [7] es una notación para la especificación formal de clases y métodos Java [9]. JML nos permite especificar tanto la interfaz sintáctica del código Java (nombres, visibilidad, chequeo de tipos), como su comportamiento. JML le agrega el concepto de Design-by-Contract (DBC, Diseño-por-Contrato) [8] a Java. DBC es un método para el desarrollo de software, cuya idea principal es que una clase y sus clientes tienen un “contrato” entre ellos. El cliente debe cumplir ciertas condiciones antes de llamar a un método, y la clase garantiza que ciertas propiedades se mantendrán luego de la invocación de este. Los contratos están escritos en el lenguaje en sí, y son compilados a código ejecutable. Entonces, se pueden detectar las violaciones a estos inmediatamente. JML implementa DBC mediante cláusulas para precondiciones y pos condiciones de métodos, e invariantes de clases.

Las especificaciones JML se pueden agregar directamente al código Java, utilizando comentarios especiales llamadas *anotaciones*. De esta forma se puede especificar el comportamiento de los métodos de manera independiente de su implementación. JML sirve además como documentación formal del código, ya que no sólo especifica el comportamiento del programa, sino que además se puede comprobar de forma automática.

Una de las ventajas de JML es que, al usar notación Java en su especificación, es más fácil de aprender para los programadores que, por ejemplo, lenguajes formales que usen términos matemáticos. Como Java no tiene la expresividad necesaria para un lenguaje de especificación, JML extiende las expresiones Java con construcciones específicas, como por ejemplo cuantificadores.

JML está diseñado para soportar análisis estático, verificación formal (como la herramienta LOOP [10]),

chequeo en tiempo de ejecución [11], pruebas de unidad [12], y documentación (mediante la herramienta jml doc). En [13] puede leerse una recopilación de herramientas para JML.

3. Herramientas utilizadas

En esta sección se provee una introducción a las herramientas utilizadas para el desarrollo del presente trabajo.

Eclipse Modeling Framework (EMF)

El proyecto EMF [14] es un framework para modelado y generación de código, que brinda soporte para el desarrollo de herramientas y otras aplicaciones a partir de modelos de datos estructurados. Consiste en un conjunto de plug-ins de Eclipse que pueden usarse para crear un modelo de datos y generar código u otro tipo de salida basada en ese modelo. EMF le permite al desarrollador crear un metamodelo mediante diferentes formas, por ejemplo, XMI, anotaciones Java, UML, etc. Dada una especificación de un modelo, EMF proporciona herramientas y soporte en tiempo de ejecución para producir un conjunto de clases Java para el modelo, junto con clases adaptadoras que permitan visualizarlo y editarlo. En EMF los modelos se especifican usando un meta-modelo llamado Ecore. Ecore es una implementación de eMOF (Essential MOF) [15]. Ecore en sí es un modelo EMF y su propio metamodelo. Todas sus metaclasses mantienen el nombre del elemento que implementan y agregan como prefijo la letra "E", indicando que pertenecen al metamodelo Ecore. Por ejemplo, la metaclass EClass implementa a la metaclass Class de MOF.

El Lenguaje ATL

ATL (ATL Transformation Language) [16] es en un lenguaje de transformación de modelos y un toolkit, creado por el grupo de investigación ATLAS INRIA & LINA. En el ámbito del MDD, ATL nos provee de formas de generar un conjunto de modelos destino a partir de un conjunto de modelos origen.

Acceleo

Acceleo [17] es un proyecto de código abierto que consiste en un generador de código que implementa el estándar MOF Model to Text Language (MTL) [18]. Está basado en EMF, por lo que nos permite usar modelos creados con cualquier tipo de herramienta de EMF como entrada para la generación. El código generado puede ser cualquier tipo de texto. Luego de crear un generador Acceleo, este se puede usar fácilmente como plugin Eclipse, o también puede ser invocado desde código Java.

Plugin OCL

Eclipse OCL es una implementación de la especificación OMG OCL 2.4 [19] para uso con Ecore y metamodelos UML. La funcionalidad principal de OCL que soporta expresiones sobre modelos se llama Essential OCL. Complete OCL nos permite definir en un documento separado invariantes y otras características que complementan un metamodelo existente. Por otro lado OCLinEcore nos permite embeber OCL en las anotaciones de un modelo Ecore para enriquecerlo. También se incluye el lenguaje OCLstdlib para la definición de bibliotecas estándares OCL.

OpenJML

OpenJML [20] es un conjunto de herramientas para JML, construido sobre el framework OpenJDK para Java. Su objetivo principal es implementar una herramienta completa para JML que sea simple de usar para especificar y verificar programas Java. Permite realizar: análisis sintáctico y chequeo de programas Java+JML, chequeo estático de anotaciones JML utilizando solvers SMT externos, y chequeo en tiempo de ejecución, utilizando una extensión del compilador Java de OpenJDK. Para realizar la verificación estática de JML, OpenJML hace uso de probadores SMT. En general, OpenJML puede usar cualquier solver que cumpla con el estándar SMT-LIB versión 2.0 [21]. OpenJML fue probado con Z3 [22], CVC4 [23] y Yices [24].

4. Traducción de OCL a JML

En esta sección se realiza una comparación de OCL y JML, y se explica detalladamente cómo es la función de traducción de un lenguaje a otro.

Tanto OCL como JML están basados en Design-by-Contract y permiten describir propiedades de clases y métodos. Ambos lenguajes cuentan con el concepto de invariante y pre y pos condiciones, por lo que la traducción es directa; cada restricción OCL se traduce a una expresión JML. Aun así, no todas las expresiones OCL pueden expresarse en JML. Asimismo OCL no cuenta con todas las funcionalidades de JML, por lo que hay elementos de este lenguaje que no serán aprovechados en la traducción.

En este trabajo se optó por seguir para la traducción el enfoque definido en [25], en particular su estrategia para traducir las colecciones. Dicho enfoque fue mejorado haciéndolo más expresivo y eficiente.

Invariantes, precondiciones y pos condiciones

Los invariantes, precondiciones y pos condiciones OCL se traducen directamente a invariantes,

precondiciones y pos condiciones JML, asociadas a sus respectivas clases y métodos.

Tipos simples

Los tipos simples se traducen directamente.

Operadores y expresiones

Los operadores matemáticos y lógicos de OCL se traducen casi directamente. En la Tabla 1 se muestra la traducción de las operaciones lógicas y de igualdad. Las operaciones de números y Strings se tradujeron a sus operaciones Java equivalentes de forma directa.

Pseudovariables y operaciones predefinidas

Las pseudovariables y las operaciones predefinidas se traducen casi directamente, como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 1: TRADUCCIÓN DE OPERACIONES BÁSICAS

OCL	JML
not e	!e
e1 and e2	e1 && e2
e1 or e2	e1 e2
e1 xor e2	e1 ^ e2
e1 implies e2	e1 ==> e2
e1 = e2	e1 == e2 (tipos primitivos) e1.equals(e2) (objetos)
e1 <> e2	e1 != e2 (tipos primitivos) !e1.equals(e2) (objetos)
if e0 then e1 else e2 endif	(e0? e1 : e2)

TABLA 2: TRADUCCIÓN DE PSEUDOVARIABLES Y OPERACIONES PREDEFINIDAS

OCL	JML
self	this
result	\result
variable@pre	\old(variable)
exp.oclIsNew()	\fresh(exp)
exp.oclIsUndefined()	exp == null
exp.oclIsTypeOf(t)	\typeof(exp) == \type(t)
exp.oclIsKindOf(t)	\typeof(exp) <: \type(t)
exp.oclAsType(t)	(t) exp

Colecciones

Aunque OCL sólo cuenta con cuatro colecciones, en el código final de Java se puede usar una variedad de colecciones con distinto vocabulario para sus operaciones. Si se hacen especificaciones JML directamente sobre las colecciones del programa Java, ante un cambio de representación (por ejemplo, de set a array) las especificaciones podrían quedar desactualizadas. En [26] se propone usar los tipos *modelo* definidos por JML para representar varios tipos de colecciones implementadas como clases Java. El problema es que la organización, estructura y vocabularios de estas colecciones es distinta a la de

OCL, y la expresión JML resultante de la traducción puede ser muy distinta sintácticamente de la expresión OCL original. Por esta razón en [25] se propone el desarrollo de una biblioteca que implemente las colecciones OCL en Java; en este trabajo se optó por seguir ese enfoque.

Las colecciones OCL y sus métodos entonces se traducen directamente a sus respectivas clases Java y métodos del mismo nombre. Al usar en la traducción el mismo vocabulario que en las restricciones OCL se mantiene una clara relación con la especificación original. Para que la especificación sea independiente de la elección de colección en Java, se utilizan campos modelo que las representan. En la Tabla 3 se muestra el mapeo de las clases OCL a las clases Java desarrolladas.

TABLA 3: TRADUCCIÓN DE LAS COLECCIONES

OCL	Java + JML
Set	OCLSet
Bag	OCLBag
OrderedSet	OCLOrderedSet
Sequence	OCLSequence

Para explicar el método se verá un ejemplo. Supongamos que tenemos un modelo con una clase *Materia*, que cuenta con un conjunto de alumnos. Dado el siguiente código OCL:

```
context Materia inv: alumnos->size() > 0
```

Se genera como resultado el código de la Figura 1. En este caso se eligió como representación de la colección concreta un objeto de tipo *LinkedHashSet* de alumnos. Las especificaciones JML no se aplican a esa colección, sino a una abstracción de esta, representada por una de las clases de la biblioteca desarrollada, *OCLOrderedSet*. Las clases de la biblioteca implementan métodos estáticos para crear objetos de su tipo a partir de cualquier colección. Este método se utiliza entonces en la cláusula *represents* para definir la relación entre la colección de la especificación y la colección concreta. Como podemos ver, el invariante no se aplica a *alumnos* sino a *alumnos_spec*. De esta forma, si cambiara la representación de *alumnos*, las especificaciones JML seguirían siendo las mismas.

```
public class Materia
{
    protected /*@ spec_public*/
    LinkedHashSet<Alumno> alumnos; /*@
    protected spec_public model
    OCLOrderedSet<Alumno> alumnos_specs;
    represents alumnos_specs =
    OCLOrderedSet.convertFrom(alumnos);
    public invariant (this.alumnos_specs.size() >
    0); /*
}
```

Figura 1: Ejemplo de especificaciones JML con colecciones

Operadores de colección: OCL cuenta con operaciones para las colecciones que utilizan iteradores. Operaciones como *select* y *collect* se implementan en la biblioteca mediante el uso de expresiones Lambda [27]. Las expresiones Lambda tienen como tipo una interfaz funcional, es decir, una interfaz con un solo método. La biblioteca desarrollada incluye interfaces funcionales para permitir el uso de expresiones Lambda como parámetros de los métodos de las colecciones. Por ejemplo, en el contexto de las materias y alumnos, si en OCL se tiene la expresión siguiente:

```
alumnos->collect(a | a.nombre)
En JML, la expresión resultante sería:
this.alumnos_specs.collect((a) ->
a.nombre)
```

Atributos y operaciones definidos

Como estos sólo se usan como ayuda para la especificación se eligió traducir los atributos definidos a campos fantasma, y las operaciones a métodos modelo. De esta manera se pueden usar en la especificación JML sin modificar el código Java.

Expresión de cuerpo de operación

En cuanto a la traducción las expresiones *body*, para que la especificación JML sea independiente de la implementación, se optó por traducirlas como pos condiciones sobre el resultado del método. Por ejemplo, dada una clase *Materia* con una operación *cantidadAlumnas*, la siguiente restricción OCL:

```
context Materia::cantidadAlumnas () : Integer
body : alumnos->select(a |
a.sexo = Sexo::Femenino )->size()
```

Se traduce de la siguiente manera:

```
/*@
ensures \result ==
this.alumnos_specs.select((a) ->
a.sexo.equals(Sexo.Femenino)).size();*/
public int cantidadAlumnas ();
```

De esta forma se especifica el resultado del método sin modificar su implementación.

Valores iniciales y atributos derivados

Los valores iniciales de OCL se traducen a una cláusula *initially* que iguala el campo a su valor especificado. Por ejemplo, siguiendo con el modelo de los alumnos, para especificar que un alumno inicialmente no está suspendido, se escribe la siguiente expresión:

```
context Alumno::suspendido : Boolean
init :false
```

La cual se traduce a la siguiente expresión JML:

```
/*@ public initially suspendido == false;
```

A los atributos derivados se eligió traducirlos como invariantes. Si un atributo es derivado, entonces su valor siempre va a cumplir con una restricción. Por lo tanto, en términos de especificación, es equivalente implementarlos como atributos con un invariante que restrinja sus valores.

Expresiones let

Para traducir las expresiones *let* se optó por definir por cada variable de la expresión un campo fantasma, cada una con el nombre y valor inicial de la variable equivalente. Luego cada referencia a esa variable es traducida a una referencia al campo. Por ejemplo, dada la siguiente expresión OCL que utiliza una expresión *let*:

```
context Alumno
inv : let cantMateriasAprobadas : Integer =
materiasAprobadas->size() in
if esIngresante() then
cantMateriasAprobadas = 0
else cantMateriasAprobadas > 0 endif
```

Esta se traduce de la siguiente manera:

```
protected ghost Integer cantMateriasAprobadas =
this.materiasAprobadas_specs.size();
public invariant ((this.esIngresante() ?
(cantMateriasAprobadas == 0) :
(cantMateriasAprobadas > 0)));
```

5. La Herramienta desarrollada

En esta sección se describe la implementación de la herramienta desarrollada y los módulos que la componen.

Diseño

La herramienta diseñada consiste en un plugin Eclipse compuesto por dos módulos: Uno que realiza la transformación modelo a modelo (M2M), y otro que realiza la transformación modelo a texto (M2T). El funcionamiento general entonces es el siguiente:

El metamodelo OCL utilizado como entrada para la primera transformación es el metamodelo Pivot. La instancia del metamodelo Pivot se obtiene a partir de un archivo Complete OCL y su modelo Ecore correspondiente, utilizando la función el plugin OCL para generar la sintaxis abstracta de estos. El metamodelo JML, utilizado como salida, fue desarrollado para este trabajo. La herramienta genera a partir de la instancia del metamodelo Pivot, una instancia de este metamodelo JML.

Luego de la transformación M2M, se transforma la instancia del metamodelo JML en texto, consiguiendo

así archivos .java con el código de las clases Java, y archivos .jml con las especificaciones obtenidas a partir del código OCL. Estos archivos están listos para ser analizados y ejecutados por la herramienta OpenJML.

Metamodelo JML

Para lograr efectivamente la transformación modelo a modelo, se desarrolló un metamodelo para el lenguaje JML. Está basado en el metamodelo Java de MoDisco, que se encuentra implementado en `org.eclipse.gmt.modisco.java`. En [28] se describen algunas de las meta-clases de este metamodelo. MoDisco cuenta también con un descubridor que permite dado un código Java generar una instancia del metamodelo. El metamodelo JML desarrollado mantiene las meta-clases principales del metamodelo Java, y le agrega meta-clases específicas de JML. La elección de las clases y sus relaciones no fue arbitraria, sino que se basa en las clases del analizador sintáctico (parser) de OpenJML y en la gramática del lenguaje, definida en BNF en [29]. Además, se le agregaron meta-clases para el uso de expresiones Lambda, que serán utilizadas en la traducción.

Biblioteca de colecciones OCL

Como fue mencionado antes, para la traducción de colecciones se optó por utilizar una biblioteca Java que implemente las clases de las colecciones de OCL. Las clases están basadas en la propuesta de [25]. En [30] se implementó una biblioteca Java siguiendo ese enfoque. Para este trabajo se tomó esa biblioteca y se la refactorizó y se le agregó funcionalidad. Algunos de los cambios que se hicieron son los siguientes: Se hizo que las clases de colecciones implementen la interfaz `Iterable`, para facilitar el manejo de estas; Se agregaron métodos nuevos equivalentes a los de las colecciones OCL que no estaban implementados; Se implementaron métodos estáticos para la creación de objetos del tipo de las colecciones dada una colección o arreglo como parámetro, etc.

Para implementar los métodos que reciben expresiones como parámetros se utilizan interfaces funcionales. Al definir el parámetro de un método como interfaz funcional, este se puede invocar usando expresiones lambda como argumento. Las expresiones lambda son semánticamente equivalentes a la creación de clases anónimas que implementen interfaces funcionales. Se eligió utilizarlas por su practicidad y mayor legibilidad.

Traducción del modelo OCL al modelo JML

Para la traducción de un modelo a otro se utilizó el lenguaje ATL. Se utilizó un solo módulo, que será descrito a continuación, junto con las reglas esenciales para la traducción.

En la Figura 2 se muestra el encabezado del módulo. En los comentarios se definen las rutas de los metamodelos utilizados y cómo referirse a ellos en el código. En la sección `create` se indican los modelos de entrada y salida, y en qué metamodelos se basan. El modelo de salida es único; es una instancia del metamodelo desarrollado, e incluye las representaciones de tanto los archivos .java con las clases como los archivos .jml con su especificación.

La herramienta desarrollada utiliza como entrada archivos .oclas, es decir archivos de sintaxis abstracta de OCL. Estos son instancias del metamodelo unificado Pivot. Si se tiene instalado el plugin OCL en Eclipse, al hacer clic derecho en un archivo con extensión .ocl, en la sección **OCL** se presenta la opción **Save Abstract Syntax**, que nos permite crear un archivo .ocl.oclas con su sintaxis abstracta. Aunque se genera un archivo solo, representado en el encabezado por la palabra **IN**, este hace referencia a clases de 3 otros modelos que instancian el metamodelo Pivot: -La biblioteca estándar OCL, denominada en el código como **LIB**. Define los tipos y sus operaciones. - El modelo de las clases y tipos de datos de Ecore, llamada **ECO** en el código. -La instancia del modelo Ecore, representada en el código ATL por el nombre **MOD**.

```
1 -- @path JML=/MetamodeloJML/src/JML.ecore
2 -- @nsURI OCL=http://www.eclipse.org/ocl/2015/Pivot
3
4 module ocl2jml;
5 create OUT : JML from IN : OCL, LIB : OCL, ECO: OCL, MOD : OCL
```

Figura 2: Encabezado del archivo de traducción ATL

En la Figura 3 se muestra parte del código del módulo ATL que crea el objeto `Model` del modelo JML a partir del objeto `Model` del modelo OCL. La clase `Model` del modelo JML contiene referencias a los paquetes (`ownedElements`), las unidades de compilación, es decir, los archivos con las clases (.java) y especificaciones (.jml), y los tipos de datos básicos, como tipos primitivos, arreglos, etc.

En esta regla se generan también las clases de la librería de colecciones, clases básicas Java como `String` y los paquetes que las contienen.

```

106=rule Model2Model {
107   from
108     mi : OCL!Model in IN
109   to
110     mo : JML!Model (
111       name <- mi.name,
112       ownedElements <- mi.ownedPackages->reject(p | p.name = '$$'),
113       ownedElements <- oclcollections,
114       ownedElements <- java,
115       compilationUnits <- OCL!Class.allInstancesFrom('IN')->select(c | c.oclIsTypeOf(OCL!Class))
116         ->collect (c | thisModule.Class2JMLCU(c)),
117       compilationUnits <- OCL!Class.allInstancesFrom('MOD')->select(c | c.oclIsTypeOf(OCL!Class))
118         -> collect (c | thisModule.Class2JavaCU(c)),
119       compilationUnits <- OCL!Enumeration.allInstancesFrom('MOD')
120         ->collect(c | thisModule.Class2EnumCU(c)),
121       orphanTypes <- OCL!DataType.allInstancesFrom('IN'),
122       orphanTypes <- object
123     ),
124     oclcollections : JML!Package (
125       name <- 'ocl2jml'
126     ),

```

Figura 3: Fragmento del código del módulo principal de la transformación

```

453=rule Class2SpecClass {
454   from
455     ci : OCL!Class in IN (ci.oclIsTypeOf(OCL!Class))
456   to
457     co : JML!ClassDeclaration (
458       name <- ci.name,
459       modifier <- m,
460       bodyDeclarations <- ci.modelClass().ownedProperties->
461         select (p | not p.isImplicit)->collect (c | thisModule.Property2JMLField(c)),
462       typeSpecs <- ts,
463       package <- ci.owningPackage
464     ),
465     m : JML!Modifier (
466       visibility <- #public,
467       inheritance <- if ci.modelClass().isAbstract then #"abstract" else #"none" endif
468     ),
469     ts : JML!JMLTypeSpecs (
470       typeClauses <- ci.ownedInvariants->collect ( i | if (i.isDerived()) then
471         thisModule.Derived2Invariant(i) else thisModule.Invariant2Invariant(i) endif),
472       typeClauses <- ci.modelClass().ownedProperties->
473         select (p | p.type.isParamType() and not p.isImplicit)->collect (p | thisModule.Collecti
474     )
475 }

```

Figura 4: Código de la transformación de clase OCL a clase con especificaciones JML

```

698=rule Operation2SpecMethod {
699   from
700     o : OCL!Operation in IN (not o.isDefOperation() and o.bodyExpression.oclIsUndefined())
701   to
702     me : JML!MethodDeclaration (
703       abstractTypeDeclaration <- o.owningClass,
704       name <- o.name,
705       modifier <- m,
706       returnType <- ta,
707       parameters <- o.ownedParameters->collect (p | thisModule.Parameter2VariableDecl(p)),
708       methodSpecs <- ms
709     ),
710     m : JML!Modifier (
711       visibility <- #public
712     ),
713     ta : JML!TypeAccess (
714       type <- if o.type.isParamType() then thisModule.ParamType2ParamType(o.type) else o.type endif
715     ),
716     ms : JML!JMLMethodSpecs (

```

Figura 5: Código de la transformación de una operación a un método con especificaciones JML

La regla de transformación de una clase del modelo OCL a una clase con su especificación JML se muestran en la Figura 4. Esta regla especifica que, dada una clase del metamodelo OCL, se crea una declaración de clase Java, un modificador para esta, y una especificación de tipos. Las cláusulas de tipo se generan a partir de los invariantes, y además se crean cláusulas *represents* por cada atributo que sea una colección.

Para los invariantes hay dos posibilidades: O son invariantes normales de OCL, o son atributos derivados. En el metamodelo Pivot los atributos derivados se representan como invariantes. Como no hay forma de diferenciarlos en el modelo, la herramienta toma invariantes llamados con el nombre de un atributo como atributos derivados. Esto es evaluado por la función helper *isDerived()* en la línea 470.

En la Figura 5 se muestra la regla de transformación de una operación OCL a un método con especificaciones JML. Se crea un solo caso de especificación, ya que OCL no soporta comportamiento normal y excepcional. Las pre y pos condiciones se generan directamente a partir de las de la operación OCL. Esta regla tiene como condición que la operación no sea definida en OCL, y que no tenga un cuerpo, ya que en esos casos la traducción se realiza de forma distinta. En caso de ser una operación definida, se crea un método modelo; y en caso de ser una operación no definida en OCL pero con cuerpo, se le agrega al método una pos condición que garantice que el resultado del método sea igual a la expresión cuerpo.

Para tener la posibilidad de obtener como resultado de la traducción un sistema completo, se agregó una forma de definir el código del cuerpo de las operaciones directamente en lenguaje Java, mediante el uso de *anotaciones*. Se puede definir el código de una operación agregando una anotación con fuente **OCL2JML**, con una entrada con clave *methodbody* y valor el código que define su comportamiento, como se ilustra en la Figura 6.

En este caso el método *agregarCopia(Copia)* de la clase *Libro*, está definido en lenguaje Java mediante la sentencia *this.copias.add(copia)*.

El módulo ATL, al encontrar una operación con una anotación OCL2JML con entrada *methodbody*, genera un statement especial del metamodelo JML que incluye todo el código del valor de esta entrada. Este statement luego será traducido a código directamente. De esta forma se permite crear a partir del modelo métodos Java con definiciones completas. Una vez que se ejecuta el módulo ATL sobre el archivo *.oclas*, se obtiene como resultado un archivo *.xmi* con una instancia del metamodelo JML. El modelo resultante de la traducción ATL luego se usa como entrada para el módulo de

traducción de modelo a texto, que será descrito a continuación.

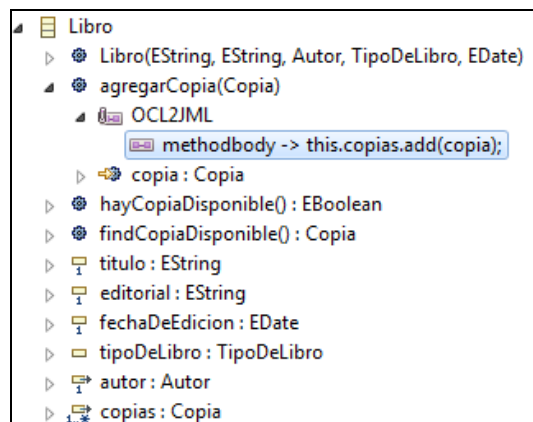


Figura 6: Ejemplo de anotación para la generación de código de operaciones

Traducción de modelo JML a código Java+JML

La traducción de modelo Java+JML a código fue realizada utilizando la herramienta Aceleo. El template principal del módulo, a partir del cual comienza la ejecución de este, se puede ver en la Figura 7.

```

6 @template public generateElement(aCU : CompilationUnit)
7 [comment @main/]
8 [let path : String = getPackagePath(aCU._package)]
9 [file (path+'/' + aCU.name, false, 'UTF-8')]
10 package [generatePackageName(aCU._package)];
11
12 [for (imp : ImportDeclaration | aCU.imports) ]
13 import [generateImport(imp)];
14 [/for]
15
16 [for (t : AbstractTypeDeclaration | aCU.types) ]
17 [if (t.oc1IsTypeOf(ClassDeclaration))]
18 [generateClass(t.oc1AsType(ClassDeclaration))]
19 [elseif (t.oc1IsTypeOf(EnumDeclaration))]
20 [generateEnum(t.oc1AsType(EnumDeclaration))]
21 [/if]
22 [/for]
23 [/file]
24 [/let]
25 [/template]
    
```

Figura 7: Template principal del módulo Aceleo

Por cada unidad de compilación del metamodelo JML, se crea un archivo, además de carpetas por los paquetes que lo incluyan. En este template se invocan los templates *generateClass* y *generateEnum*, que generarán el contenido de los archivos, con sus sentencias y expresiones.

6. Caso de estudio

El modelo del Sistema de Biblioteca

Para mostrar la utilidad de las herramientas de verificación JML, se tomó como caso de estudio el modelo de una biblioteca, que puede verse en la Figura 8. Adicionalmente en la Figura 9 pueden verse algunas de las restricciones OCL definidas en el modelo.

Ejecución de la herramienta sobre el modelo

Previo a la instalación de la herramienta en Eclipse, es necesario tener instalados los plugins de Aceleo, ATL y OCL, ya que son utilizados en su ejecución. La herramienta desarrollada se instala como plugin de Eclipse, que a su vez se basa en 3 plugins más que implementan su funcionalidad: el del metamodelo JML, el de la transformación ATL, y el de la generación de código Aceleo. Luego de la instalación de los 4

plugins, se puede utilizar la funcionalidad de la herramienta en el entorno Eclipse.

Para empezar, primero debemos contar con un modelo Ecore y un documento Complete OCL con restricciones aplicadas al mismo. Teniendo el plugin de OCL instalado, al hacer clic derecho sobre este documento surge la opción OCL, y dentro de esta, Save Abstract Syntax.. Debemos cliquearla y escribir el nombre del archivo a generar.

Luego, haciendo clic derecho en este archivo vemos la opción *Translate to JML*. Esta opción sólo está disponible para archivos con extensión .oclas. Al cliquearla se realiza la traducción y se crea un archivo .xmi con el modelo JML, y una carpeta con las clases Java y sus especificaciones.

Se puede ver cómo se generan clases por cada clase, métodos por cada operación y expresiones de invariante por cada invariante.

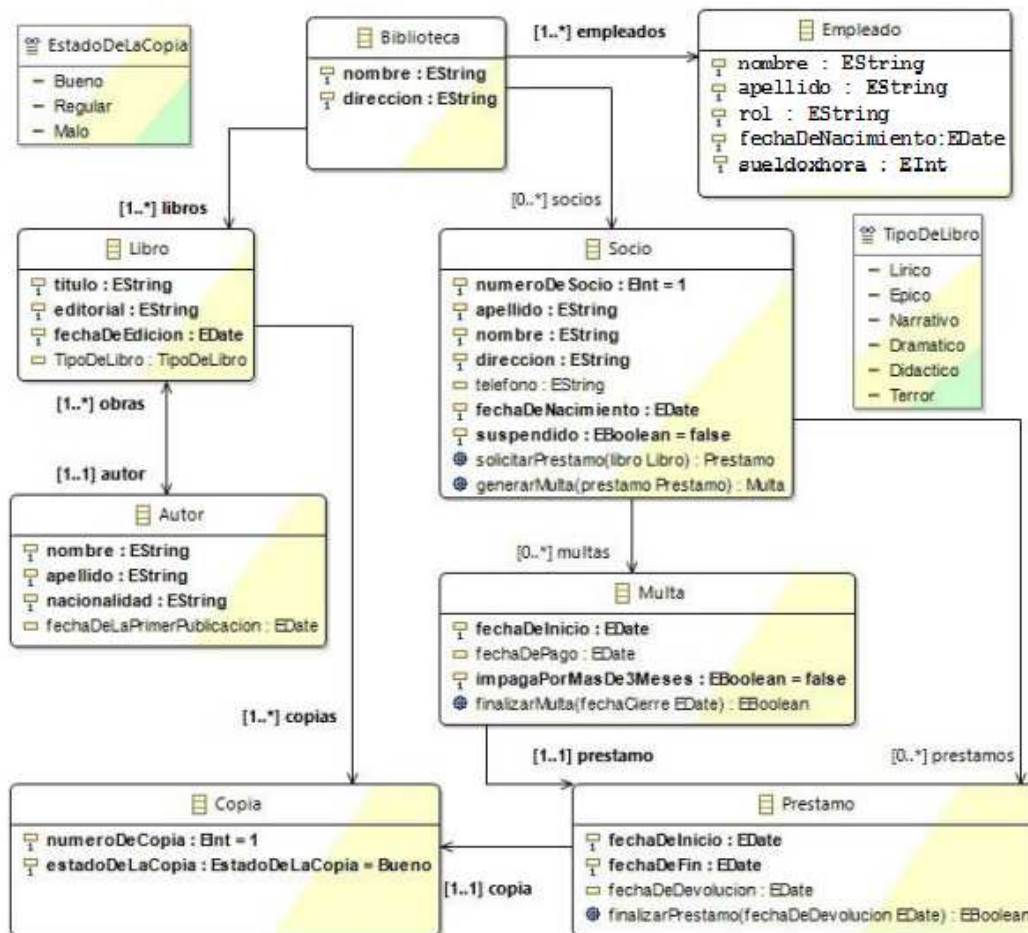


Figura 8: Modelo de la biblioteca

```

context Libro::
agregarCopia(copia:Copia) : OclVoid
post: copias->includes(copia)

context Libro::
findCopiaDisponible() : Copia
post: HayCopiaDisponible() implies not result.oclIsUndefined()

context Socio::suspendido : Boolean
init: false

context Socio
inv: nombre<>' and apellido<>'

context Empleado inv: sueldoxhora > 0

context Empleado::
aumentarSueldo(aumento:ecore::EInt):OclVoid
post: mayor: sueldoxhora > sueldoxhora@pre
post: sueldoxhora = aumento+sueldoxhora@pre
    
```

Figura 9: Ejemplo de restricciones OCL para el modelo de la biblioteca

Verificación estática

La versión de OpenJML utilizada es la 0.8.24, que es la más reciente a la fecha. OpenJML nos permite analizar el código estáticamente, es decir, sin ejecutarlo. Esto se realiza mediante el uso de probadores de teoremas. Para mostrar su ejecución se utilizará la clase Empleado del modelo de la biblioteca. Es una clase simple, que cuenta con los atributos nombre, apellido, rol, fechaDeNacimiento y sueldoxhora. Además, tiene una operación que permite aumentar su sueldo. En la Figura 9 se muestran las restricciones OCL definidas para la clase. Se definió como invariante que el sueldo de un empleado debe ser siempre mayor a 0. La operación para aumentar el sueldo, definida en el modelo como una simple suma, tiene como pos condición que el sueldo sea mayor al anterior, y que sea igual a la suma del sueldo anterior y su aumento. Luego de ejecutar la herramienta, el archivo .jml generado contiene el código que se muestra (parcialmente) en la figura 10.

Al ejecutar OpenJML con la opción ESC (Extended Static Checking) sobre los archivos generados, la herramienta muestra las siguientes advertencias:

- ✓ En el método *aumentarSueldo*, no se puede garantizar el invariante que dice que *sueldoxhora* debe ser siempre mayor a 0.
- ✓ El mismo método tampoco puede garantizar que valga la pos condición que asegura que el nuevo sueldo sea mayor que el anterior.

Estas advertencias se deben a que *aumentarSueldo* toma como parámetro un entero, y no hay garantía de que este sea mayor a 0. De esta forma no se garantiza ni que el sueldo sea siempre positivo, ni que aumentar el sueldo efectivamente lo haga ser mayor. Para solucionar

esto, le agregaremos a la operación *aumentarSueldo* la siguiente precondition:

```

package Biblioteca;

import ocl2jml.collections.*;
import java.util.*;

public class Empleado
{
    protected /*@ spec_public*/ String rol;
    protected /*@ spec_public*/ String
apellido;
    protected /*@ spec_public*/ String
nombre;
    protected /*@ spec_public*/
java.util.Date fechaDeNacimiento;
    protected /*@ spec_public*/ int
horasSemanales;
    protected /*@ spec_public*/ int
sueldoxhora;
    /*@
public invariant (this.sueldoxhora > 0);
    */
    /*@
requires (sueldoxhora > 0);
    */
    public Empleado (String nombre, String
apellido, String rol, java.util.Date
fechaDeNacimiento, int sueldoxhora);
    /*@
ensures
(this.sueldoxhora >\old(this.sueldoxhora)
);
ensures
(this.sueldoxhora == (aumento +
\old(this.sueldoxhora)));
    */
    public void aumentarSueldo (int aumento);
}
    
```

Figura 10: Restricciones OCL para el modelo de la biblioteca

```
context Empleado::
aumentarSueldo(aumento:ecore::EInt):OclVo
id
pre : aumento >0
```

De esta forma, se deberían garantizar el invariante y las pos condiciones de la operación. Volvemos a ejecutar la herramienta de traducción, y se genera su respectiva precondición JML. Luego de realizar otra vez la traducción, la herramienta no generó ninguna advertencia, lo cual significa que el código satisface su especificación JML. Además, la falta de advertencias significa que el código JML no tiene errores de tipo.

Verificación en tiempo de ejecución

OpenJML también nos permite realizar verificación del programa en tiempo de ejecución. Es decir, si durante la ejecución del programa se viola alguna de las especificaciones JML, se produce una advertencia. Se mostrará la ejecución de la verificación en tiempo de ejecución aplicada al modelo entero de la biblioteca. Como se puede ver en el código, además de pos condiciones que definen el comportamiento esperado de las operaciones, e invariantes que garantizan que algunos atributos no sean vacíos, se definen, entre otras, las siguientes restricciones:

- ✓ Para que un socio pueda solicitar un préstamo, debe haber una copia disponible del libro, y el socio no debe estar suspendido.
- ✓ No se le puede generar una multa a un socio de un préstamo que no haya solicitado.
- ✓ No se puede suspender a un socio si no tiene ninguna multa.

Luego de ejecutar la traducción, se obtienen una vez más los archivos .java y .jml. En este caso, el archivo Socio.jml contiene el código exhibido en la figura 11.

Para realizar la verificación en tiempo de ejecución, necesitamos crear, en alguna de las clases Java generadas en la traducción, un método main que cree algunas instancias de prueba y ejecute los métodos necesarios. En este ejemplo se le agregó un método main a la clase Biblioteca, como se ve en la Figura 12.

Luego debemos compilar las clases necesarias para su ejecución. Esto se hace mediante la opción RAC (runtime assertion checking). Así se generan archivos compilados .class por cada clase involucrada en la ejecución. Una vez más la falta de advertencias significa que no se encontraron errores de tipo en el código.

```
package Biblioteca;

import ocl2jml.collections.*;
import java.util.*;

public class Socio {
protected /*@ spec_public*/ int
numeroDeSocio;
protected /*@ spec_public*/ String
apellido;
protected /*@ spec_public*/ String
nombre;
protected /*@ spec_public*/ String
telefono;
protected /*@ spec_public*/
java.util.Date fechaDeNacimiento;
protected /*@ spec_public*/
LinkedHashSet<Prestamo> prestamos;
protected /*@ spec_public*/
LinkedHashSet<Multa> multas;
protected /*@ spec_public*/ boolean
suspendido; /*@
public model OCLOrderedSet<Prestamo>
prestamos_specs;
public model OCLOrderedSet<Multa>
multas_specs;
represents prestamos_specs =
OCLOrderedSet.convertFrom(prestamos);
represents multas_specs =
OCLOrderedSet.convertFrom(multas);
public invariant (!this.nombre.equals("")
&& !this.apellido.equals(""));
public invariant
(this.multas_specs.size() <=
this.prestamos_specs.size());
public initially suspendido == false;
*//*@
requires
this.prestamos_specs.includes(prestamo);
ensures
this.multas_specs.includes(\result);
*/
public Multa generarMulta (Prestamo
prestamo);
/*@
requires libro.hayCopiaDisponible();
requires (this.suspendido == false);
ensures
this.prestamos_specs.includes(\result);
*/
public Prestamo solicitarPrestamo (Libro
libro);
/*@
requires (this.multas_specs.size() > 0);
*/
public void suspender ();
}
```

Figura 11: archivo de la clase Socio con especificación JML


```

package Biblioteca;

import java.util.*;

public class Biblioteca {

    public Biblioteca (String direccion, String nombre){
        socios= new LinkedHashSet<Socio>();
        libros = new LinkedHashSet<Libro>();
        empleados = new LinkedHashSet<Empleado>();
        this.nombre = nombre;
        this.direccion = direccion;
    }

    public void agregarLibro (Libro libro){
        this.libros.add(libro);
    }

    public void agregarSocio (Socio socio){
        this.socios.add(socio);
    }

    public void agregarEmpleado (Empleado empleado){
        this.empleados.add(empleado);
    }

    public static void main (String[] args){
        Biblioteca b = new Biblioteca("50 y 120", "Biblioteca Informa
        Autor a = new Autor("Carolina", "Actis", "argentina", new Date()
        Libro l = new Libro("OCL2JML", "UNLP", a, TipoDeLibro.Tecnico, n
        Socio s = new Socio("Juan", "Perez", "2215678910", new Date());
        b.agregarLibro(l);
        s.solicitarPrestamo(l);
        l.agregarCopia(new Copia(1, EstadoDeLaCopia.Bueno));
        l.agregarCopia(new Copia(2, EstadoDeLaCopia.Bueno));
        s.solicitarPrestamo(l);
        s.suspender();
        s.solicitarPrestamo(l);
    }
}
    
```

Figura 12. main de prueba para la clase Biblioteca

Luego de compilar los archivos, se ejecuta el método main. La herramienta genera tres advertencias:

- ✓ En el primer intento de solicitar un préstamo, se viola una precondición. Como se puede ver en el código, al solicitar el préstamo el libro no tiene ninguna copia disponible.
- ✓ Cuando se intenta suspender al socio, se viola la precondición del método, que dice que no se puede suspender a un socio que no tenga multas. Se puede ver en el código que en ningún momento se generó una multa para el socio.
- ✓ A la tercera solicitud de un préstamo, se viola la precondición que dice que un socio suspendido no puede realizar préstamos. Esto sucede porque se invocó al método suspender(), y luego al método solicitarPrestamo(), con el mismo socio.

Veremos qué sucede entonces si modificamos el método main para que no se den estas situaciones indeseadas. Luego de los cambios realizados, el código del método queda como se ve en la Figura 13.

Volvemos a compilar las clases, y las ejecutamos una vez más. Esta vez no se produce ninguna advertencia, lo que significa que se cumplió con toda la especificación durante la ejecución de los métodos de las clases.

```

public static void main (String[] args){
    Biblioteca b = new Biblioteca("50 y 120", "Biblioteca Inf
    Autor a = new Autor("Carolina", "Actis", "argentina", new D
    Libro l = new Libro("OCL2JML", "UNLP", a, TipoDeLibro.Tecn
    Socio s = new Socio("Juan", "Perez", "2215678910", new Date
    b.agregarLibro(l);
    l.agregarCopia(new Copia(1, EstadoDeLaCopia.Bueno));
    l.agregarCopia(new Copia(2, EstadoDeLaCopia.Bueno));
    Prestamo p = s.solicitarPrestamo(l);
    s.generarMulta(p);
    s.suspender();
}
    
```

Figura 13: Método main modificado de la clase Biblioteca

7. Trabajos relacionados

En esta sección se presentan distintos trabajos relacionados a la presente propuesta, algunos de los cuales sirvieron como base para esta.

En [25] se propone traducir restricciones OCL a código JML, de forma que pueda ser ejecutado y evaluado en tiempo de ejecución. Ya en [26] se había planteado una función de traducción inicial de OCL a JML. En este trabajo se agregan los siguientes aportes: - Para la traducción utilizan una biblioteca de clases que implementan los tipos de colección definidos en la biblioteca estándar OCL. De esta forma la traducción es intuitiva y fácilmente trazable al código OCL original. - Uso de variables modelo. Las variables modelo representan una abstracción de las variables del programa, y sólo pueden ser usadas en la especificación JML, y no en el código fuente. En este trabajo se utilizan para abstraer las colecciones. De esta forma, la especificación es independiente del tipo de colección utilizada en el código fuente, ya que las expresiones JML no se aplican a la colección en sí, sino a la variable modelo que la representa. - Se propone separar el código JML del código fuente, de forma que un cambio en el OCL no implique volver a generar el código fuente Java.

En [30] se desarrolló un plugin de Eclipse que implementa la traducción de OCL a JML, basándose lo propuesto en [25]. Se implementó una biblioteca de colecciones OCL como la planteada en dicho trabajo. La traducción en sí se realizó utilizando la herramienta MOFScript [31]. Se utilizó en este trabajo también OpenJML para realizar verificación estática de los resultados de la traducción.

En [32] se avanza sobre el trabajo hecho en [25], y se propone un método para traducir una especificación UML/OCL a una especificación para una implementación de Java, basada en patrones de restricciones, definidos en [33]. Las expresiones de restricción más comunes se generalizan y capturan como patrones de restricción; estos se pueden instanciar para generar restricciones concretas. En este trabajo, cada patrón de restricción OCL se traduce a un patrón

de especificación JML equivalente. La semántica de cada patrón está descrita como una plantilla JML, es decir, expresiones JML parametrizables. Un patrón JML se puede definir como una función que mapea un conjunto de elementos de metamodelo a una restricción Java. Los beneficios posibles de este método son mejorar la calidad de las expresiones JML al definirlos de forma más compacta, y facilitar la automatización de la traducción.

Por otro lado, en [34] se propone una técnica de traducción bidireccional entre OCL y JML. En esta técnica el código OCL original se mantiene en los comentarios del código JML, siempre y cuando las sentencias JML generadas no sean modificadas por el usuario. Entonces, en la traducción de JML a OCL, si el JML no fue modificado, se utilizan las sentencias originales OCL. De forma similar, en la traducción de JML a OCL, las sentencias que no pueden ser traducidas son insertadas como comentarios en el OCL. Así, siempre que se pueda se mantiene el código original, y se reduce la posibilidad de que este se vuelva complejo luego de aplicar la traducción bidireccional múltiples veces.

Aportes de nuestra propuesta respecto a las descritas

En este trabajo se implementó como plugin de Eclipse la traducción propuesta en [25] y [26], sumándole decisiones propias de implementación para las diferentes expresiones OCL, logrando mayor expresividad y eficiencia. La traducción en sí se realizó utilizando el enfoque de MDD, es decir, mediante transformaciones modelo a modelo y modelo a texto. Se desarrolló un nuevo metamodelo JML y su traducción completa a código, ya que no existían versiones completas del mismo. Además, se realizaron pruebas con OpenJML para comprobar la utilidad de la traducción. Se aprovecharon tecnologías recientes, como por ejemplo, funcionalidades de Java 8. Y se mejoró la biblioteca desarrollada en [30]. Todo el código implementado en este proyecto es abierto y de uso libre.

8. Conclusiones y Trabajos Futuros

Se desarrolló una herramienta basada en Eclipse que permite, dado un modelo UML incluyendo restricciones OCL, transformarlos a código Java con especificaciones JML. La traducción se realiza siguiendo el enfoque MDD: primero, se realiza una transformación modelo a modelo, partiendo de una instancia del metamodelo unificado Pivot de UML y OCL, y convirtiéndola en una instancia de un metamodelo JML. Este metamodelo fue definido para este trabajo, basándose en el metamodelo Java de MoDisco, y en las clases de la

implementación del Parser de JML de OpenJML. Luego, mediante una transformación modelo a texto, el modelo resultante de la transformación anterior es transformado a código Java y especificaciones JML.

Se probó la traducción con varios casos de estudio, que cubren una amplia variedad de expresiones OCL. Se usó la herramienta OpenJML para realizar la verificación estática y en tiempo de ejecución de las mismas. El código completo de la herramienta, así como la descripción detallada de los experimentos están contenidos en la tesis de la autora [35].

Como resultado del trabajo, entonces, se logró una forma simple y cómoda de convertir expresiones OCL, que por su naturaleza no son directamente verificables, en código Java con JML agregado. El código JML permite documentar el código fuente de forma precisa y comprobable, y verificar que este siga las restricciones especificadas.

Mediante la verificación estática de JML se puede comprobar con probadores de teoremas, en casos simples, que las especificaciones no tengan errores y que el código sea correcto. Esta verificación se realiza sin necesidad de ejecutar el código.

Se puede también compilar las clases Java generadas junto con el JML, para poder verificar en tiempo de ejecución que las restricciones JML sean cumplidas.

La generación automática del código JML nos permite entonces obtener estos beneficios directamente a partir de un documento de restricciones OCL.

Como trabajo futuro, se podría optimizar las traducciones para aprovechar las características de JML. Por ejemplo, en la herramienta desarrollada, una expresión OCL de la siguiente forma: atributo <> null, se traduce a la siguiente expresión: atributo != null. Sin embargo, JML cuenta con el modificador non_null, que permite especificar la misma semántica, de manera más simple. Una posibilidad interesante entonces sería la de considerar en la traducción los patrones de restricción descritos en [32] y [33]. De esta forma posiblemente se podrían lograr traducciones más simples y eficientes, que la simple traducción directa de las expresiones.

Otra posibilidad sería la de implementar la traducción bidireccional. Así, si el usuario modifica el código JML, esto se podría ver reflejado en el OCL original. Esto es lo que se investiga en [34]. Se podría también hacer que la herramienta integre a OpenJML de forma más directa, para que la verificación de las especificaciones traducidas resulte más sencilla.

Referencias

- [1] M. Brambilla, J. Cabot and M. Wimmer. "Model-Driven Software Engineering in Practice". Morgan&Claypool Publishers ISBN: 9781608458820. 2012.

- [2] Claudia Pons, R. Giandini y G. Perez. Desarrollo de Software Dirigido por Modelos., McGraw-Hill Educación y Edulp, 2010.
- [3] MDA [En línea]. Available: <http://www.omg.org/mda>. [Último acceso: 2017].
- [4] OMG [En línea]. Available: <http://www.omg.org>. [Último acceso: 2017].
- [5] UML. The OMG Unified Modeling Language Specification V. 2.5.1. <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/> 2017.
- [6] A. K. Jos Warmer, The Object Constraint Language: Getting Your Models Ready for MDA, 2ª ed., Addison Wesley.
- [7] G.Leavens,A.Baker, C.Ruby. «The Java Modeling Language (JML),» [En línea]. Available: <http://www.eecs.ucf.edu/~leavens/JML/index.shtml>. [Último acceso: 2017].
- [8] B.Meyer, «Applying design by contract,» de Computer, 25(10), 1992, pp. 40-51.
- [9] Ken Arnold, James Gosling, David Holmes. The Java Programming Language Third Edition, Addison-Wesley, 2000.
- [10] M. Huisman, «Reasoning about JAVA programs in higher order logic with PVS and Isabelle,» IPA dissertation series, nº 2001-03, 2001.
- [11] Y. C. y. G. Leavens, «A runtime assertion checker for the Java Modeling Language (JML),» de Proceedings of International Conference on Software Engineering Research and Practice, 2002, pp. 322-328.
- [12] Y. Cheon., G. Leavens, «A Simple and Practical Approach to Unit Testing: The JML and JUnit Way,» de ECOOP 2002 -- Object-Oriented Programming, 16th European Conference.
- [13] Lilian BurdyYoonsik CheonDavid R. CokMichael D. ErnstJoseph R. KiniryGary T. Leavens K. Rustan M. Leino, An overview of JML tools and applications, International Journal on Software Tools for Technology Transfer. 2005, Volume 7, Issue 3, pp 212–232.
- [14] EMF [En línea]. Available: <https://eclipse.org/modeling/emf/>. [Último acceso: 2017].
- [15] MOF [En línea]. Available: <http://www.omg.org/mof/>. [Último acceso: 2017].
- [16] ATL Language. [En línea]. Available: <http://www.eclipse.org/at/>. [Último acceso: 2017].
- [17] Acceleo [En línea]. Available: <https://www.eclipse.org/acceleo/>. [Último acceso: 2017].
- [18] MOFM2T [En línea]. Available: <http://www.omg.org/spec/MOFM2T/1.0/>. [Último acceso: 2017].
- [19] OCL [En línea]. Available: <http://www.omg.org/spec/OCL/2.4/>. [Último acceso: 2017].
- [20] OPENJML [En línea]. Available: <http://www.openjml.org/>. [Último acceso: 2017].
- [21] A. S. C. T. Clark Barrett, The SMT-LIB Standard Version 2.0, 2012.
- [22] Z3 [En línea]. Available: <https://github.com/Z3Prover/z3>. [Último acceso: 2017].
- [23] [En línea]. Available: <http://cvc4.cs.stanford.edu/web/>. [Último acceso: 2017].
- [24] [En línea]. Available: <http://yices.csl.sri.com/>. [Último acceso: 2017].
- [25] Carmen Avila, G. Flores. J. Y. Cheon., «A Library-Based Approach to Translating OCL Constraints to JML Assertions for Runtime Checking,» Conference: Proceedings of the 2008 International Conference on Software Engineering Research & Practice, SERP 2008, July 14-17, 2008,, USA.
- [26] A. Hamie, «Translating the Object Constraint Language,» SAC '04 Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing.
- [27] [En línea]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/javaOO/lambdaexpressions.html>. [Último acceso: 2017].
- [28] MoDisco [En línea]. Available: <https://www.eclipse.org/MoDisco/>. [Último acceso: 2017].
- [29] «JML Reference Manual: Grammar Summary,» [En línea]. Available: http://www.eecs.ucf.edu/~leavens/JML/jmlrefman/jmlrefman_22.html#SEC224. [Último acceso: 2017].
- [30] María Jose Dias Molina, y Diego Dodero Mena «Desarrollo de una herramienta para derivación automática de especificaciones OCL a JML ,» Tesis de Licenciatura en Informática, UNLP. 2011.
- [31] «MOFScript Home Page,» [En línea]. Available: <https://www.eclipse.org/gmt/mofscript/>. [Último acceso: 2017].
- [32] A. Hamie, «Pattern-based Mapping of OCL Specifications to JML Contracts,» 2nd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD), Publisher: IEEE. 2015..
- [33] J. Ackermann, K. Turowski. «A Library of OCL Specification Patterns for Behavioral Specification of Software Components,» de Proceedings of the 18th international conference on Advanced Information Systems Engineering, 2006.
- [34] K. Hiroaki H.Shimba, K. Hanada, K. Okano, S. Kusumoto «Bidirectional Translation between OCL and JML for Round-trip Engineering,» de 2013 20th Asia-Pacific Software Engineering Conference, IEEE Xplore. 2013.
- [35] Actis, Carolina. “Verificación de modelos Independientes de la plataforma: un caso de estudio”, Noviembre 2017. Facultad de Informática, UNLP. [En línea]. Available: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67013>.

Design Sprint como marco de trabajo para la gestión de proyectos ágiles en equipos interdisciplinarios

Cristhian A. Boujon¹, Gilda R. Romero^{1,2}, Sergio Lapertosa¹

¹ *Facultad de Ingeniería y Tecnología – Universidad de la Cuenca del Plata
Lavalle, 50 – Corrientes, Capital.*

² *Facultad Regional Resistencia – Universidad Tecnológica Nacional
French, 414 – Resistencia, Chaco.*

{boujoncristhianalberto_cen; romerogilda_cen; lapertosasergio_cen}@ucp.edu.ar

Resumen

La evolución en la Ingeniería de Software propone varias metodologías de las llamadas ágiles para la concreción de sistemas, entre ellas se encuentra la denominada Design Sprint. Esta metodología se ha popularizado en los últimos años principalmente a que propone un enfoque de doble diamante con procesos de convergencia y divergencia de ideas en pos de solucionar un problema que tienen en el producto enunciado en un Challenge de diseño. Este trabajo presenta la implementación de la metodología Design Sprint como marco de trabajo en una experiencia entre las carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad de la Cuenca del Plata. La experiencia se focalizó en desarrollar las competencias ingenieriles referidas tanto a las competencias tecnológicas, como a las sociales, políticas y actitudinales, principalmente a través de la conformación de equipos de trabajos interdisciplinarios y auto gestionados. Aquí se describe cómo se llevó a cabo la actividad, las conclusiones preliminares y las futuras acciones a desarrollar para continuar formando a los trabajadores de la Industria 4.0.

1. Introducción

Las actividades significativas hacen posible que el alumno, bajo la dirección del docente, construya sus conocimientos y pueda aplicarlo a nuevas situaciones. Son un conjunto de estrategias que el docente debe aplicar a fin de lograr que los estudiantes adquieran un aprendizaje, también, significativo. Por otro lado, el efecto Pigmalión [1] trata de sobre cómo influyen las expectativas que una persona tiene sobre otra. En la pedagogía este concepto es especialmente importante ya que las expectativas positivas que el docente deposita en sus alumnos potencian su rendimiento. En suma, es menester “organizar una experiencia educativa con la

finalidad de generar situaciones para que los docentes participantes se modifiquen a partir de la interacción con ellos mismos y con otros, apropiándose de saberes nuevos, desarrollando disposiciones y construyendo capacidades en acción” [2], para contribuir a la formación de noveles profesionales con estas nuevas capacidades que hacen al denominado Talento 4.0. Entendiendo por Talento 4.0 a la aptitud o competencia intelectual en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por su sigla en inglés) e incluye también la actitud digital, pasión por el cambio, aprendizaje autónomo y resiliencia.

A partir del año 2016, al iniciarse el dictado de la Carrera Ingeniería en Sistemas de Información (ISI) por primera vez en la Universidad, se decidió abordar el desarrollo de las cátedras con una serie de actividades [3] tendientes a dar respuesta a lo requerido en la denominada “Transformación Digital” en términos de la formación del profesional de informática, tomando como marco el Modelo Pedagógico de la UCP y las definiciones de formación por competencias del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI), plasmadas en la nueva propuesta de estándares de segunda generación para las carreras de Ingeniería [5]. Sabiendo que la Ingeniería es una profesión esencialmente creativa, donde confluyen los saberes como productos de procesos de investigación e innovación en ciencia y tecnología, evolucionando en la búsqueda de soluciones a problemas complejos dentro de las organizaciones, vale destacar la importancia de este proyecto en la ejecución de la carrera de acuerdo al contexto en el que se encuentra inserta y el perfil que se propone desarrollar en sus egresados.

Considerando estas premisas, durante el ciclo 2018 se ha llevado a cabo un trabajo interdisciplinar con una de las cátedras de la carrera de Ingeniería en Alimentos (IA). La experiencia fue desarrollada definiendo un proyecto Intercátedra desde la cátedra de “Ingeniería de Software I” de ISI y la cátedra de “Procesos Industriales II” de IA. El proyecto constaba en realizar un prototipo

de cinta transportadora de alimentos que sea capaz de clasificarlos y separarlos. Los alumnos de IA tenían conocimientos sobre qué debería hacer una cinta transportadora y para qué utilizarla, los alumnos de ISI conocimientos más técnicos y de administración de proyectos. Deberían formar equipos interdisciplinarios.

En un primer momento, los alumnos se mostraron con incertidumbre y desconcertados con el desafío debido a que nunca antes habían hecho algo similar y tampoco con alumnos de otra carrera.

El cuerpo docente actuó con el rol de facilitador, trabajando en línea del efecto Pigmalión para con los alumnos de segundo y quinto año. En tal sentido se plantearon desafíos que los alumnos desconocían cómo resolver, pero haciéndoles saber que podían hacerlo, guiándolos hacia el objetivo desde el punto de vista técnico, promoviendo que ellos investiguen y aprendan por sus propios medios, sin restringir las decisiones que tomen en el proceso creativo. El equipo docente brindó soporte y herramientas necesarias, pero siempre bajo la pauta de que cada equipo definiere en detalle qué prototipo construir, cómo construirlo y se auto-organicen. Es decir que la coordinación, organización y distribución de las tareas sea su propia responsabilidad, sin nuestra intervención más que en momentos específicos. De esta forma, se logró formar un espíritu de liderazgo, compromiso y sentido de pertenencia sus producciones.

El resultado final fue altamente satisfactorio, con los prototipos construidos y funcionando.

El trabajo presenta la experiencia realizada entre los alumnos de las carreras de ingeniería y futuras acciones.

2. Marco Teórico

“El alumno hoy en día es parte central de la enseñanza-aprendizaje, a través del tiempo se ha ido reformando la educación con el objetivo de lograr mejores resultados en el rendimiento de los mismos. Lo anterior con el fin de que el estudiante realmente logre aprender y aplicar en su vida personal y laboral, y no solo para presentar un examen o pasar un curso, si no que vaya más allá usando la reflexión, aprendiendo a ser crítico, que investigue y que por supuesto proponga. Si hacemos una breve mirada hacia atrás de cómo era la educación hace algunos años recordaremos que el estudiante era pasivo y que el docente era el que debía exponer los temas y brindar la información, materiales, ejercicios y actividades. Hoy sabemos que los alumnos deben investigar para que sean ellos quienes presenten los temas e intercambien información con sus compañeros enriqueciendo sus conocimientos, mientras que el docente debe asumir un rol de tutor, de guía al

alumno para que adquiera y desarrolle las competencias necesarias” [7].

Por otro lado, *“se entiende a la formación docente como un proceso continuo y permanente del profesor que se inicia desde su inserción y permanencia en el ámbito universitario, en donde desarrolla conocimientos, habilidades y actitudes profesionales para sustentar su práctica profesional y pedagógica de manera crítica y reflexiva.” [8].*

El Modelo Pedagógico de la UCP valoriza la adquisición de competencias [4] y, además desde el año 2016 este Modelo incorpora conceptos y directivas sobre el Dictado de Clases, destacando la conducta del profesor para lograr “ser un facilitador y mediador” [6] entre el alumno y el conocimiento, debiendo estar el alumno en el centro del proceso de aprendizaje como ‘agente activo/procesador’ y eventualmente ‘desarrollador’ de información.

2.1. Formar al Trabajador 4.0, desarrollar el Talento 4.0

El Trabajador 4.0 surge como resultado de un proceso que consiste en transformar aptitudes naturales (intelectuales, creativas y sociales) en competencias y actitudes intra e interpersonales (motivación, emprendimiento, resiliencia, colaboración, generación de redes, trabajo en equipo, liderazgo, búsqueda constante, capacidad para aprender por uno mismo, entre otras). Dicho de otra manera, es aquél “trabajador del conocimiento” que adopte cuanto antes una mentalidad Knowmad [3].

Puesto que estos Knowmads son “inquietos” y “fanáticos de la inmediatez, de los resultados y de elementos que puedan manipular”, se estableció trabajar con el planteamiento de desafíos de complejidad creciente y espiralada (iterativa e incremental), en la cual los participantes pongan en juego los aprendizajes logrados y, a su vez, incorporen nuevos aprendizajes, llegando inclusive a reestructurar hasta sus propios hábitos y códigos culturales relacionados con la forma de aprender y resolver problemas utilizando la tecnología.

Como destaca Jarce en [9], en estos tiempos de la “Revolución Industrial 4.0” las llamadas habilidades blandas - también denominadas *Soft skills* - como pueden ser la adaptabilidad, la agilidad, la empatía, la transdisciplinariedad, la capacidad de aprender a aprender, entre otras, resultan de vital importancia para el crecimiento y la innovación dentro de las organizaciones (Ver Figura 1).

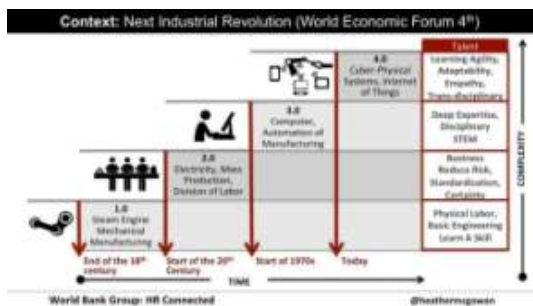


Figura 1 – Talento en la Industria 4.0
Fuente: Jarcho, H. [9]

2.2. Abordaje Metodológico/Didáctico

“**Learning by Doing**” es una filosofía que trata de desarrollar los valores asociados al esfuerzo y la implicación, al trabajo en equipo, a la concentración en el desarrollo de tareas más prácticas, al hecho de fijarse metas y buscar la forma de conseguir resultados, a dar autonomía a los alumnos y propiciar la investigación y la curiosidad, la reflexión y la posterior puesta en práctica [10].

La “**Pedagogía ágil**” se refiere a “*una metodología basada en el trabajo en equipo para resolver problemas y construir proyectos. Apuesta por la creatividad, la prueba, la adaptación y la mejora constante*” [11].

Por otra parte, la metodología de enseñanza-aprendizaje denominado Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es utilizada para que los estudiantes adquieran conocimientos académicos, desarrollen habilidades cognitivas y socio afectivas, trabajando en el desarrollo de un proyecto por un período de tiempo determinado, investigando y respondiendo a un objetivo. Asimismo, el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) es un enfoque que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, significativa y relacionada con su entorno, lo que implica definir un reto e implementar para éste una solución.

2.3. Gestión de Proyectos de Sistemas

La búsqueda exhaustiva y focalizada sobre la temática y la aplicación en experiencias de similares características ha permitido validar el carácter único de utilizar la metodología “Design Sprint”, lo cual ha motivado aún más al equipo docente a realizar la propuesta.

Es así como el equipo facilitador adoptó como marco de trabajo para la gestión del proyecto interdisciplinario el Design Sprint, bajo la mirada ágil de la gestión de proyectos de sistemas.

En tal sentido se han definiendo elementos a utilizar en cada parte de la metodología (diseño), revisando los posibles retos y los elementos del proceso evaluativo (métricas) para que posteriormente aporten al desarrollo de las competencias ingenieriles y construcción de conocimientos de los contenidos que hacen al desarrollo de sistemas.

2.4. Marco de trabajo: Metodología Design Sprint

Design Sprint es una metodología desarrollada por Google Ventures y consiste en Sprints de 5 (cinco) días que trata de responder las cuestiones críticas de un negocio a través del diseño, el prototipado y el testeo con los clientes. Para ello la metodología se apoya en un proceso de divergencia y convergencia.

La Figura 2 muestra las etapas/fases del Design Sprint. Antes de iniciar con las Fases del Design Sprint es imprescindible que todos conozcan el/los entregables al finalizar el Sprint; se debe conocer las fechas y los compromisos, es lo que se denomina *Fase 0: Preparación*.

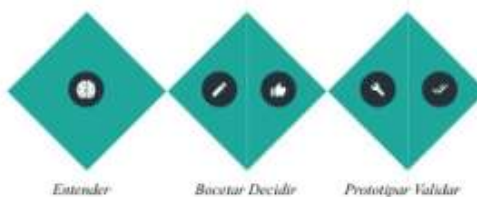


Figura 2 – Design Sprint
Fuente: Adaptado de [12]

A partir de allí las fases son:

1. **Fase 1: Entender.** Todo el equipo debe entender cuál es el problema o desafío que se definió en la etapa anterior. Todo el equipo debe participar, escuchar las ideas, percepciones y conocimientos previos.
2. **Fase 2: Bocetar.** Es el momento de empezar a bocetar, por lo cual es imprescindible enfocarse en la solución. Cada integrante debe pensar y bocetar una solución de manera individual (Lo contrario a un brainstorming), para luego compartir dichas ideas.
3. **Fase 3: Decidir.** Aquí se debe decidir qué ideas dejaremos de lado, es posible combinar soluciones y utilizar Storyboard.
4. **Fase 4: Prototipar.** Momento de poner manos a la obra para construir únicamente lo que se va a testear, ir del Storyboard al prototipo. Aquí no se debe

cuestionar la solución decidida. Es recomendable que se desglose la construcción del prototipo en tareas y dividir las entre el equipo, tal que cada miembro del equipo tenga un rol.

5. **Fase 5: Validar.** Se valida solicitando que los stakeholders vean y/o interactúen con el prototipo. Se aprende gracias al feedback que éstos brinden y de allí se decide con el equipo qué es lo siguiente que hay que hacer para mejorar.

La Figura 3 muestra las Fases del Design Sprint.

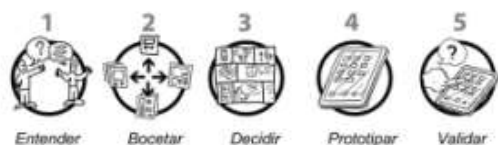


Figura 3 – Fases del Design Sprint

Fuente: Adaptado de <https://medium.theuxblog.com>

3. La Experiencia Interdisciplinaria

La experiencia se abordó en línea con el paradigma de ejecución del dictado de la carrera de ISI, donde ya desde el Curso para ingresantes, se pone especial énfasis en lo motivacional, es decir ya desde allí se trabaja en aflorar el “Talento emprendedor” [11].

El diseño de la experiencia implicó:

1. La presentación del Reto.
2. La explicación detallada del uso de la Metodología Design Sprint, técnicas y herramientas asociadas.
3. La exposición del proceso evaluativo en términos de indicadores y medidas.

De esta manera el equipo facilitador docente seguía las características de la “**Pedagogía ágil**” para crear así un ambiente de aprendizaje siguiendo la filosofía/teoría del “**Learning by Doing**” (“aprender a través de la práctica” o “aprender haciendo”) y la creación de una solución “centrada en las personas”.

Una solución “centrada en las personas” es decir, una solución que “aporte valor” es la premisa del paradigma ágil y, la Ingeniería de Software no tendría éxito si no pensamos o nos centramos en las personas. De allí la importancia en la formación y la aplicación de las metodologías.

3.1. El Reto: Prototipo de Cinta Transportadora

El desafío planteado se refirió a que los alumnos desarrollen el prototipo de Cinta Transportadora de Alimentos y no un dispositivo industrial productivo.

La construcción del sistema mecatrónico implicó el uso de diversos materiales, en su mayoría de carácter electrónico ya que la funcionalidad debería ser programada.

Para la resolución del desafío, los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos debían ser quienes determinaban los requerimientos que debía cumplir la cinta transportadora, y los estudiantes de la Ingeniería en Sistemas de Información debían enfocarse en el análisis de requerimientos, para luego, entre los integrantes del equipo, dar respuesta a la problemática planteada.

El equipo de gestión de las carreras, así como los docentes, actuaron de guías y colaboraron en la gestión de los recursos necesarios para cumplir con los requerimientos, pero la mayor carga de trabajo, y la gestión del proyecto, estuvo totalmente a cargo de los mismos equipos, de manera autogestionada.

3.2. Uso de la Metodología Design Sprint

En el marco de un proyecto iterativo/incremental, un Sprint representa un ciclo de desarrollo. El objetivo al final de cada Sprint es tener un prototipo desarrollado y validado por el cliente [13]. Para el caso, actuaron como Clientes los directivos de las carreras ISI e IA.

Si bien los Sprints que plantea la metodología son de 5 (cinco) días se consideró que 15 (quince) días era más apropiado de acuerdo a la disponibilidad de los alumnos respecto al proyecto (no estaban dedicados a tiempo completo), así como también requería realizar algunas actividades sólo en una materia en particular.

Fases del Design Sprint

El proyecto se dividió en 3 (tres) Sprints de 2 (dos) semanas cada uno, cada Sprint tenía su fecha de inicio y fin estipulada.

En cada Sprint se mejoraba el prototipo de la Cinta Transportadora y al final de cada uno, se realizaba una presentación a modo de validación con los Stakeholders y así obtener feedback para el siguiente Sprint.

En cada fase se utilizaron técnicas y herramientas del paradigma ágil, a saber:

1. **Fase 1: Entender.** Para entender y delimitar el reto se trabajó con el concepto de **Impact Mapping** [14]. Esta es una técnica de planificación estratégica que propone concentrar esfuerzos en lo realmente importante para los usuarios, es decir qué es aquello que debe conseguirse para lograr las metas deseadas. Impact Mapping es una herramienta visual que utiliza 4 (cuatro) preguntas para conducir la técnica (*¿Por qué? ¿Quién? ¿Cómo? ¿Qué?*) y, establecer el Objetivo, cada Actor involucrado, el Impacto por

cada Actor y el Entregable que genera cada impacto (Ver Figura 4).

2. **Fase 2: Bocetar.** En el primer Sprint se llevó a cabo el Draft de Especificación mientras que en el segundo se realizó la definición de Requerimientos básicos y en el tercer Sprint se pulieron tales requerimientos.
3. **Fase 3: Decidir.** A partir del segundo Sprint se elaboraron las Historias de Usuario con sus respectivos criterios de aceptación.
4. **Fase 4: Prototipar.** Se ha desglosado la construcción del prototipo en:
 - o Video de Simulación de funcionamiento, para mostrar un prototipo gráfico del funcionamiento de la Cinta.
 - o Prototipo Físico con estructura básica del prototipo, no necesariamente funcional, pero que cuente con la estructura básica de la Cinta.
 - o Prototipo Físico Final, prototipo físico de la Cinta Transportadora con las funcionalidades previamente identificadas.
5. **Fase 5: Validar.** Terminado cada Sprint se solicita a quienes actuaban como usuarios que vean y/o interactúen con el prototipo producido para el sprint.

Asimismo, a modo ágil se solicitaba que por cada Sprint se realice el registro fotográfico, de video y/o escrito el cuál conformaría la Documentación del proyecto y sería parte de la “Carpeta del Sistema”.

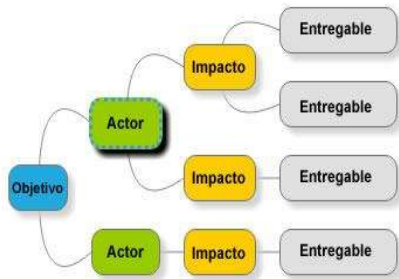


Figura 4 – Impact Mapping
Fuente: Adaptado de [14]

Sprints y entregables

La evolución en cada Sprint contempló el desarrollo de diferentes Entregables, cada uno de los cuales iría aportando valor a la construcción del producto final, la Tabla 1 muestra el detalle.

Sprint	Entregables
1	1. Impact Mapping 2. Draft de Especificación. 3. Video de Simulación de funcionamiento.
2	4. Historias de Usuario 5. Prototipo Físico inicial.
3	6. Prototipo Final 7. Documentación del proyecto.

Tabla 1 – Sprints y entregables
Fuente: Elaboración Propia

3.3. Proceso evaluativo

La evaluación es un "proceso continuo, sistemático, de relevamiento de información para la toma de decisiones y emisión de un juicio de valor sobre el funcionamiento de los procesos de aprendizaje y de enseñanza; permite, por un lado, la retroalimentación para arribar a una interpretación de las implicancias de la enseñanza y de los aprendizajes y, por el otro, la acreditación de saberes académicos de los estudiantes", (Resolución UCP N°185/10).

Es así como al momento de evaluar se siguieron los siguientes Criterios de evaluación:

- Capacidad para interpretar las consignas.
- Capacidad de síntesis.
- Claridad y precisión en las respuestas.
- Ortografía, presentación y redacción.
- Calidad de los fundamentos que formula.
- Manejo del vocabulario técnico.
- Otras Competencias transversales y básicas.

Específicamente en cada Sprint se contó con una rúbrica para categorizar el grado de calidad (Sobresaliente, Muy Adecuado, Adecuado y No alcanza los objetivos), contemplando y ponderando Criterios de acuerdo a los entregables. A modo de ejemplo la Figura 5 muestra la rúbrica para el Sprint 1.

Cabe mencionar que los otros Sprint también siguieron con el mismo formato (rúbrica) ponderando en tales casos los elementos trabajados durante el Sprint.

Criterios	Grados de Calidad				Valor
	Sobresaliente	Muy Adecuado	Adecuado	No alcanza los objetivos	
Impact Mapping	Correctamente identificado y definido el objetivo. Contiene más de 3 actores, al menos 2 impactos por cada actor y al menos 2 entregables por actor.	Correctamente identificado y definido el objetivo. Contiene más de 3 actores, al menos 2 impactos por cada actor y al menos 1 entregable por actor.	Correctamente identificado y definido el objetivo. Contiene más de 3 actores, al menos 2 impactos por cada actor y al menos 2 entregables por actor.	Correctamente identificado y definido el objetivo. Contiene más de 3 actores, al menos 2 impactos por cada actor y al menos 2 entregables por actor.	30
Especificación (draft)	Se encuentran especificados todos (100%) los requerimientos correctamente. Se ha identificado más de 5 requerimientos funcionales y más de 1 requerimiento no formal.	Se encuentran especificados correctamente al menos el 80% de los requerimientos	Se encuentran clasificados correctamente al menos el 60% de los requerimientos	Se encuentran clasificados correctamente al menos el 50% de los requerimientos.	30
Prototipo (vídeo)	Cumple con el 100% de los ítems planteados en la guía.	Cumple con al menos el 80% de los ítems planteados en la guía.	Cumple con al menos el 60% de los ítems planteados en la guía.	Cumple con menos del 50% de los ítems planteados en la guía.	25
Entrega (tiempo y forma)	Cumple con los plazos de entrega respetando el formato, enviando el trabajo completo.	Cumple con los plazos de entrega pero sin respetar el formato, con el tiempo vencido, enviando el trabajo completo.	Cumple con los plazos de entrega (a tiempo vencido), enviando el trabajo incompleto.	Omite algunos de los plazos de entrega, sin respetar el formato requerido.	15

Figura 5 – Rúbrica Sprint 1
Fuente: Elaboración Propia

4. Resultados y acciones futuras

El curso de alumnos se conformó con un total de 13 (trece) alumnos: 5 (cinco) de la carrera Ingeniería en Alimentos y 8 (ocho) de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Se generaron 3 (tres) prototipos de Cinta Transportadora, los mismos se detallan en la Tabla 2.

En cuanto a los materiales, elementos y tecnologías utilizados, se utilizaron principalmente:

- Para la programación: Placas Arduino Uno, Raspberry Pi 2B+, Cámara.
- Para realizar la Estructura y el Armazón de la Cinta: Ruedas del kit de DuinoBot, madera MDF 3mm, Tubo PVC 2", Tela vegetal, etc.
- Los Elementos de electrónica: Motor DC, Servomotores, Protoboard, Sensor de Color, Display LCD, Interruptores, Transistores, Resistencias,

Diodos, Cables, Tornillos, tuercas, arandelas, abrazaderas, Porta baterías, Baterías AA, entre otros.

- Como herramientas para la organización de tareas/actividades: Trello, gDrive.

Nº	Prototipos de Cinta Transportadora
1	Cinta Transportadora que clasifica tomates por su color (rojo y verde). Nombre: "G-one".
2	Cinta Transportadora que separa limas/limones por color (amarillo y verde), para su posterior tratamiento, registra el volumen aproximado de los limones y, contabiliza según su color. Nombre: "Franky".
3	Nombre: "BeanSeparator-3000". Descripción: Cinta Transportadora que clasifica porotos según su color (blanco y negro), eliminando los productos no deseados de los deseados.

Tabla 2 – Equipos y Prototipos

4.1. Prototipos de Cinta Transportadora

A continuación, se detallan los prototipos de las Cintas Transportadoras finales, de cada equipo:

- Equipo 1, conformado por 3 (tres) alumnos de ISI y 2 (dos) alumnos de IA, construyó un prototipo de Cinta clasificadora de tomates, llamada "G-one". Dicha cinta permitiría la clasificación de tomates de acuerdo a los colores rojo y verde. Ver Figura 6.



Figura 6 – Equipo 1: Cinta clasificadora de tomates "G-one".

- Equipo 2, conformado por 2 (dos) alumnos de ISI y 2 (dos) alumnas de IA, construyó un prototipo de Cinta clasificadora de limas/limones, llamada "Franky". Dicha cinta permitiría la clasificación limas o limones, de acuerdo a los colores amarillo y verde, registrando además el volumen aproximado de los limones y reportando la cantidad de cada color. Ver Figura 7.



Figura 7 – Equipo 2: Cinta clasificadora de limas/limones “Franky”.

- Equipo 3, conformado por 3 (tres) alumnos de ISI y 1 (una) alumna de IA, construyó un prototipo de Cinta clasificadora porotos, llamada “BeanSeparator-3000”. Dicha cinta permitiría la clasificación porotos, de acuerdo a los colores blanco y negro, eliminando los productos no deseados de los deseados. Ver Figura 8.



Figura 8 – Equipo 3: Cinta clasificadora de porotos “BeanSeparator-3000”.

4.2. Aporte al desarrollo de Competencias

Particularmente el Trabajo se propuso hacer foco en las competencias ingenieriles en el marco de las recomendaciones realizadas en el Libro Rojo de CONFEDI, a saber:

Competencias tecnológicas

- Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
- Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.

Competencias sociales, políticas y actitudinales

- Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Comunicarse con efectividad.

- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Aprender en forma continua y autónoma.
- Actuar con espíritu emprendedor.

En tal sentido se pudo validar en esta experiencia la adopción de un rol más activo por parte de los alumnos dentro del proceso de enseñanza aprendizaje, permitiéndoles “encontrar un valor”, es decir un significado a los contenidos que abordan y la relación con el contexto en el que se desenvuelven.

De igual manera, para el equipo docente y de gestión se ha generado información que permite tener un mayor conocimiento tanto de sus “usuarios” como de las metodologías, herramientas y dispositivos tecnopedagógicos en general, en las que los alumnos perciben la enseñanza aprendizaje; lo cual contribuye a adoptar estrategias que sirvan a acortar la brecha existente en relación a la enseñanza aprendizaje de nuevas capacidades.

4.3. Resultados académicos

En líneas generales podemos resumir los siguientes resultados académicos:

- Participación: Se logró la participación activa del 100% de los estudiantes que conformaron cada curso, sin deserción.
- Efectividad: se logró la apropiación de los contenidos según las evaluaciones realizadas para todo el proyecto, por lo que el 100% de los alumnos aprobaron el trabajo. Además, para el caso de ISI, la nota del trabajo sirvió para que el 100% de los alumnos promocionen la materia, al tratarse de un Trabajo Práctico Integrador.
- Comunicación: Con el fin de desarrollar las competencias de comunicarse con efectividad, se instó a los alumnos a presentar sus prototipos en el marco del Día de la Ingeniería. Donde tuvieron que dar a conocer sus trabajos frente a autoridades, docentes y alumnos de diferentes carreras.

4.4. Sobre el uso de la Metodología Design Sprint

De acuerdo a lo observado por el equipo de docentes tutores y las opiniones recogidas por los mismos estudiantes, el uso de la metodología ha sido comprendido y aplicado en promedio en un 70 y 85% del tiempo.

Por otra parte, el uso de herramientas visuales, tales como el Impact Mapping y el uso del Trello, ha colaborado en la integración de los equipos en cuanto a entendimiento del reto y definición de ideas, aportando así a la toma de decisiones y la comunicación, en cada equipo interdisciplinario.

De la metodología, las fases que han captado un mayor interés han sido las referidas a Entender (Fase 1), Prototipar (Fase 4) y Validar (Fase 5).

4.5. Acciones futuras

En términos de debilidades y/o amenazas vale mencionar la posible descoordinación entre las disciplinas en cuanto a tiempos, vocabularios y/o objetivos. Por lo cual es todo gran reto para los alumnos de las disciplinas “sincronizar” y actuar en pos del reto propuesto.

Respecto a la replicabilidad, los resultados y evaluaciones por parte tanto de alumnos como del equipo docente indican que la experiencia es totalmente replicable y si bien deberá ajustarse en términos de las actividades académicas y el calendario respectivo, inclusive puede solicitarse mayores exigencias.

Como trabajo a futuro se vislumbra ahondar en experiencias interdisciplinarias abordadas bajo el ABP, a fin de detectar oportunidades de desarrollar mejores competencias en los alumnos de ambas disciplinas, a través de este proceso de enseñanza aprendizaje. Las experiencias entre cátedras e interdisciplina aportan al provocar la generación de saberes integrados y coordinados, los que conforman el perfil del futuro profesional, dando lugar a centrar la atención en un tema particular pero visualizado transversalmente, las diferentes disciplinas.

5. Conclusiones

La experiencia partió del encuentro de un punto en común entre las carreras en lo que respecta a reproducir una experiencia en un proyecto profesional, esto es, la definición de objetivos, planificación, la gestión de los tiempos, la utilización y optimización de los recursos, la comunicación multidisciplinaria, entre otros aspectos.

Para llevar a cabo el proyecto, se conformaron equipos interdisciplinarios de ambas ingenierías quienes definieron en detalle el producto final a construir, resultando dispositivos clasificadores de alimentos según diversas características, como por tamaño, color o peso. Desde la Ingeniería en Alimentos se aportaron los conocimientos propios del dominio del problema, mientras que desde la Ingeniería en Sistemas de Información se aportó el conocimiento en gestión de

proyectos y conocimiento técnico para el desarrollo del dispositivo.

Los equipos fueron auto gestionados, es decir, los profesores no intervinieron en la organización ni en las actividades puntuales de ellos, solo definimos la metodología del proyecto, de tipo ágil, con 3 (tres) etapas, al finalizar cada una de ellas, se realizaba una presentación del prototipo que mejoraba en cada iteración en función del Feedback que se les proveía.

Considerando que la Industria 4.0 nos exige y obliga a preparar trabajadores 4.0 es válido recordar lo que remarca César Coll [15] “no es en las TIC ni en sus características propias y específicas, sino en las actividades que llevan a cabo profesores y estudiantes gracias a las posibilidades de comunicación, intercambio, acceso y procesamiento de la información que les ofrecen las TIC, donde hay que buscar las claves para comprender y valorar su impacto sobre la enseñanza y el aprendizaje”.

6. Referencias

- [1] Echeverría A. y López-Zafra E. (2011). “Pigmalión, ¿Sigue Vivo? Inteligencia emocional y la percepción del profesorado de alumnos de E.S.O.”. Recuperado el 01/07/2018 de <<https://www.researchgate.net/publication/277267118>>.
- [2] Universidad de la Cuenca del Plata (UCP). (2015). “Registro de Estrategias de Enseñanza Innovadoras orientadas al aprendizaje”. Anexo II. Resolución 56/15. Corrientes, 2015.
- [3] Burghardt, M.; Lapertosa, S.; Burgos, J. A.; Vallejos, O. A. y Romero, G. R. (2017). “La evolución de las cátedras para influir en los knowmads y formar al trabajador de la Industria 4.0”. Libro de Actas de CONAIISI. ISSN: 2347-0372. Santa Fé, Argentina.
- [4] Universidad de la Cuenca del Plata (UCP). (2004). “Modelo pedagógico de la Universidad”. Resolución 357/2004. Corrientes, 2004.
- [5] Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI). “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina: Libro Rojo de CONFEDI”. Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina. Rosario - 1 de junio de 2018. Recuperado el 01/06/2018 de <<https://confedi.org.ar/download/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018.pdf>>
- [6] Universidad de la Cuenca del Plata (UCP). (2016). “Modelo pedagógico de la Universidad - Normas para el dictado de clases”. Resolución 119 /16. Corrientes, 2016.
- [7] Jiménez Vega, M. (2014). “Lo que necesita un buen estudiante”. Vida Científica Boletín de la Escuela Preparatoria No. 4, [S.l.], v. 2, n. 4, jul. 2014. ISSN 2007-4905. Recuperado el 20/04/2018 de

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

<<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/articulo/view/1898>>.

[8] Schwartzman, G.; Tarasow, F. y Trech, M. (2014). "Dispositivos tecnopedagógicos en línea: medios interactivos para aprender". En Aprendizaje abierto y aprendizaje flexible: más allá de formatos y espacios tradicionales. ANEP-Ceibal, Montevideo, 2014. Recuperado el 05/06/17 de <http://www.anep.edu.uy/anep/phocadownload/Publicaciones/Plan_Ceibal/aprendizaje_abierto_anep_ceibal_2013.pdf>

[9] Jarche, H. (2018). "Learning for the next industrial revolution". Recuperado el 01/07/2018 de <<https://jarche.com/2018/06/learning-for-the-next-industrial-revolution/>>

[10] Caravaca, L. (2017). "La importancia de aprender haciendo (parte 1)". Recuperado el 05/06/17 de <<http://eduskopia.com/la-importancia-de-aprender-haciendo-parte-1/>>.

[11] Pellicer Iborra, C.; Batet Rovirosa, M. (2017). "Pedagogías Ágiles para el Emprendimiento". Aula Planeta.

[12] <https://designsprintkit.withgoogle.com> Sitio oficial Design Sprint Kit. Recuperado el 01/07/2018 de <<https://designsprintkit.withgoogle.com>>

[13] Google Ventures. (2016). "Design Sprint". Recuperado el 01/03/2018 de <<http://www.gv.com/sprint/>>

[14] www.impactmapping.org Sitio oficial Impact Mapping Recuperado el 01/07/2018 de <www.impactmapping.org>.

[15] Coll, C. (2008). "Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades". Publicado en Boletín de la Institución Libre de Enseñanza N° 72. Madrid, diciembre 2008. ISSN 0214-1302. Ejemplar dedicado a: Educar en la sociedad del conocimiento, págs. 17-40.

Evaluación de Calidad en Procesos Ágiles desde la Perspectiva del Trabajo en Equipo

Noelia Pinto; Blas Cabas Geat; Cesar J. Acuña; Nicolas Tortosa
CInApTIC (Centro de Investigación Aplicada en TICS)
UTN Facultad Regional Resistencia
Resistencia, Chaco, Argentina
{ns.pinto, blasc147, csr.acn, nicotortosa}@gmail.com

Abstract

La industria del software requiere de productos y servicios de alta calidad, lo cual se logra mediante la aplicación de modelos y metodologías de calidad reconocidos internacionalmente. Sin embargo, estos modelos en pequeñas y medianas empresas (PYMES) son muy difíciles de implementar ya que supone para estas una gran inversión en dinero, tiempo y recursos.

Con el objetivo de facilitar la adopción de prácticas ágiles que aseguren la calidad de los procesos de desarrollo de software se ha presentado Agile Quality Framework (AQF), un framework que integra un modelo de calidad junto a una herramienta de software que permite la automatización de dicho modelo y que se adapta a las características de las PYMES.

AQF surge entonces, como una plataforma que contribuye con los equipos de desarrollo de software ofreciendo información a partir de la evaluación de calidad en entornos ágiles, considerando como objeto de la medición al proceso de desarrollo independientemente de la metodología ágil seleccionada.

El framework evalúa diversos aspectos para determinar la calidad en el proceso ágil. Así, en este artículo se presentan las características del proceso de evaluación de los equipos de trabajo en entornos ágiles que utiliza AQF, junto a los resultados de validación, a través de casos de estudio en ambientes reales de desarrollo.

Palabras Claves: Calidad de Software; Evaluación de Calidad de Software; Proyectos Ágiles

1. Introducción

Existen numerosas propuestas metodológicas que guían el ciclo del desarrollo de software y que inciden en distintas dimensiones del proceso. Las metodologías más tradicionales se centran especialmente en una rigurosa

definición de: roles, actividades involucradas, artefactos que se deben producir, herramientas y notaciones que se usarán [1]. Sin embargo, estos enfoques no resultan ser los más adecuados para muchos de los proyectos relacionados a escenarios actuales, donde el entorno del sistema es muy cambiante y en donde se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo, sin descuidar los niveles de calidad.

Como contraparte a las metodologías clásicas, surgen ciclos de desarrollo ágiles que persiguen principios tales como la entrega incremental al cliente, la mejora continua y el énfasis en la colaboración cercana entre el equipo de desarrollo y los expertos del negocio [2]. De esta forma, estos enfoques se caracterizan por prácticas enfocadas en ciclos de desarrollos cortos, iterativos e incrementales, con equipos pequeños y auto organizados, refactorización de código, donde el desarrollo conducido por la prueba es práctica habitual y la participación de los clientes en forma frecuente permite presentar la evolución del producto en cada ciclo de desarrollo [3].

Diversos estudios demuestran que la adopción de prácticas ágiles se ha incrementado en los últimos años. Según el último reporte de VersionOne [4], más del 80% de las empresas usan algún enfoque guiado por prácticas ágiles para el desarrollo de sus aplicaciones, debido a que favorecen una adaptación más rápida a los cambios del mercado.

Sumado a la filosofía ágil, la aplicación de modelos de calidad promueve la mejora continua en las empresas que utilizan prácticas ágiles en sus proyectos de software, estableciendo procesos con insumos y resultados medibles, reduciendo costos y promoviendo la eficiencia. Las empresas se ven beneficiadas al poder ofrecer a sus clientes productos de mayor calidad y seguridad en el cumplimiento de los tiempos previstos [5].

Habiendo realizado un análisis de la literatura disponible, en su mayoría, los estudios se centran en analizar la relación entre calidad y procesos ágiles, sin

una evaluar cómo se implementan las prácticas ágiles utilizadas. Así, y

teniendo en cuenta las particularidades de organizaciones tipo PYMES, resultados de estudios previos realizados [6], demuestran la ausencia de estrategias que permitan a las empresas integrar agilidad a sus ciclos de desarrollo sin dejar de lado aspectos relacionados a la calidad de software.

En este sentido, y como primera alternativa, se viene trabajando en la implementación y validación de un marco de trabajo que permita evaluar la calidad cuando se opta por trabajar con procesos ágiles de desarrollo de software. Dicho framework se denomina AQF (Agile Quality Framework) y su versión actual está formada por un modelo, QuAM (Quality Agile Model), compuesto por métricas, atributos y criterios que permiten medir los niveles de calidad asociados a las prácticas ágiles, y por QuAGI (Quality AGile), una herramienta de software que brinda soporte a dicho modelo a través de la automatización del seguimiento de proyectos y la visualización de diferentes informes [7].

Tras diversos casos de estudio, que preceden al que aquí se presenta, AQF[8], con su última actualización v2, ha mejorado el procedimiento de evaluación de calidad del proceso y actualmente se viene trabajando en la validación de esta nueva propuesta.

Así, entre los componentes del framework, uno de ellos se enfoca en medir la calidad del proceso ágil teniendo en cuenta las características del equipo de trabajo. En este sentido, cuando se hace referencia a procesos de desarrollo de software utilizando prácticas ágiles se hace énfasis en el desarrollo de conocimientos y habilidades de los empleados para permitir que ellos interactúen en equipos de trabajo flexibles y con poder de decisión [9], estos equipos son multifuncionales, con el fin de combinar los conocimientos para enriquecer al cliente; son dinámicos y rápidamente reconfigurables, dando flexibilidad a la organización; son cooperativos, en y entre las compañías, permitiendo la cooperación intra y extra organizacional necesaria para aumentar la competitividad; y son virtuales, lo cual permite a la compañía combinar los recursos necesarios para cumplir los objetivos empresariales [10]. Tal como lo expresa Beck en los principios del manifiesto de desarrollo ágil de software [2], un equipo de trabajo ágil puede mejorar la velocidad y la productividad logrando obtener las mejores arquitecturas, requisitos y diseño de software.

Por todo ello, en este artículo se presenta la nueva extensión de AQF v2 al incorporar a su esquema de componentes el análisis de los equipos de trabajo como factor que impacta directamente en la calidad de procesos de desarrollo de software bajo enfoques ágiles. Además, se incluyen los resultados de la validación a través de un caso de estudio diseñado a tal fin.

El resto del artículo se estructura como sigue: en la sección 2 se presentan trabajos relacionados a las prácticas ágiles y los equipos ágiles de trabajo. Luego en la sección 3 se describe el framework AQF v2, sus componentes, y se describe, específicamente, la métrica asociada a la evaluación de los equipos de trabajo. En la sección 4 se expone el diseño del caso de estudio junto al proceso de validación llevado a cabo e incluye el análisis de los resultados obtenidos. Y finalmente, en la sección 5 se presentan conclusiones y la propuesta de trabajos futuros posibles.

2. Trabajos Relacionados

El Marco de soluciones de software ágil (ASSF) [11] proporciona un contexto general para el conocimiento y la gestión de métodos ágiles, y contiene un kit de herramientas Agile para cuantificar parte del proceso ágil. Esta herramienta permite la evaluación de las prácticas ágiles desde cuatro perspectivas o dimensiones: el ámbito donde se implementa la práctica, la caracterización de la agilidad, la caracterización de los valores ágiles, basado en [2] y caracterización del proceso de software [12].

Respecto a la formalización de la relación entre la calidad y agilidad en [13] se presenta AGIS, una herramienta que basada en los principios de mejora y auditoría de ISO 9001:2008, es capaz de medir el grado de agilidad de un proceso de acuerdo con los valores del manifiesto ágil. El modelo se compone de 10 dimensiones, entre las que se encuentra AGIS 6: "Eficiencia de las reuniones de equipo". En esta dimensión se evalúa si las reuniones de equipo están siendo eficientes, observado el grado de cumplimiento respecto a las restricciones establecidas y verificando la definición de roles si cuentan con roles dentro de las mismas para asegurar la consecución de sus objetivos. Sin embargo, para implementar AGIS en cualquier empresa se requiere contar con auditores externos con experiencia en normas ISO, lo que, sumado al costo económico, dificulta su implementación en escenarios actuales.

Otra propuesta es la presentada por Mendes Calo en [14] que permite evaluar en qué nivel las metodologías ágiles satisfacen los principios básicos definidos por el Manifiesto Ágil. Así, establece una evaluación cuantitativa respecto a en qué nivel la implementación de cada metodología cumple con el postulado 1: "Valorar al individuo y a las interacciones del equipo de desarrollo por encima del proceso y las herramientas", sin embargo no contempla recomendaciones en cuánto a cómo mejorar el rendimiento observado y sólo evalúa la metodología sin considerar la implementación en casos reales.

Ante lo antes expuesto, y aunque estos estudios se basan conceptualmente en cuestiones asociadas a calidad y agilidad, se observa poco énfasis sobre particularidades relacionadas a medir, cuanti y cualitativamente, la calidad respecto a la interacción de los equipos de trabajo en entornos ágiles.

Además, hasta el momento, no se han encontrado estudios que integren todas las prácticas ágiles asociadas a un proceso y se realice sobre ello la evaluación de calidad resultante.

En este sentido, el estudio que aquí se presenta forma parte de un amplio trabajo de investigación que se viene realizando respecto al abordaje de la evaluación de calidad de procesos ágiles, que ya ha experimentado diversos casos de validación [15,16] y en el que se integra, en un mismo proceso, el seguimiento de la gestión de requerimientos ágiles junto a la evaluación de calidad asociada.

3. Framework AQF V2 y la evaluación del equipo de trabajo.

El framework de evaluación propuesto AQF v2 ofrece a las empresas valores cuantitativos respecto a la calidad de los procesos ágiles y apreciaciones cualitativas que caracterizan los niveles obtenidos. Su aporte significativo se centra en que el nivel de calidad de un proyecto ágil no puede estar definido únicamente por un valor numérico, sino que deben analizarse una serie de cuestiones, en base al contexto en el que se desarrolla el proceso, que seguramente condicionen la ejecución de este.

3.1 Componentes de AQF v2: La relación entre QuAM y QuAGI

Uno de los componentes de AQF v2 es QuAM [17], un modelo conceptual que tiene por objetivo proporcionar un método que permita evaluar la calidad tanto de los procesos de desarrollo de software basados en prácticas ágiles como de los productos que se obtengan a partir de dicho proceso y por aplicaciones de software que dan soporte a la gestión de este modelo. Tal como se ve en la Tabla 1, se compone de un esquema organizado por métricas (M_i , $i = 1...4$) que incluyen atributos medibles (A_i) a través de una serie de criterios con medidas asociadas, configurando un modelo de evaluación de calidad que permite obtener el perfil ágil asociado a determinado proyecto.

El conjunto de atributos de cada métrica se clasifica en: Positivos, aquéllos que se desean enfatizar y promover para aumentar los niveles de calidad, y

Negativos, aquéllos que se desean disminuir para que no afecten insatisfactoriamente a la calidad del proceso.

Table 1. Métricas, Atributos y Criterios de QuAM en AQF v2

<i>Métrica 1: Capacidad de Producción de Entregables</i>	
<i>Atributos Positivos</i>	<i>Atributos Negativos</i>
<i>A1.1 Valor a la estimación</i>	<i>A1.2 Valorar el lead time</i>
- Todas las historias de usuario de un sprint tienen asignado puntos historia	- De los sprints finalizados se encuentra validado menos del 10% de los criterios de aceptación.
- Más del 80% de las US tienen asignado puntos de historia	- De los sprints finalizados se encuentra validado menos del 40% y más del 10% de los criterios de aceptación.
- Entre el 40 % y el 80% de las historias de usuario tienen asignado puntos de historias.	- De los sprints finalizados se encuentra validado menos del 80% y más del 40% de los criterios de aceptación.
- Entre el 10% y el 40% de las historias de usuario tienen asignado puntos de historias.	- De los sprints finalizados se encuentra validado más del 80% de los criterios de aceptación-
-Menos del 10% de las US tienen asignado puntos de historia	- De los sprints finalizados se encuentra validado todos los criterios de aceptación
<i>Métrica 2: Evaluación del Equipo de Trabajo</i>	
<i>Atributos Positivos</i>	<i>Atributos Negativos</i>
<i>A2.1 - Valor a la definición de roles</i>	<i>A2.2 - Valor al proceso por sobre el equipo</i>
- El 100% de las tareas tienen asignado responsable y tipo	- Existen US que no están agrupadas dentro de algún Sprint.
- Más del 80% de las tareas tienen definido responsable y tipo.	-Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y menos del 50% tienen tareas definidas.
- Entre el 80% y 50% de las tareas tienen definido responsable y tipo.	-Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y al menos el 60% tienen tareas definidas.
-La definición de responsable y tipo se realizó en menos del 50% de las tareas	-Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y al menos el 80% tienen tareas definidas.
-Ninguna tarea tiene definido responsable ni tipo.	-Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y el 100% tienen

	tareas definidas.
Métrica 3 - Comunicación con el cliente	
Atributos Positivos	Atributos Negativos
A3.1 - Valorar la colaboración con el cliente	A3.2 - Valorar la negociación contractual
· El Cliente es parte del equipo, participa de los sprint planning (SP) y redacta las historias de usuario	- El Cliente solo es considerado desde el punto de vista contractual y no ingresa a la plataforma
· El Cliente es parte del equipo, redacta la mayoría de las historias de usuario y participa en la mayoría de los SP	-El Cliente solo ingresa a la plataforma al finalizar el proyecto
- El Cliente es parte del equipo y participa en la mayoría de los SP	- El Cliente define el Contrato, y utiliza la herramienta
· El Cliente colabora a demanda del equipo	
- El Cliente no forma parte del equipo	- El Cliente define el Contrato y forma parte del equipo de desarrollo
Métrica 4 - Gestión de Requerimientos y Requisitos	
Atributos Positivos	Atributos Negativos
A4.1 - Valorar la Completitud de Historias de Usuario	A4.2 - Valorar la dependencia entre requerimientos
- La redacción de ninguna US hace uso del Template, no se encuentran priorizadas y tampoco incluyen criterios de Aceptación	- Todos los Sprints incluyen al menos una dependencia entre las US que lo integran.
- La redacción de US se realiza de acuerdo al template, incluyen criterios de aceptación y se encuentran priorizadas en hasta un 60% del total de US.	- Más del 60% de los sprints incluyen US con dependencias
- La redacción de US se realiza de acuerdo al template e incluye criterios de aceptación y priorización en al menos el 90% del total de US.	- Se definen dependencias en menos del 60% de los sprints.
- Todas las US se encuentra redactadas de manera completa teniendo en cuenta que su redacción se realiza de acuerdo al template, incluye criterios de aceptación y prioriza US.	- Ningún sprint incluye entre sus US dependencias.

Sin embargo, no es suficiente contar con un modelo de calidad, que permita medir el nivel de calidad de un proceso ágil, si no se dispone de una herramienta que posibilite automatizar la gestión de los elementos del

modelo y analizar los resultados obtenidos a partir de diversos casos evaluados. La herramienta [que](#) da soporte a QuAM es QuAGI, una aplicación web que permite el seguimiento de proyectos basados en prácticas ágiles junto a la posibilidad de realizar evaluaciones continuas respecto al nivel de calidad que se esté logrando en el proceso [ágil](#).

En primer lugar, QuAGI a través de sus interfaces interactivas permite la administración de los proyectos a través de la visualización del diseño preliminar del plan, informes respecto a estados del mismo, provee información integral de las actividades, sirve como herramienta de comunicación interna entre los integrantes del equipo, entre otros. En segundo lugar, da soporte a los procesos de toma de decisiones asistiendo a los responsables mediante reportes que informen sobre la calidad del proyecto ágil.

3.2 Métrica 2: Evaluación del Equipo de Trabajo.

El motivo por el cual AQF evalúa la calidad en la interacción del equipo de trabajo, es para proporcionar una mejor comprensión de la naturaleza de los equipos autogestionados, que a su vez pueden beneficiar la aplicación efectiva de prácticas ágiles en un proyecto de desarrollo de software. Tal evaluación puede proporcionar información valiosa para comprender el desafío de mantener un equipo ágil y multifuncional. Para tal fin se presenta la segunda métrica de QuAM en detalle, Evaluación del equipo de trabajo, ponderando positivamente si los roles están claramente definidos, y negativamente, si se pone énfasis en el proceso más que en la sinergia del equipo.

Tal como se describe en la tabla 2, se decidió utilizar como un indicador positivo la manera en la que se definen y se asignan las tareas, de esta manera lo que se busca es promover que las empresas tengan bien definidos los roles de los integrantes del equipo en cada proyecto y que además todos estén informados de las tareas que realiza cada uno. De esta manera, si todas las tareas involucradas en cada Historias de Usuarios (User Stories o US) tienen definido un tipo y además tienen asignado un responsable el atributo tomará el máximo valor definido. Por el contrario, se considerará como una definición de roles y tareas incompleta. En este caso, si la cantidad de US que posean ambas definiciones se encuentre por encima del 80% pero no llegue a la totalidad, se otorga un valor de 3 al atributo positivo, alcanzado un nivel de calidad "Muy Bueno". Para los valores que se encuentren por debajo del 80%, pero que esté por encima de la mitad, se evalúa con un valor 2 de nivel de calidad, es decir "Bueno", pues más de la mitad del porcentaje de las tareas cuentan con tipo y responsable.

Ya por debajo de la mitad de US, no se cuenta con una clara definición de roles para el Equipo, por lo que se lo considera como Regular y el atributo positivo toma el valor de 1. Finalmente, si a ninguna tarea se le asigna responsable o tipo el atributo pasa directamente tomar el valor más bajo de la escala, obteniendo dicha configuración el peor nivel de calidad para el atributo positivo.

Con respecto al atributo negativo, tal como se observa en la tabla 3, será contraproducente para la Métrica 2 la manera en que se definen las Historias de Usuarios, considerando como mala práctica la sola definición de la US sin asignación a ningún sprint ni tareas relacionadas. Si en el proyecto se valora más el proceso por sobre el equipo, se está haciendo una definición de US como una simple representación de una necesidad del cliente. Sin embargo, al asignarle tareas a cada US se le otorga valor a los roles del equipo y, además, al agruparlas en sprints es posible llevar a cabo una priorización de acuerdo al valor que presenten estas para el cliente. Al no tener en consideración este proceso de clasificación en sprints el Product Owner que debería ser un integrante activo en el equipo, no es considerado como tal.

¿Por qué resulta esto negativo? Pues porque de las US sin sprints no se podrán hacer un seguimiento, y sin tareas asignadas no se podrá hacer una evaluación del equipo de trabajo. Así, si existen US que no forman parte de sprints, el atributo pasa a tomar el valor más bajo en la escala, y es considerado como Muy Malo.

Tabla 2. Descripción del atributo positivo de la métrica “Evaluación del Equipo de Trabajo”

Atributo Positivo		
A2.1 Valorar la definición de roles		
Criterio	Valor	Descripción
- El 100% de las tareas tienen asignado responsable y tipo.	4	Nivel excelente cuando cada una de las tareas creadas en el proyecto tienen asignado un responsable y además se indica de que tipo es.
- Más del 80% de las tareas tienen definido responsable y tipo.	3	La asignación de responsable y el tipo están especificados en al menos el 80% del total de tareas creadas.
- Entre el 80% y 50% de las tareas tienen definido responsable y tipo.	2	La asignación de responsable y el tipo están

		especificados en al menos el 50% del total de tareas creadas.
-La definición de responsable y tipo se realizó en menos del 50% de las tareas.	1	La asignación de responsable y el tipo están especificados en menos del 50% del total de tareas creadas.
-Ninguna tarea tiene definido responsable ni tipo.	0	Sobre el total de tareas registradas no se ha especificado responsable ni tipo.

Tabla 3. Descripción del atributo negativo de la métrica “Evaluación del Equipo de Trabajo”.

Atributo Negativo		
A2.2 Valor al proceso por sobre el equipo		
Criterio	Valor	
-Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y el 100% tienen tareas definidas.	0	Todas las historias de usuario registradas en el proyecto están asignadas a un sprint y contienen tareas relacionadas.
- Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y al menos el 80% tienen tareas definidas.	-1	Al menos el 80% de las historias de usuario contienen tareas relacionadas.
- Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y al menos el 60% tienen tareas definidas.	-2	Al menos el 60% de las historias de usuario contienen tareas relacionadas..
- Todas las US se encuentran agrupadas en Sprints y al menos del 50% tienen tareas definidas.	-3	Al menos el 50% de las historias de usuario contienen tareas relacionadas.
-Existen US que no están agrupadas dentro de algún Sprint.	-4	El peor valor del atributo negativo indica que de todas las historias de usuario, existen

		algunas que no están asignadas a un sprint específico.
--	--	--

4. Caso de estudio y análisis de resultados.

Como se expresó anteriormente, la primera versión de AQF ha sido validada a través de la ejecución de diferentes casos de estudios en empresas PYMES de desarrollo de software. Tras evaluar los resultados se hizo necesario que la plataforma fuera mejorada en un proceso de reingeniería, obteniéndose así una nueva versión del framework: AQF v2.

De esta forma, y con el objetivo de evaluación de esta nueva versión, se han diseñado nuevas experiencias a través de casos de estudios que permitan validar el framework en todos sus aspectos.

Así, en este caso se considera un caso de estudio que incluye la implementación de AQF v2 sobre varios equipos de trabajo diferentes trabajando en diversos proyectos ágiles.

4.1 Caso de Estudio.

La experiencia que aquí se describe contempla la participación de 20 equipos de proyectos de software guiados por algún enfoque ágil (SCRUM, XP, Lean Kanban, entre otros), localizados geográficamente en Chaco y Corrientes. El objetivo del caso de estudio se centró en validar la información que AQF proporciona respecto a la calidad lograda a nivel de equipo de trabajo en cada proyecto, y cómo esto impacta en la mejora de los procesos asociados.

La metodología de evaluación implicó la implementación real de AQF como herramienta de seguimiento de proyecto, para lo cual se solicitó al equipo de la empresa que se registre en la plataforma QuAGI [18]. Luego desde la administración de QuAGI se establecieron permisos, indicando quién tendría el rol de Administrador del proyecto, que a su vez debe dar de alta al Cliente o Product Owner. Cabe destacar que de la experiencia participaron todos los integrantes del equipo, incluyendo al Product Owner.

Una vez configurado el equipo, se continuó con la carga de información relevante al proyecto (Fecha de Inicio, Metodología ágil, Nombre). Luego se solicitó se registren datos del sprint en ejecución, haciendo foco en el conjunto de historias de usuario y sus tareas correspondientes. Cuando los equipos ya se encontraban trabajando con otras herramientas de seguimiento, y a fin de facilitar esta carga de información, se realizó una importación de datos hacia QuAGI a cargo del equipo técnico de AQF.

Para iniciar la primera iteración de uso de AQF, se indicó al Administrador del proyecto que solicite obtener la calidad correspondiente a la métrica 2, permitiendo que esa información quede registrada y pueda ser analizada a posteriori.

Respetando acuerdos de confidencialidad no es posible publicar información referente a cada empresa, ni a los proyectos considerados para este estudio.

Así, y habiéndose llevado a cabo la implementación de AQF, se exponen a continuación los resultados obtenidos de la experiencia.

4.2 Análisis de Resultados.

En primera instancia, y como se muestra en la Figura 1, la mayoría de los proyectos participantes utilizan Scrum como framework de desarrollo ágil de software.

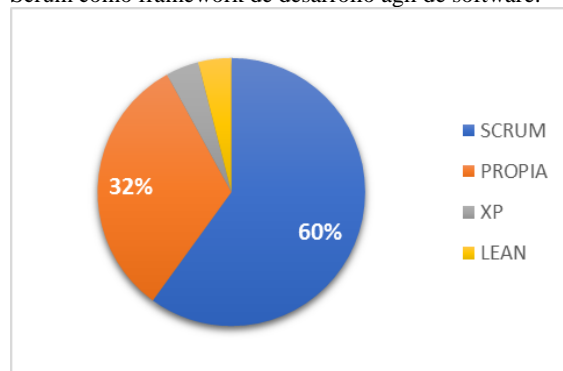


Figura 1. Metodologías Ágiles usadas

De acuerdo con lo que se observa en la Figura 2, y considerando la totalidad de proyectos estudiados, el valor obtenido durante la primera ejecución de evaluación de calidad de la métrica fue en promedio igual a 1, pues para el 75% de los casos el nivel de calidad de "Evaluación del equipo de trabajo" ha sido Regular. Esto sin haber implementado las recomendaciones de AQF.

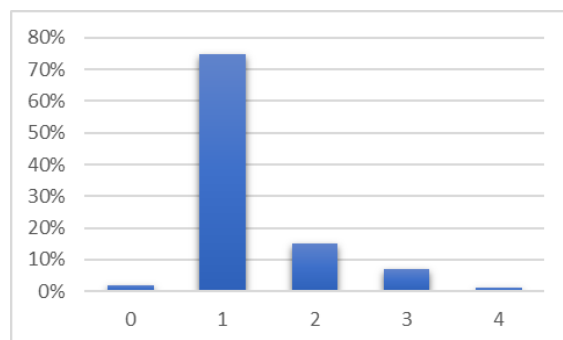


Figura 2. Nivel de calidad asociado a la métrica 2 durante la primera iteración

Asimismo, en la Figura 3 se muestra la descomposición que se obtuvo, en general, para los valores del atributo positivo y del atributo negativo.

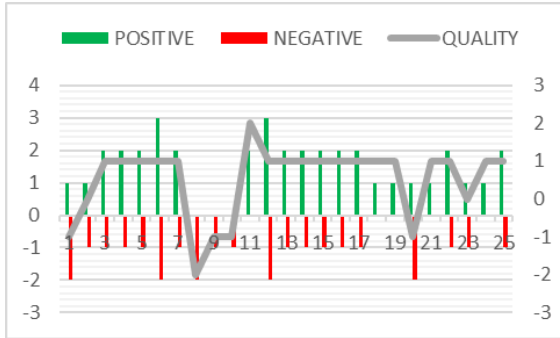


Figura 3. Valores obtenidos para los atributos

En el caso del atributo positivo, es decir respecto a “Valorar la definición de roles”, en promedio se alcanza, de acuerdo con lo establecido por QuAM, un valor aproximado de 2, lo que significa que en la mayor parte de los proyectos analizados más del 80% de las tareas tienen definido responsable y tipo.. Para mejorar este rendimiento, se han identificado las historias de usuario que no se correspondían con lo recomendado por el modelo y se ha entregado dicha información a la empresa.

Respecto al atributo negativo, se obtuvo en promedio un valor de -1 lo que, según QuAM en AQF v2, significa que si bien todas las US se encuentran agrupadas en sprints solo el 80% tienen tareas definidas. Esto afectaría el seguimiento del proyecto, además de la priorización y la estimación para cada historias de usuario. Así, y si bien no forma parte del alcance de AQF v2 resolver cómo definir tareas en cada US, se recomendó al equipo llevar a cabo los siguientes pasos: (1) realizar un primer esquema y análisis técnico del proceso; (2) determinar el “Definition of Done” (DoD), de aquí surgirá la necesidad de diversas tareas (por ejemplo revisiones de código, preparación de la demo, entre otras); (3) realizar un mapa de historias de usuario que permita visualizar vertical y horizontalmente el proyecto completo.

Luego de esta primera iteración, el proceso de validación continuó a partir de la incorporación de mejoras, tomando como base las recomendaciones obtenidas a partir de la primera evaluación realizada usando AQF v2.

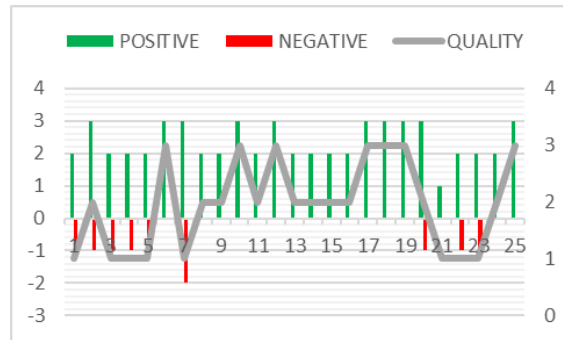


Figura 4. Valores obtenidos para los atributos

Ahora, como se ve en la Figura 4, los niveles de calidad asociados a la “Evaluación de Equipos de Trabajo” mejoraron notoriamente al incorporarse las mejoras recomendadas respecto a la información registrada en cada sprint backlog.

Para fortalecer aún más los resultados cuantitativos obtenidos con AQF v2, se realizó una reunión con cada equipo a fin de obtener un feedback cualitativo a través de la recolección de sensaciones y percepciones in situ (en la mayoría de los casos la reunión se llevó a cabo de manera remota pues no fue posible acordar un horario y se quiso evitar interrumpir en demasía con el trabajo diario de cada PYME).

Así, los Administradores de Proyecto han manifestado que la primera acción llevada adelante para mejorar el rendimiento fue frenar la ejecución del proyecto y establecer una clara definición de roles, distribuyendo las tareas entre cada miembro del equipo de acuerdo a su perfil. Esto contribuyó, incluso, a una mejor comunicación e interacción con el cliente por parte del equipo, y brindó mayor claridad al seguimiento de cada proyecto.

Por otro lado, se identificaron aquellas US aisladas que dificultaban la distribución de tareas y por lo tanto afectaban negativamente con la estimación del proyecto. Luego, se asignó cada una de ellas, de acuerdo con su prioridad y a la necesidad que describían, al sprint correspondiente. En algunos casos la US identificada fue incluida como tarea en la realización de otra US. Algunos equipos han explicado que la inclusión del Story Map ofreció una visión integral del proyecto, y colaboró en una mejor definición de los requerimientos del mismo.

Conclusiones

Este trabajo presentó los resultados obtenidos a partir de la evaluación de calidad de proyectos ágiles en ambientes reales de desarrollo en PyMEs de Chaco y Corrientes, a través del uso de QuAGI (Quality AGIle), como herramienta de seguimiento de equipos de trabajo a

partir de una nueva propuesta incluida en el modelo denominado QuAM (Quality Agile Model), y conformando ambos la configuración inicial del framework AQF (Agile Quality Framework). A través del diseño de una experiencia de validación que permitiera la ejecución del framework en ambientes reales, se ha observado que las empresas lograron incorporar fácilmente a QuAGI como herramienta de soporte al proceso de desarrollo y gestión de sus proyectos ágiles. Esto debido a, según expresan las mismas empresas, la plataforma proporciona a sus usuarios una interfaz amigable y con flujos de trabajo claramente definidos que alivianan los procesos asociados a la gestión. Y, respecto a los resultados obtenidos a través de la evaluación de calidad de la métrica "Evaluación de Equipos de Trabajo", las empresas han manifestado que reflejan en gran medida lo esperado de acuerdo con las características particulares de cada una y se pudo concluir que aún era necesario establecer nuevas estrategias que permitieran mejorar la interacción en los equipos y por ende su productividad. El factor más crítico, de acuerdo con lo expresado por las empresas, está relacionado a la falta de claridad y organización en la distribución de tareas de acuerdo a los perfiles que participan en cada equipo. Y, fue en este sentido, en el que AQF ha colaborado fuertemente en la identificación de aquellos aspectos que afectaban negativamente este desempeño.

Como trabajos futuros se pretende llevar a cabo más casos de estudio que permitan lograr la versión que se adecúe, en mayor medida, a la realidad de las PyMES, incorporando sus prácticas más comunes y permitiendo obtener el nivel de calidad más representativo a cada proyecto ágil que se evalúe a través de AQF. Además, resulta necesario incorporar al estudio de validación el resto de los componentes para analizar el funcionamiento integral del framework

Finalmente, a pedido de las empresas, se continuará expandiendo AQF mediante la incorporación de un Asistente Virtual que actúe en función a eventos, libere de trabajo de monitorización a los Administradores de Proyecto y de soporte a la toma de decisiones de directivos de las empresas.

Agradecimientos

El presente artículo está enmarcado en el proyecto "Evaluación de Calidad en Procesos Ágiles de Desarrollo de Software", que es financiado por la UTN y ejecutado en el Centro de Investigación aplicada en TICS (CInApTIC) de la Facultad Regional Resistencia, con el código IAI4445TC.

Referencias

- [1] Letelier, P., Penadés, P. "Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP)" Técnica Administrativa, Buenos Aires. ISSN 1666-1680 (2006).
- [2] Alliance, A. "Agile manifiesto". Disponible en <http://www.agilemanifesto.org> (2001)
- [3] Swebok, [Online]. Available: <http://www.computer.org/portal/web/swebok>
- [4] Pardo, César, JULIO ARIEL HURTADO, and CÉSAR A. COLLAZOS. "Mejora de procesos de software ágil con Agile-SPI Process." Dyna 77.164 +(2010).
- [5] Instituto de Fomento Empresarial – IFE. "Polo IT - Hacia la Certificación de un Sistema de Gestión de Calidad", <http://www.ife.gov.ar/articulo/articuloDetalle.aspx?articuloId=622>
- [6] Rujana, M., Romero Franco, N., Tortosa, N., Tomaselli, G., & Pinto, N. (2016). "Análisis sobre adopción de metodologías ágiles en los equipos de desarrollo en pymes del NEA". XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016)
- [7] Noelia Pinto; César Acuña; Nicolás Tortosa; Blas Cabas Geat (2017) XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. La Plata, Buenos Aires. Argentina. "Evaluating Quality in Agile Developments. A first validation experience with NEA Software SMEs."
- [8] Pinto, N., Acuña, C., Tortosa, N., & Cabas Geat, B. (2017). Evaluating Quality in Agile Developments. A first validation experience with NEA Software SMEs. In XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (La Plata, 2017)..
- [9] Vadillo, M. T. P. (2013). Liderazgo y motivación de equipos de trabajo. ESIC Editorial
- [10] Manyoma Velásquez, P. C., & Alarcón Henao, A. M. (2013). Manufactura ágil: aclaraciones y confusiones
- [11] Qumer, A., & Henderson-Sellers, B. (2008). A framework to support the evaluation, adoption and improvement of agile methods in practice. Journal of Systems and Software, 81(11), 1899-1919
- [12] Jalote, P. (2012). An integrated approach to software engineering. Springer Science & Business Media.
- [13] Matalonga, S., & Rivedieu, G. (2015). AGIS: hacia una herramienta basada en ISO9001 para la medición de procesos ágiles. Computación y Sistemas, 19(1), 163-175
- [14] Mendes Calo, K., Estévez, E. C., & Fillotrani, P. R. (2009). Un framework para evaluación de metodologías ágiles. In XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[15] Noelia Pinto, Gabriela Tomaselli, César J. Acuña, Liliana Cuenca Pletsch (2017) “QUAGI: Una propuesta para el seguimiento y evaluación de proyectos de Software Ágiles” V SABTIC, VIII STIN e XVIII Fórum, Três de Maio, Brasil.

[16] Noelia Soledad Pinto, Liliana Raquel Cuenca Pletsch, César Javier Acuña (2016) “Quality Evaluation in Agile Process: A First Approach” XXII Congreso Argentino de Ciencias Informáticas y Computación Universidad Nacional de San Luis.

[17] Pinto, N., et al (2016). Validación del diseño de componentes de QuAM: un Modelo de Calidad para procesos Ágiles. Publicado en Anales del IV Seminario Argentina-Brasil de Tecnologías de la Comunicación y la Comunicación (SABTIC 2016). ISBN 978-987-3619-15-1.

[18] QuAGI. Disponible en <http://quagi.frre.utn.edu.ar>

Detección de Clusters Ocultos en Grafos de Modelos de Ingeniería de Requisitos

Jorge H. Doorn

*Escuela de Informática, Universidad Nacional
del Oeste
Córdoba 1055, Merlo, Buenos Aires, Argentina
Departamento de Ingeniería
Universidad Nacional de la Matanza
Valentín Gómez 4828, Caseros, Buenos Aires
jdoorn@exa.unicen.edu.ar*

Marcela Ridao

*INTIA
Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires
mridao@exa.unicen.edu.ar*

Abstract

La visualización de grafos ha sido utilizada, y se sigue utilizando en muchas y diferentes áreas de las ciencias de la computación. En artículos anteriores, los autores han mostrado su utilidad en la Ingeniería de Requisitos ya que los mismos facilitan la visualización de características de algunos modelos construidos en lenguaje natural, permitiendo detectar en ellos, clusters o agrupamientos que se corresponden con núcleos semánticos de esos modelos y por tanto en núcleos semánticos del contexto en el que se desenvolverá el sistema de software que está siendo planificado. Sin embargo, esta posibilidad ha enfrentado dificultades, en muchas situaciones, para la detección visual de los agrupamientos por observadores humanos. En este trabajo, se propone un mecanismo para facilitar esa visualización, detectando automáticamente dichos agrupamientos y utilizando como variable de ajuste la granularidad con que se realiza su detección.

1. Introducción

El estudio de la complejidad estructural se ha extendido y continúa extendiéndose en muchas disciplinas donde la complejidad esencial no es dominante. El uso de grafos se ha convertido en estos casos en una herramienta fundamental [4, 10]. En estos casos resulta sumamente importante la estrategia de ubicación de nodos que se utilice, ya que se pretende crear grafos en los que los nodos relacionados queden ubicados en lugares cercanos y los nodos no relacionados se ubiquen a mayores distancias. En otras palabras, lo que se pretende es crear agrupamientos que permitan visualizar, en el grafo que se construya, agrupamientos significativos respecto del fenómeno estudiado. En ese sentido, existen numerosos ejemplos, en diversas áreas de la ciencia, donde la detección de agrupamientos representa una contribución

significativa a la mejor comprensión del fenómeno representado en el grafo [34, 36, 37].

Dentro de este tipo de problemas, se destacan algunos tales como las redes organizacionales o redes sociales organizacionales, las redes de referencias bibliográficas o redes de grupos de interés entre muchos otros.

En particular, la detección de agrupamientos es utilizada con diversos fines en la Ingeniería de Requisitos (IR). Por ejemplo, en [11] los requisitos se agrupan en clusters, con el objetivo de priorizarlos.

Algunos de los modelos iniciales e intermedios de la Ingeniería de Requisitos también pueden ser estudiados desde el punto de vista estructural. El presente artículo describe algunos de los resultados obtenidos construyendo grafos relacionados con algunos de los modelos de un proceso de IR, basado en el uso del Lenguaje Natural. Estos modelos están relacionados, interna y externamente, mediante vínculos explícitos e implícitos [19]. En la sección 2, se describen brevemente los modelos y sus relaciones.

En particular, se ha estudiado estructuralmente el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) [24]. Este modelo registra el vocabulario del Universo del Discurso¹ (UdeD), mediante la descripción de los términos utilizados por el cliente-usuario, postergando la comprensión del problema. Se ha representado este modelo construyendo un grafo donde los símbolos han sido representados con nodos y las menciones a otros símbolos con arcos dirigidos. A partir de esta representación, fue posible observar que, además de la información explícita almacenada en cada nodo, existe una información implícita empotrada en la estructura de las relaciones entre los nodos. Epistemológicamente, este enfoque es muy similar al utilizado en minería de datos [3], en el sentido que se hace visible información que va más allá del propósito para el que fue creado el modelo.

¹UdeD: todo el contexto en el cual el software se desarrolla e incluye

Uno de los conocimientos obtenidos a partir de la estructura del LEL fue la existencia o no de agrupamientos de símbolos no siempre visibles en la navegación interactiva del modelo. Estos agrupamientos o sub-agrupamientos, cuando existen, permiten la visualización de componentes de posibles taxonomías del macrosistema².

Trabajos previos [30 - 32] han permitido detectar la presencia de los agrupamientos mencionados en el grafo construido a partir de LELs de diferentes casos de estudio. Sin embargo, esta visualización afronta dos limitaciones relevantes. Por un lado, los límites entre los grupos, suelen volverse difusos, especialmente cuando los clusters no adoptan formas circulares o elípticas, sino que poseen una forma irregular. Por otro lado, la variación en la granularidad con que se distribuyen las distancias entre nodos en los distintos clusters hace aún más engorrosa la percepción de los agrupamientos. En este trabajo se propone un mecanismo para delimitar automáticamente los clusters, utilizando como un parámetro relevante la distancia máxima entre nodos vecinos de un mismo cluster. Utilizando diferentes valores para este parámetro se resaltan algunos clusters y se atenúan u ocultan otros. La mejora en la visualización que se logra manipulando este parámetro es notable y como consecuencia, la calidad de la información semántica adquirida es también importante.

2. Modelos del Proceso de Ingeniería de Requisitos

Este trabajo se encuadra en un proceso de IR que se basa en la creación de modelos escritos en lenguaje natural, describiendo el dominio del problema y el artefacto de software que ha de ser construido dentro de ese dominio. Los modelos construidos y utilizados en este proceso son: el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL), los Escenarios Actuales y Futuros (EA y EF), el LEL de los Requisitos (LELr), y la Especificación de Requisitos (SRS).

El LEL contiene descripciones de los símbolos del lenguaje del dominio del problema, representando así el vocabulario de la aplicación. Los Escenarios describen situaciones observadas en el UdeD (EA), y también situaciones proyectadas para el momento en que se incorpore el nuevo artefacto de software (EF). Los Escenarios Actuales son descritos utilizando los términos definidos en el LEL, mientras que los Escenarios Futuros y la Lista de Requisitos involucran nuevos términos, que forman parte de otro glosario llamado LEL de los Requisitos (LELr). Mediante la construcción de estos modelos, los ingenieros logran un conocimiento

² Contexto cercano del sistema de software, principalmente el relacionado con su uso.

mucho más profundo del dominio, y el uso del lenguaje natural facilita su comunicación con los clientes y usuarios, favoreciendo la captación de información. Los modelos son construidos con el fin de ayudar a producir especificaciones de requisitos (SRS) de calidad, que podrán luego ser validadas con la intervención de los clientes [19].

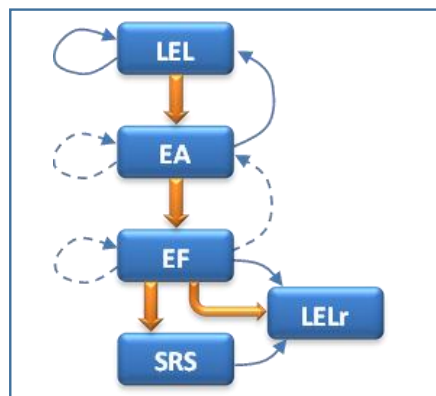


Figura 1. Proceso de Ingeniería de Requisitos, y vínculos entre los modelos.

Los modelos descriptos están relacionados entre sí, de tal modo que existen vínculos explícitos e implícitos tanto internos en cada representación, como conectando los modelos entre sí. Estos vínculos, que pueden verse en la figura 1, incluyen entre otros:

- Vínculos internos entre los símbolos del LEL
- Vínculos de EA a términos del LEL
- Vínculos implícitos entre EA por pertenencia a un mismo Escenario Integrador³
- Vínculos implícitos entre EF por pertenencia a un mismo Escenario Integrador Futuro
- Vínculos implícitos de trazas de los EF a EA
- Vínculos de los EF a términos de LELr
- Vínculos de la Especificación de Requisitos al LELr

Es a través de estas interconexiones, que es posible visualizar un modelo o conjunto de ellos como un grafo, y obtener una visión diferente de la que se obtiene leyendo los documentos en la forma convencional.

En primera instancia, se decidió abordar la visualización del Léxico Extendido del Lenguaje de diferentes casos de estudio, para analizarlo a partir de su representación como grafo. En la siguiente sección, se describe el modelo del LEL.

³ Un escenario integrador actual o futuro es un escenario que menciona en sus episodios situaciones concretas descritas por los escenarios actuales o futuros, respectivamente, permitiendo una visión global difícil de percibir en los modelos EA y EF.

3. LEL: Léxico Extendido del Lenguaje

El LEL es un glosario del vocabulario utilizado por los expertos del dominio de la aplicación. Su objetivo principal es que el ingeniero de requisitos conozca el lenguaje que habla el usuario, entendiendo los términos que utiliza, postergando la comprensión del problema [25, 26]. Un glosario que capture la jerga usada en el Universo de Discurso (UdeD) constituye, en sí mismo, una fuente que facilita la elicitación de información del dominio. [2, 5, 24, 27 - 29, 33].

Este modelo se construye utilizando lenguaje natural y está compuesto por símbolos que pueden ser Sujetos (realizan acciones), Objetos (las acciones se realizan sobre ellos), Verbos (acciones del sistema) y Estados significativos del sistema [23].

Cada símbolo en el LEL tiene uno o más nombres o frases que lo identifican y dos tipos de descripciones, la noción y el impacto. La noción describe la denotación de la palabra o frase. Indica quién es, cuándo ocurre, qué procesos involucra, qué significado tiene el símbolo, etc. El impacto describe la connotación del símbolo, es decir, su repercusión en el sistema. Esta descripción puede contener acciones que se ejecutan sobre otros objetos o que se aplican al que se está describiendo, situaciones derivadas de la que se está definiendo, etc. Cada entrada puede contener una o más nociones y uno o más impactos.

En la descripción de los símbolos deben cumplirse simultáneamente dos reglas básicas [24]:

- **Circularidad:** en la descripción de la noción o impacto de los símbolos se debe maximizar el uso de otros símbolos del léxico. De esta manera, el conjunto de símbolos determina una red, que permite representar al LEL mediante un hipertexto que puede ser navegado para conocer todo el vocabulario del problema.
- **Vocabulario mínimo:** se debe minimizar el uso de símbolos externos al lenguaje de la aplicación. De este modo, se acota el lenguaje al menor conjunto de símbolos posible. Si se utilizan símbolos externos, éstos deben pertenecer al vocabulario básico del lenguaje natural que se está utilizando.

4. Trazado de grafos. Métodos dirigidos por fuerzas

Los grafos son utilizados para representar redes físicas como circuitos eléctricos, carreteras, moléculas orgánicas, etc., así como conexiones más abstractas como las que ocurren en ecosistemas, relaciones sociológicas, bases de datos, o en el flujo de control de un programa

computacional [7, 16, 17]. Mediante el trazado de grafos, estas interacciones pueden ser representadas gráficamente en el plano, permitiendo la visualización de ciertas propiedades del grafo, o de los objetos modelados por él [9, 15].

La generación automática del trazado de grafos tiene importantes aplicaciones en muchas áreas de las ciencias de la computación, tales como compiladores, bases de datos, ingeniería de software, VLSI, diseño de redes, interfaces gráficas, etc.[20]. Debido a la existencia de diferentes tipos de grafos, existe una amplia variedad de algoritmos orientados al trazado de los mismos. Entre esa variedad de métodos, se destacan los algoritmos conocidos como “dirigidos por fuerzas”. Estos métodos son muy usados para dibujar grafos, porque son sencillos de implementar, y permiten muy buenas visualizaciones. Por otro lado, pueden ser fácilmente adaptados a aplicaciones concretas con requerimientos de visualización específicos [1, 21, 35].

Los métodos de trazado de grafos dirigidos por fuerzas son una familia de algoritmos que usan analogías físicas para dibujar el grafo [7, 12, 18]. El trazado del grafo es obtenido buscando el equilibrio del sistema físico, aplicando además, criterios estéticos. Los modelos físicos más comunes son los que consisten de un sistema de fuerzas que actúan entre los vértices del grafo. El objetivo es lograr una posición para cada vértice, tal que el total de la fuerza ejercida en cada vértice sea cero.

Entre los primeros autores aplicando analogías con sistemas físicos para el trazado de grafos, se destaca el “Spring Embedder” propuesto por Eades [12], que se basa en reemplazar los nodos por anillos de acero y cada arco con un resorte para formar un sistema físico. Como puede verse en la figura 2, los nodos son ubicados en una disposición inicial arbitraria, y se dejan actuar las fuerzas de los resortes hasta lograr un estado de equilibrio. La implementación de Eades incorporó al cálculo de las fuerzas resultantes, fuerzas repulsivas calculadas entre los nodos no conectados.

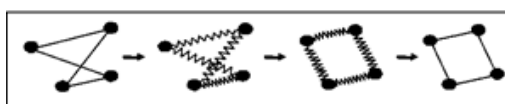


Figura 2. Spring Embedder.

Fruchterman y Reingold [15] proponen un método derivado, principalmente, del Spring Embedder de Eades, basado en los siguientes principios:

- Los nodos conectados por un arco deberían ser dibujados cerca.
- Los nodos no deberían ser dibujados demasiado cerca uno de otro.

Cuán cerca se deberían ubicar los nodos, depende de cuántos haya y cuánto sea el espacio disponible.

Las guías para este algoritmo son obtenidas de la física de partículas:

A una distancia de cerca de 1 fm (femtómetro), la fuerza nuclear es atractiva y equivalente a cerca de 10 veces la fuerza eléctrica entre 2 protones. La fuerza decrece rápidamente a medida que crece la distancia, haciéndose completamente insignificante cuando se llega a cerca de 15 veces esta separación. Cuando dos núcleos están a una distancia de entre 0 y 4 fm uno de otro, las fuerzas nucleares se convierten en repulsivas.

Si los nodos se comportan como partículas atómicas o cuerpos celestes, ejerciendo fuerzas atractivas y repulsivas sobre los demás, las fuerzas inducen movimiento. El algoritmo de Fruchterman y Reingold se basa en simulaciones moleculares o planetarias. Sin embargo, no se propone una simulación exactamente fiel a la realidad. Del mismo modo que en el algoritmo de Eades, sólo los nodos conectados se atraen entre sí, mientras todos los vértices se repelen unos a otros. Esto es consistente con la asimetría propuesta por los dos principios antes enunciados.

5. Detección de clusters

Existen varias nociones de clusters o agrupamientos, en esencia creadas a partir del método utilizado para su detección. Intuitivamente puede decirse que algunas de ellas se relacionan con la existencia de una cierta atracción centrípeta en la que los integrantes del cluster se encuentran dispersos alrededor de un cierto elemento central o arquetípico, no necesariamente existente, mientras que las restantes están relacionadas con formas, no necesariamente regulares, de tal manera que los componentes del cluster se encuentran en el interior de esa forma. En las figuras 3a y 3b se presentan dos ejemplos de clusters, correspondientes con ambos casos respectivamente.

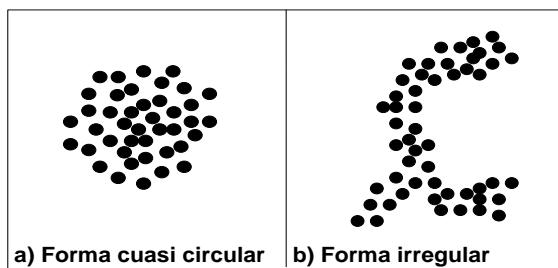


Figura 3. Dos tipos de clusters diferentes

Más formalmente el primer caso puede definirse como un conjunto de entidades con propiedades similares [6]. Por su parte, el segundo refiere a un conjunto de entidades en los que cada una de ellas está rodeada por una cierta cantidad de entidades con propiedades muy similares a las propias [22]. Obviamente y tal como lo muestra la figura 3, en el primer caso se trata de clusters cuasi circulares o elípticos con semiejes no muy diferentes, mientras que en el segundo se presentan clusters con forma completamente arbitraria. También puede decirse que el segundo caso es una generalización del primero y que todo algoritmo que permita detectar el segundo también detectará el primero.

La frase *propiedades similares* es clave en toda actividad de clusterización ya que la naturaleza de las dimensiones y los mecanismos de comparación y de ponderación de las diferencias que se encuentren son centrales para lograr un agrupamiento representativo del fenómeno bajo estudio [14]. En ese sentido son conocidas tanto la enorme difusión del uso de la distancia euclidiana como el riesgo de su uso cuando se combinan magnitudes incommensurables [14]. En particular podría interpretarse que esta dificultad no existe cuando se detectan clusters en grafos porque las magnitudes en este caso son todas distancias. Si bien eso es cierto no debe pasarse por alto que la transformación de un problema multidimensional en un grafo en dos o tres dimensiones ya introdujo una simplificación que puede o no ser grosera.

Posiblemente el más elemental algoritmo para detectar clusters irregulares se basa en buscar puntos que preservan una cierta densidad de puntos vecinos, ubicados a una distancia inferior a un umbral establecido [13]. En virtud que el área definida por el círculo con centro en el punto evaluado y con radio igual al umbral es fija, la densidad se puede expresar meramente en base a la cantidad de puntos dentro de ese círculo. Es así que este algoritmo se basa en dos parámetros: ϵ : umbral de distancia entre vecinos y k : cantidad de vecinos.

El valor de k debe ser compatible con la cantidad de elementos pertenecientes al conjunto en el cual se espera detectar clusters y con la importancia del ruido presente en ese conjunto. Conjuntos con muchos elementos y/o conjuntos con mucho ruido exigen el uso de valores altos para k . En el caso particular de los grafos construidos a partir de modelos de la IR, se tiene que los mismos están prácticamente libres de ruido y que la cantidad de nodos es muy moderada, siendo inferiores a 100 o 150 elementos, aún en los casos más extremos. Eso hace que se pueda utilizar valores de k muy pequeños, incluso el valor mínimo que resulta ser $k = 2$. En todos los casos analizados se utilizó justamente el valor $k = 2$, para la detección de los clusters y se verificó con posterioridad el valor de k que efectivamente tenían los clusters detectados, encontrándose en muy pocos casos el valor $k = 3$ y valores superiores en los restantes.

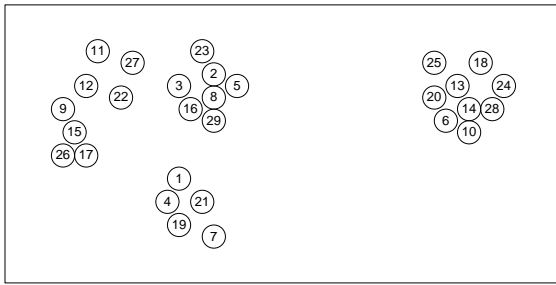


Figura 4. ¿Cuántos clusters existen?

Por su parte el valor de ϵ , requiere en el caso de estos grafos, un análisis más detallado. Considerando el ejemplo de la figura 4, se tiene que desde una visión macroscópica existen dos clusters, pero desde una visión más cercana es posible percibir tres clusters y finalmente, reduciendo aún más el marco del análisis, es posible percibir cuatro clusters diferentes.

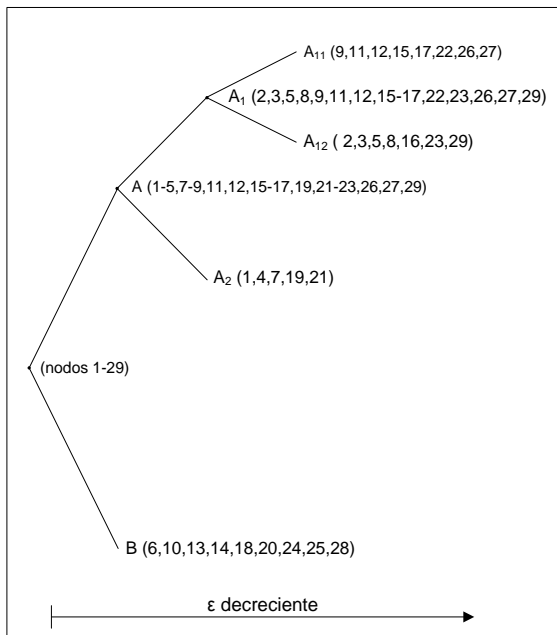


Figura 5. Posibles clusters en el ejemplo de la figura 4

A partir de lo observable en la figura 4 no se puede determinar cuál es la interpretación correcta. Cualquiera de las posibilidades indicadas es perfectamente aceptable a partir del grafo. Esto es una consecuencia natural del hecho que una técnica de agrupamiento automática no puede conocer cuál es la visión semántica del problema,

pero sí reduce efectivamente el trabajo de análisis ya que ahora sólo es necesario evaluar unas pocas combinaciones. Pero además, puede y ocurre frecuentemente que más de una de las combinaciones anteriores es útil para extraer información del grafo, ya que los clusters que agrupan muchos nodos brindan cierto tipo de información mientras que los clusters pequeños o subclusters brindan otra.

6. Construcción y detección de clusters en el LEL

En trabajos anteriores, con el fin de detectar agrupamientos de símbolos, se aplicó una modificación del algoritmo propuesto por Fruchterman y Reingold [15] en la visualización de los grafos correspondientes a los Léxicos de diferentes casos de estudio. Para ello, cada símbolo del LEL fue representado mediante un nodo, y las menciones a otros símbolos incluidas en su definición, se representaron como arcos dirigidos a los nodos respectivos.

Para la aplicación del algoritmo, los nodos son ubicados al azar en el marco de trabajo, y posteriormente se va modificando su ubicación en forma iterativa. Cada iteración tiene tres pasos:

- Calcular el efecto de las fuerzas atractivas sobre cada nodo.
- Calcular el efecto de las fuerzas repulsivas.
- Calcular las nuevas posiciones de los nodos.

La nueva posición se calcula desplazando los nodos una distancia proporcional a la fuerza neta resultante sobre cada uno de ellos.

En [30 - 32] se presentaron los resultados de la utilización de diferentes conjuntos de fórmulas para las fuerzas aplicadas en el sistema. Se trabajó con fórmulas diferentes para f_a (fuerza de atracción) y f_r (fuerza de repulsión). A continuación, se presentan las fórmulas usadas en cada caso.

En primera instancia, se utilizaron las formulas propuestas por Fruchterman y Reingold [15]:

$$f_a(d) = \frac{d^2}{k} \quad k = C * \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{NúmeroNodos}}} \quad (1)$$

$$f_r(d) = \frac{k^2}{d}$$

Donde d es la distancia entre los nodos, Área corresponde a la superficie del marco de trabajo, y la constante C se ajusta experimentalmente, en función de los resultados obtenidos en la visualización de los grafos.

La aplicación de este sistema de fuerzas permitió detectar agrupamientos de símbolos para algunos de los casos analizados.

Posteriormente, con el fin de mejorar la visualización de los mismos, se experimentó con fuerzas diferentes. En particular, se utilizó el par de fuerzas propuesto por Eades [12]:

$$fa(d) = c1 * \log\left(\frac{d}{c2}\right) \quad (2)$$

$$fr(d) = c3 * \sqrt{d}$$

Donde d es la distancia entre los vértices. Las constantes $c1$, $c2$ y $c3$ se ajustaron experimentalmente, de acuerdo a sus efectos sobre la visualización de los agrupamientos.

Con este sistema de fuerzas, los agrupamientos que se habían detectado con las fuerzas originales se visualizaron de una forma mucho más clara, y se comenzaron a visualizar agrupamientos para casos de estudio donde las primeras pruebas no arrojaban resultados claros.

En última instancia, y debido a que los resultados obtenidos para varios casos de estudio distaban de mostrar una clara diferenciación de los agrupamientos, se propusieron nuevas fórmulas, arribando a muy buenos resultados de visualización:

$$fa(d) = c1 * \log\left(\frac{d}{c2}\right) \quad (3)$$

$$fr(d) = d^\alpha$$

Con el último conjunto de fórmulas, la visualización de los agrupamientos se hizo mucho más clara. En casos donde, con las fórmulas anteriores, se observaba la presencia de grupos con límites poco claros, ahora se los pudo visualizar con mayor claridad. En otros, donde no se observaban agrupamientos, se pudo comprobar que estos existían. Además, para algunos casos, se pudieron observar detalles no percibidos anteriormente. Por ejemplo, la disposición de los grupos en el grafo resultante, permitió visualizar la relación o falta de ella, entre los agrupamientos.

En todos los casos, los grupos determinados en los grafos, así como la relación entre ellos, representaban efectivamente la presencia de núcleos semánticos, y sus interacciones, en los macrosistemas correspondientes.

En las figuras 6 y 7 se presentan los grafos obtenidos para dos casos de estudio diferentes, con el último conjunto de fórmulas.

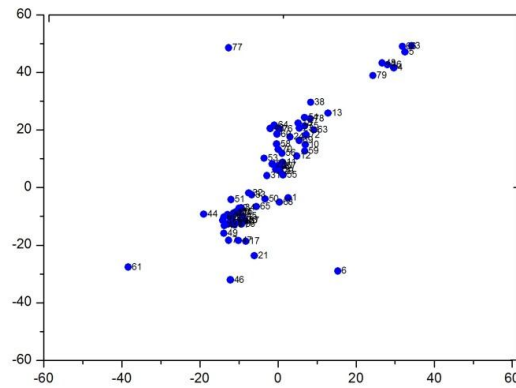


Figura 6. Distribución de nodos del caso Biblioteca

En la figura 6 se observa la distribución de nodos obtenida para el caso de estudio Biblioteca. En este gráfico, se visualiza claramente la presencia de tres agrupamientos, que pudieron ser identificados como:

- Registros
- Préstamos y Devoluciones
- Material de la Biblioteca

En la figura 7, se pueden ver los resultados de la aplicación del conjunto de fórmulas (3) para el caso de estudio Almacén, que describe el tratamiento de la mercadería en una planta de Producción de Cerámicos. Si bien se observan dos agrupamientos en la parte superior, y un pequeño grupo en el extremo inferior izquierdo, es imposible analizar la estructura interna del bloque más grande para detectar la presencia o ausencia de agrupamientos internos.

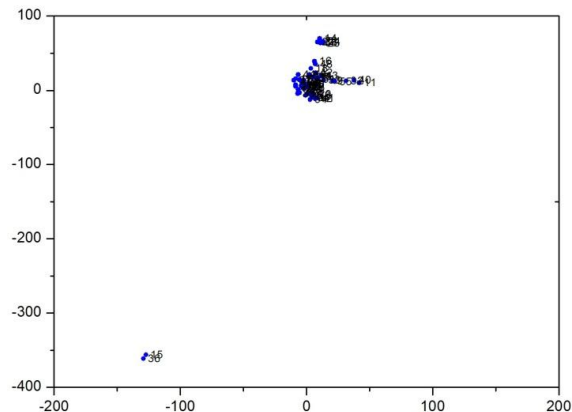


Figura 7. Distribución de nodos del caso Almacén

A continuación, se presenta un mecanismo que permitirá observar que existen clusters, y aún sub-clusters en este último caso de estudio.

Una vez determinada la ubicación de los nodos del grafo se puede proceder a detectar los agrupamientos en el mismo utilizando como parámetro el valor del umbral ϵ . A tal efecto se determina un valor grosero ϵ_{max} para el umbral que asegure la existencia de un solo macro agrupamiento. Luego, se fragmenta el segmento (0, ϵ_{max}) en mitades y en forma recursiva hasta arribar a segmentos de un tamaño tal que los clusters detectados con ambos umbrales del segmento, ϵ_{inf} y ϵ_{sup} , sean completamente coincidentes o difieran en un cluster. Cuando el número de clusters para ambos extremos coincide, el segmento es descartado en todos los casos. Cuando en un segmento la cantidad de clusters detectados en ϵ_{inf} y ϵ_{sup} es tal que: clusters (ϵ_{inf}) = clusters (ϵ_{sup}) + 1, se registran estos conjuntos de clusters. Ordenados en forma decreciente según el umbral con que fueron detectados se obtiene de esta manera una sucesión de conjuntos de clusters anidados respectivamente unos dentro de otros.

La detección de los clusters que existen para un cierto valor ϵ del umbral resulta notoriamente simplificada por el hecho de utilizarse el menor valor de k posible ($k = 2$). Es así que sólo es necesario construir la matriz C_ϵ :

$$C_\epsilon = \|c_{ij}\| \text{ con } 1 \leq i \leq n \text{ y } 1 \leq j \leq n$$

donde:

n es la cantidad de nodos del grafo, y
 $c_{ij} = 'T'$ si la distancia del nodo i al nodo j es menor que ϵ
 $c_{ij} = 'F'$ en caso contrario
('T' y 'F' representan los valores lógicos Verdadero y Falso respectivamente).

Cada una de las filas o columnas de la potencia n de la matriz C_ϵ , (C_ϵ^n), contiene la lista de todos los nodos pertenecientes al cluster correspondiente al nodo de esa fila o columna.

De esta manera, la determinación de si un cierto segmento (ϵ_{inf} , ϵ_{sup}) es tal que los clusters detectados en ambos extremos son iguales, se logra simplemente comparando las matrices $C_{\epsilon_{inf}}$ con $C_{\epsilon_{sup}}$.

Tabla 1. Agrupamientos obtenidos para diferentes valores del umbral ϵ

ϵ_{max}	$\frac{\epsilon_{max}}{2}$	$\frac{\epsilon_{max}}{32}$	$\frac{\epsilon_{max}}{64}$	$\frac{15 \times \epsilon_{max}}{1024}$	$\frac{7 \times \epsilon_{max}}{512}$	$\frac{11 \times \epsilon_{max}}{1024}$
1-56	1-14 16-35 37-56	1-13 16-20 25-34 37-56	1-10 12-13 16-20 25-31 33-34 37-39	1-10 12-13 17 19-20 25-31 33-34	1 2,3,7 10,12 25,33 34,41 52,54	1 2,3,7 10,12 25,33 34,41 52,54

41-56	37-39 41-47 49-56	4-6,8,9 13,17 19,20 26-31 37-39 42-47 49-51 53,55 56	4,6,8 17 26-30 37-39 45-47 49,50 56	5,13,19 20,31 51,53	9,55 42 43			
						16,18,48	16,48	16,48
						11,32,40	11,32	11,40
						14,21-24,35	14,21-24,35	14,21-24,35
						15,36	15,36	15,36
						18	18	18
						11	11	11
						40	40	40
						32	32	32
						15	15	15
36	36	36						

En la tabla 1 se presenta el resultado de aplicar este algoritmo al caso Almacén. Se puede observar que, a partir de ϵ_{max} , distancia para la cual el algoritmo detecta un solo cluster, la división del segmento (0, ϵ_{max}) en fragmentos cada vez más chicos, permite detectar agrupamientos cada vez más pequeños. En el primer paso se separa del cluster único un agrupamiento mínimo de dos nodos que corresponden a pedidos de material que no es de depósito. Se trata de dos símbolos poco relacionados con el macrosistema. Su posición alejada del resto de los símbolos muestra claramente esta característica. Estos son los símbolos que se observan en el extremo inferior izquierdo de la figura 7.

Las figuras 8 a 12 muestran la evolución en la detección de clusters que se observa en las columnas 3 a 7 de la Tabla 1, respectivamente. Para una mejor visualización de los resultados, se han eliminado de los gráficos los dos nodos del pequeño grupo detectado en la primera división, modificando la escala para mejorar la claridad de las figuras.

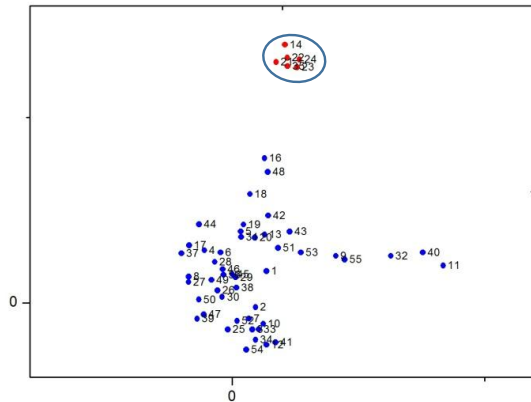
En la figura 8 se observa que, luego de varias divisiones, se detecta un cluster constituido por seis nodos. Este agrupamiento se refiere a Gestión de Pedidos de Material de Depósito.

Los dos clusters detectados hasta este punto, son perfectamente visibles en cualquier representación del grafo, inclusive en la figura 7.

Sin embargo, a partir de allí, las divisiones posteriores comienzan a detectar agrupamientos no fácilmente visibles, como puede observarse en las figuras 9 a 12.

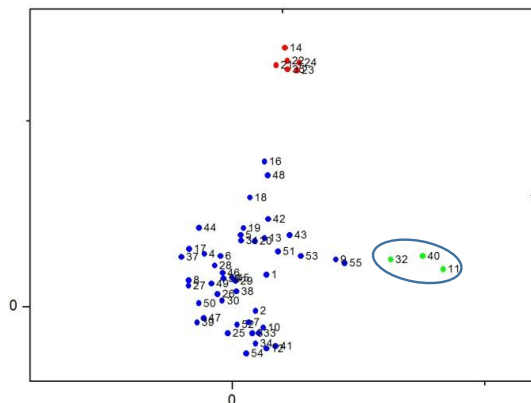
En las figuras 9 y 10, aparecen grupos pequeños, pero coherentes semánticamente con aspectos del macrosistema. Se trata de Avisos de Egreso, y Consultas relacionadas con Egresos, respectivamente. Si bien se

trata de grupos poco importantes, como lo demuestra el número reducido de símbolos que los componen, el algoritmo detecta su existencia.



14: Código de pedido de material de depósito
21: Consulta de Pedidos de Compra Anulados.
22: Consulta de Pedidos de Compra Cumplidos.
23: Consulta de Pedidos de Compra Pendientes.
24: Consulta de Pedidos de Compra Retornados.
35: Formulario de pedido de material de depósito

Figura 8. Agrupamientos detectados para Umbral = $\epsilon_{max}/32$.

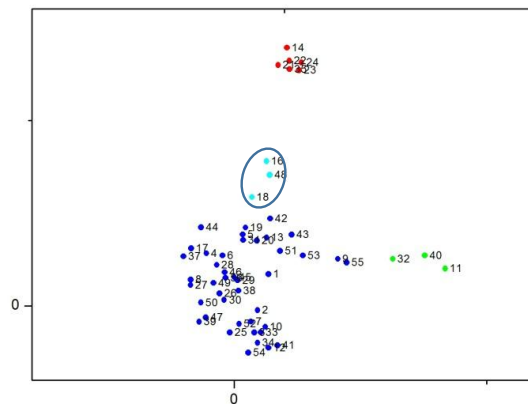


11: Código de Aviso de Egreso
32: Formulario de Aviso de Egreso de material de depósito
40: Listado de Avisos de Egreso

Figura 9. Agrupamientos detectados para Umbral = $\epsilon_{max}/64$.

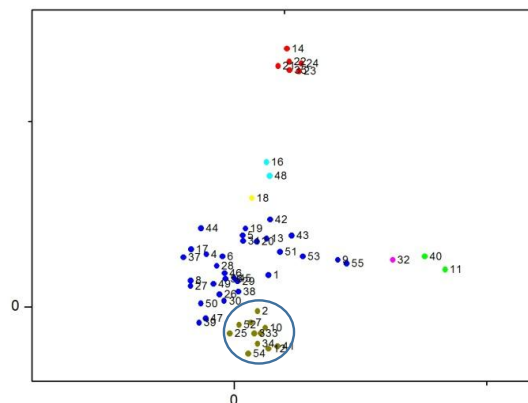
En el paso representado en la figura 11, aparece un grupo significativo que corresponde a ingresos de material al depósito. Este agrupamiento contiene once símbolos. Puede verse en la figura que todos los símbolos

de ese cluster corresponden a la operatoria de compra de material a proveedores, y su ingreso al depósito.



16: Confección de pedido de material de depósito
18: Consulta de Egresos de un Material de depósito
48: Pantalla de Necesidades

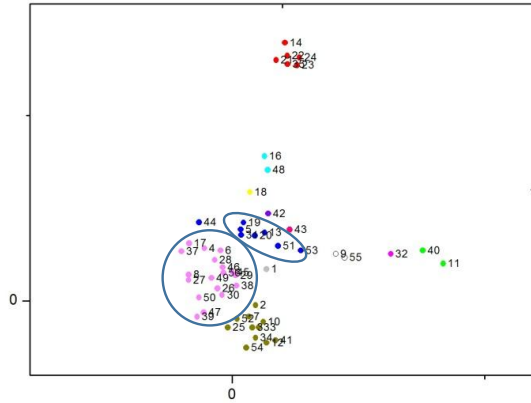
Figura 10. Agrupamientos detectados para Umbral = $15 \times \epsilon_{max}/1024$.



2: Ingreso de un material de depósito al Sistema
3: Ingreso de un material que no es de depósito al Sistema
7: Alta de Remito del proveedor
10: Cierre diario de Avisos de Ingreso
12: Código de Aviso de Ingreso
25: Control visual del Remito del proveedor
33: Formulario de Aviso de Ingreso de material de depósito
34: Form. de Aviso de Ingreso de material que no es de depósito
41: Listado de Avisos de Ingreso
52: Remito del proveedor
54: Sector de Pagos

Figura 11. Agrupamientos detectados para Umbral = $7 \times \epsilon_{max}/512$.

En la figura 12 se observa la aparición de dos agrupamientos no observados en los pasos anteriores. El primer grupo, formado por dieciocho símbolos, corresponde a Egresos y Devoluciones de Material, mientras que el segundo, más pequeño, corresponde a Control de Inventario.



4: Alta de devolución de material de depósito al proveedor.
6: Alta de Reingreso de material de depósito. / Carga al Sistema devolución de un usuario.
8: Aviso de Devolución de material de depósito.
17: Confección de Remito No Comercializable.
26: Depósito.
27: Devolución de material de depósito al proveedor.
28: Devolución de material de depósito.
29: Egreso de material de depósito.
30: Egreso de material que no es de depósito.
...
56 Usuario solicitante. / Usuario.

5: Alta de ficha de material de depósito.
13: Código de material de depósito. / Símbolo.
19: Consulta de Existencia de Materiales.
20: Consulta de Histórico de Materiales.
31: Ficha de material de depósito.
51: Realización del Inventario.
53: Responsable del Almacén.

Figura 12. Agrupamientos detectados para Umbral = $11 \times \epsilon_{max}/1024$.

Como puede observarse, los agrupamientos detectados en cada división tienen un significado preciso en el Universo de Discurso.

7. Conclusiones

El uso de grafos que visualicen la estructura de modelos del proceso de requisitos fue en su momento una mejora en la comprensión y aprovechamiento del contenido de esos modelos. Posteriormente, se hizo evidente que la construcción automática de esos grafos

provea un mecanismo para visualizar agrupamientos, lo que a su vez permitió extraer información relevante y parcialmente oculta en los modelos. Finalmente en este artículo se muestra que si además de construir los grafos en forma automática, también se detectan los agrupamientos en forma automática se obtiene una significativa mejora en la percepción de los mismos, cualitativa y cuantitativamente.

El uso conjunto de la construcción de grafos y la detección de agrupamientos en forma automática abre un conjunto de posibilidades tanto en la mejora de la calidad de los modelos producidos como en el aprovechamiento posterior de los mismos. Es así que surgen varias hipótesis a estudiar en futuros proyectos, tales como: i) se supone que al revisar los arcos emergentes de los nodos frontera de los agrupamientos detectados se encuentren indicios que permitan descubrir símbolos faltantes reduciendo el nivel de omisiones, ii) se supone que si se identifican y resaltan los nodos que poseen el rol de vincular agrupamientos cercanos se detecten puntos críticos en el proceso del negocio que muy posiblemente serán a su vez puntos críticos del sistema de software, iii) se supone que al revisar aquellos nodos apartados o muy apartados de los agrupamientos detectados se pueda estar en presencia de símbolos mal incluidos o símbolos mal descriptos, iv) se supone que el análisis de la estructura de las relaciones del LEL del Universo del Discurso con el LELr o LEL de los requisitos permita estimar la calidad del mapeo semántico de las necesidades del usuario con la lista de requisitos obtenida, v) se supone que la aplicación de esas técnicas a los rastros registrados entre las fuentes de información y los Escenarios Futuros o la lista de requisitos permita detectar desviaciones en la atención de las necesidades de algunos clientes o usuarios. Indudablemente, varias de estas hipótesis harán necesarios algunos cambios en el algoritmo utilizado, pero los estudios preliminares, ya realizados, indican que estos serán menores.

A modo de resumen, puede decirse que se ha completado, en gran parte, el desarrollo de herramientas de apoyo al análisis de los modelos del proceso de requisitos, ingresándose de esta manera en una etapa de aprovechamiento de las mismas.

Referencias

- [1] Aiello, A., Silveira, A.: *Trazado de grafos mediante métodos dirigidos por fuerzas: revisión del estado del arte*. Tesis de Licenciatura en Ciencias de la Computación. Departamento de Computación. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA, 2004.
- [2] Arango, G., Schafer, W., Prieto, R.: *Domain Analysis Methods – Software Reusability*, Ellis Horwood Ltd, 1993.

- [3] Artz, J.M. "Data Driven vs. Metric Driven Warehouse Design" en John Wang (ed) *Encyclopedia of Data Warehousing and Mining*, Tomo I, Idea Group reference, 2006, pp. 223-227.
- [4] Barabasi, A.: *Linked, The New Science of Network* Perseus publishing, 2002.
- [5] Ben Achour, C., Rolland, C., Maiden, N., Souveyet, C.: "Guiding Use Case Authoring: Results of an Empirical Study", in *Proceedings International Symposium on Requirements Engineering*, IEEE Computer Society Press, Limerick-Ireland, 1999, pp. 36-43.
- [6] Berkhin P. A "Survey of Clustering Data Mining Techniques". In: Kogan J., Nicholas C., Teboulle M. (eds) *Grouping Multidimensional Data*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [7] Brandes, U., Kenis, P., Wagner, D.: "Communicating centrality in policy network drawing". In *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, 9(2), 241-253. 2003.
- [8] Davidson, R., Harel, D.: "Drawing graphs nicely using simulated annealing". In *ACM Transactions on Graphics*, 15(4), 1996, pp. 301-331..
- [9] Di Battista, G., Eades, P., Tamassia, R., Tollis, I.: *Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs*, Prentice Hall, 1999.
- [10] Dorogovtsev, S., Mendes, J.: *Evolution of networks: From biological nets to the Internet and WWW*. Oxford University Press, Oxford, 2003.
- [11] Duan, C., Laurent, P., Cleland-Huang, J., y Kwiatkowski, C., "Towards automated requirements prioritization and triage". In *Requirements Engineering Journal*, 14(2), 2009, pp. 73-89.
- [12] Eades, P.: "A heuristic for graph drawing". In: *Congressus Numerantium* 42, 1984, pp. 149-160.
- [13] Ester, Martin; Kriegel, Hans-Peter; Sander, Jörg; Xu, Xiaowei. "A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise". In: *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-96)*, AAAI Press, 1996, pp. 226-231.
- [14] Everitt, Brian. *Cluster analysis*. Chichester, West Sussex, U.K: Wiley. 2011.
- [15] Fruchterman, T., Reingold, E.: "Graph Drawing by Force-directed Placement". In: *Software-Practice and Experience* 21(11), 1991, pp. 1129-1164.
- [16] Gross, J., Yellen, J.: Editors. *Handbook of Graph Theory*, CRC Press, 2003.
- [17] Gross, J., Yellen, J.: Editors. *Graph Theory and Its Applications, Second Edition (Discrete Mathematics and Its Applications)*, Chapman & Hall/CRC., 2006.
- [18] Kamada, T., Kawai, S.: "An algorithm for drawing general undirected graphs". In: *Information Processing Letters* 31, 1989, pp. 7-15.
- [19] Kaplan, G., Doorn, J., Gigante, N. "Evolución semántica de glosarios en los procesos de requisitos". En: *Proceedings XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, CACIC. Mar del Plata, Argentina, 2013.
- [20] Kaufmann, M., Wagner, D.: (eds.) *Drawing graphs: methods and models*, LNCS, vol 2025. Springer-Verlag, 2001.
- [21] Kobourov, Stephen G.: *Spring Embedders and Force-Directed Graph Drawing Algorithms*, arXiv:1201.3011, 2012.
- [22] Kriegel, Hans-Peter; Kröger, Peer; Sander, Jörg; Zimek, Arthur. "Density-based Clustering". In: *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 1 (3), 2011, pp. 231-240.
- [23] Leite, J., Doorn, J., Kaplan, K., Hadad, G., Ridao, M.: "Defining System Context Using Scenarios". In: Leite, J., Doorn, J. (eds.) *Perspectives on Software Requirements*, Kluwer Academic Press, 2004, pp. 169-199.
- [24] Leite, J., Franco, A.: "O Uso de Hipertexto na Elicitação de Linguagens da Aplicação". En: *Proceedings IV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, SBC*, Brazil, 1990, pp. 134-149.
- [25] Leite, J., Franco, A.: "A Strategy for Conceptual Model Acquisition". In: *Proceedings IEEE International Symposium on RE*, IEEE Computer Society Press, 1993, pp. 243-246.
- [26] Leite, J., Rossi, G., Balaguer, F., Maiorana, V., Kaplan, G., Hadad, G., Oliveros, A.: "Enhancing a Requirements Baseline with Scenarios". In: *Requirements Engineering Journal* 2(4), 1997, pp. 184-198.
- [27] Oberg, R., Probasco, L., Ericsson, M.: *Applying Requirements Management with Use Cases*, Rational Software Corporation, 1998.
- [28] Prakash, S., Aurum, A., Kox, K.: "Requirements Engineering Practice in Pharmaceutical and Healthcare Manufacturing". In: *Proceedings 11th Asia-Pacific S.E. Conference*, 2004, pp. 402-409.
- [29] Regnell, B.: *Requirements Engineering with Use Cases – a Basis for Software Development*, Department of Communication Systems Lund University, Doctoral Thesis, 1999.
- [30] Ridao, M., Doorn, J.: "Semántica Oculta en Modelos de Requisitos". En: *Proceedings XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, WICC. Paraná, Argentina. 2013.
- [31] Ridao, M., Doorn, J.: "Agrupamientos en Glosarios del Universo de Discurso". En: *Tecnología y Ciencia - Revista de la Universidad Tecnológica Nacional*, Edición Especial CoNaIISI 2014, 13(27), 2015, pp. 5-16.
- [32] Ridao, M., Doorn, J.: "Visualización de Núcleos Semánticos en Glosarios del Universo de Discurso". En: *Proceedings CONAIISI 2016 – Cuarto Congreso Nacional de Ingeniería Informática*. Salta, Argentina, 2016.
- [33] Rolland, C., Ben Achour, C.: "Guiding the construction of textual use case specifications". In: *Data & Knowledge Engineering* 25, 1998, pp. 125-160.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[34] Rosy Das, Jugal Kalita, Dhruva K. Bhattacharyya, "A pattern matching approach for clustering gene expression data". In *International Journal Data Mining, Modelling and Management*, Vol. 3, No. 2, 2011, pp.130-149.

[35] Walshaw, C.: "A multilevel algorithm for force-directed graph-drawing". In: *Journal of Graph Algorithms and Applications* 7(3), 2003, pp 253-285.

[36] Yijun Mo, Zuo Cao, Bang Wang, "Occurrence-Based Fingerprint Clustering for Fast Pattern-Matching Location Determination" In: *Communications Letters*, IEEE, 16(12), 2012, pp. 2012-2015.

[37] Zimmermann, M., Ntoutsis, I., Siddiqui, Z., Spiliopoulou, M., Kriegel, H., P., "Discovering Global and Local Bursts in a Stream of News". In: *Proceedings 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing. SAC '12*, Italy, 2012, pp. 807-812.

Mobile-RA: Método Ágil para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles Multiplataforma

Paola D. Budán, Federico Rosenzvaig, Pablo J. Najar Ruiz, Emanuel Saavedra, Susana I. Herrera,
Carlos Sánchez, María I. Morales

*Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información
Universidad Nacional de Santiago del Estero
Santiago del Estero, Argentina, 4200*

*{pbudan1,fedvaig,saavedra.emmanuel.1394,sdf.carlos.s}@gmail.com, najarpablo@yahoo.com.ar,
sherrera@unse.edu.ar*

Resumen

A software development methodology is proposed in this article. It applies to multiplatform mobile applications that use Augmented Reality. It is an adaptation of Mobile-D methodology. It was built under Accion-Research approach while developing AlgeRA mobile learning App. The methodology and its use on AlgeRA development are described in this publication. At present, the methodology is on a validation phase: it is being used in software development projects that involve multiplatform mobile applications with Augmented Reality.

1. Introducción

Este trabajo presenta resultados preliminares de una investigación desarrollada en el marco del Proyecto “Computación Móvil: desarrollo de aplicaciones y análisis forense” [9, 10] del Instituto de Investigaciones en Informática y Sistemas de Información de la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). La misma tiene como objetivo principal realizar estudios para la optimización del desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma, principalmente de aquellas que usan Realidad Aumentada (RA). Uno de los objetivos específicos del proyecto consiste en la revisión de métodos de desarrollo de aplicaciones. Los hallazgos se aplican en el campo de la Educación, más precisamente en el aprendizaje mediado por dispositivos móviles o *mobile-learning* o *m-learning*.

Desde el año 2017, el grupo de investigación ha venido trabajando en el desarrollo de una aplicación móvil para el aprendizaje de Álgebra Lineal, denominada AlgeRA [15,19]. La misma está pensada para proveer soporte a las dos actividades de *m-learning*: a) ejemplificar Sistemas de Ecuaciones Lineales, b) modelizar situaciones cotidianas mediante Sistemas de Ecuaciones Lineales.

De acuerdo a estudios previos y a la experiencia del grupo en el desarrollo de aplicaciones móviles [20, 13, 14, 16, 17, 4], AlgeRA comenzó a ser desarrollada usando la

metodología ágil Mobile-D [1]. Sin embargo, considerando las características propias de las aplicaciones móviles multiplataforma con RA, Mobile-D debió ser modificada para permitir un desarrollo exitoso de la aplicación.

En este artículo, se presenta el estado actual de una investigación cualitativa que usa Investigación-Acción para lograr un método de desarrollo de software apropiado para aplicaciones móviles multiplataforma con RA, partiendo de Mobile-D.

El artículo se organiza de la siguiente manera. En el apartado 2 se describen los marcos referenciales necesarios para comprender el método propuesto: desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma, RA, Mobile-D y la Metodología de los Sistemas Híbridos [24]. En el apartado 3 se explica en qué consiste la aplicación AlgeRA y en qué contexto se la usa. Luego, en 4, se presenta la adaptación metodológica propuesta. En el apartado 5 se presenta la implementación de la Fase de Exploración en el desarrollo de AlgeRA y, en el 6, la Fase de Iniciación. En el apartado 7 se desarrolla la fase de producción hasta su punto actual. Finalmente, en 8, se plantean conclusiones preliminares de este estudio y líneas de trabajo futuro.

2. Marcos Referenciales

2.1. Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma

En la actualidad, los dispositivos móviles son más usados que las computadoras de escritorio. Según Statcounter (<http://gs.statcounter.com>), casi un 57 % del mercado mundial corresponde a dispositivos móviles (teléfonos + tabletas) mientras que sólo un 43% corresponde a computadoras de escritorio.

En cuanto a los sistemas operativos (SO) móviles, según la fuente mencionada, en el mundo tiene supremacía total el SO Android (77%) frente a iOS de Apple (19%) y Windows (0,43%). La misma tendencia se mantiene en Argentina.

Este fenómeno de la Computación Móvil trajo como consecuencia el aumento de uso de las aplicaciones móviles, ejecutadas bajo diversos SO móviles (Android, iOS, Windows). Esto, a su vez, hizo que el paradigma de programación de aplicaciones móviles cambie hacia el desarrollo multiplataforma: generación de aplicaciones móviles que puedan ser ejecutadas por diversos sistemas operativos. Es importante considerar la clasificación propuesta por Delía [5, 6, 7], quien sostiene que las aplicaciones móviles multiplataforma pueden ser: nativas generadas con proyectos diferentes de acuerdo al SO, webs responsivas, híbridas, interpretadas y generadas por compilación cruzada. Los tres últimos tipos aplicaciones son aplicaciones nativas generadas para diversos SO desde un único proyecto, lo cual optimiza los recursos de desarrollo.

Este grupo de investigadores ha abordado el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma que usan RA, considerando las híbridas y las generadas por compilación cruzada. En este tipo de desarrollos tienen un importante rol los diversos *frameworks* que permiten generar los diferentes tipos de aplicación; entre ellos se encuentran Apache Córdoba [28], PhoneGap [22], Ionic (<https://ionicframework.com/docs/v1/guide/preface.html>) Titanium, Xamarin [12]. En [6, 7] se presenta un estudio comparativo de los *frameworks*, considerando características no funcionales, del desarrollador y de la gestión del proyecto.

La metodología Mobile-RA incorpora actividades en las cuales se analizan los *frameworks* apropiados para los desarrollos móviles multiplataforma con RA.

2.2. Realidad Aumentada

La RA es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por la computadora o algún dispositivo móvil [2]. Esta tecnología está introduciéndose en nuevas áreas de aplicación que van desde el esparcimiento hasta la investigación.

Los contenidos que muestran las aplicaciones de RA son de distinto tipo: texto, imágenes, audio, video y objetos 3D. Los objetos 3D permiten a los estudiantes la interacción con objetos virtuales que complementan los objetos reales del entorno. Esto es importante dado que, en ciertas ocasiones, los objetos reales no pueden ser manipulados de manera directa, debido a distintas razones tales como: tamaño, coste, peligrosidad o distancia. La representación de objetos en 3D, permite una exploración espacial que no incluyen otros medios de representación en 2D. El nivel de abstracción que se exige en este último caso, dificulta que algunos estudiantes puedan entender realmente el espacio, tal como explica Moralejo [18]. Los objetos 3D simulan objetos con volumen en la pantalla y

permiten al usuario una mejor abstracción, interacción y exploración de las características de un objeto [21].

Existen dos tipos de RA: geolocalizada y basada en marcadores. En este grupo de investigación se trabaja con esta última, que reconoce patrones de activadores de información, como puede ser un código de barras, QR o un símbolo, en la imagen de video que se recibe desde una cámara. Cuando se reconoce un patrón en particular, en su posición, se superpone una imagen digital en la pantalla. Además, la RA puede adoptar diferentes formas, permitiendo diversas posibilidades. Sus aplicaciones van desde la visualización de modelos 3D, a la incorporación de información adicional en recursos y materiales didácticos impresos o la creación de rutas geolocalizadas que permiten asociar información a lugares del entorno [25]. En el grupo de investigación se trabaja con Nivel 0 de RA [23]; visualización de objetos 3D a partir de la lectura de códigos QR.

2.3. Métodos ágiles para el desarrollo de aplicaciones móviles

En los últimos años, es notable el incremento en el uso de métodos ágiles para obtener aplicaciones. Esta situación es extensiva al desarrollo de aplicaciones móviles. Uno de los métodos más utilizados en este último tipo de aplicaciones es Mobile-D (<http://agile.vtt.fi/mobiled.html>). Sin embargo, la práctica del desarrollo permite realizarse la pregunta ¿un método dado es útil para el desarrollo de aplicaciones en cualquier dominio?

Según Rahimian [24], una metodología cuyo fin sea el desarrollo de una aplicación que funcione en dispositivos móviles, debe reunir las siguientes características:

- **Agilidad:** garantizar la obtención del producto en forma rápida y flexible, permitiendo que el desarrollo se adapte a los cambios que pudieran surgir en el entorno de desarrollo y a los cambios en los requerimientos de los usuarios. Es por eso que una metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles debería utilizar un modelo de desarrollo incremental, basado en iteraciones.
- **Concientización del mercado:** Una metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles debería centrarse en el desarrollo del producto, en vez de hacerlo en el desarrollo del proyecto. Es por esto que la identificación del mercado que consumirá la aplicación es una de las características cruciales a tener en cuenta.
- **Soporte para una línea de producto de software:** Se relaciona con la producción de piezas de software auto-contenidas que conforman una familia de software, atendiendo a los constantes avances en el desarrollo de tecnología móvil.

- *Desarrollo basado en la arquitectura:* Se trata de desarrollar productos que funcionen en una arquitectura general, de manera que la empresa invierta en una plataforma común.
- *Soporte para la reusabilidad:* proponer componentes que puedan ser utilizados por diferentes aplicaciones, como por ejemplo la pantalla de registración debería ser un componente reutilizable. Esto reduce el tiempo de desarrollo de las próximas aplicaciones.
- *Inclusión de revisiones:* El desarrollo de una aplicación móvil debe producir conocimiento para mejorar los desarrollos futuros, pero, además, debe garantizar que se tenga en cuenta el desarrollo orientado al producto, y que se ponga en marcha un proceso de retroalimentación que permita determinar la satisfacción del cliente, una vez que el mismo se encuentra en el mercado. Esto permitirá obtener conocimiento sobre errores que no se deberían cometer nuevamente en un desarrollo.
- *Especificaciones tempranas de la arquitectura física:* Este aspecto se refiere específicamente a la consideración del tipo de terminales móviles a utilizar, y de sus características técnicas. Es por esto que se sugiere trabajar con prototipos iniciales, a los fines de evitar pérdidas de tiempo por errores técnicos.

Revisando la literatura, se puede notar que existen metodologías para el desarrollo de aplicaciones para móviles [11, 3, 8], tales como Mobile-D

(<http://agile.vtt.fi/mobile.html>) y la Metodología para el Diseño Híbrido [24]. Cada uno posee sus características particulares, planteando un ciclo de vida para el desarrollo de la aplicación móvil, desde diferentes puntos de vista. Sin embargo, en ellos se asume que la selección de las herramientas a utilizar en cada desarrollo, es una tarea simple, que no requiere consideraciones excesivas. Además, ninguna de ellas considera el desarrollo de aplicaciones móviles que interactúen con aplicaciones web. Esto queda de manifiesto cuando se realiza una exploración sobre estos métodos.

La Figura 1 sintetiza las fases de Mobile-D; horizontalmente, se pueden leer las fases y, verticalmente, las etapas que conforman cada fase.

La *fase de exploración* se limita a determinar generalidades del proyecto de desarrollo. Sin embargo, si bien se prevé destinar un tiempo para la capacitación del equipo de desarrollo, no existe un tiempo destinado a la discusión de criterios sobre las herramientas de desarrollo, lo cual, en base a la experiencia de este equipo, insume numerosos recursos, principalmente, el tiempo.

En la *fase de inicialización*, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios para el desarrollo de la aplicación. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico o línea arquitectónica. En esta fase, los desarrolladores analizan el conocimiento y los patrones arquitectónicos utilizados extraídos de proyectos anteriores de la empresa. Se planifica el desarrollo de la primera iteración, denominada iteración 0.

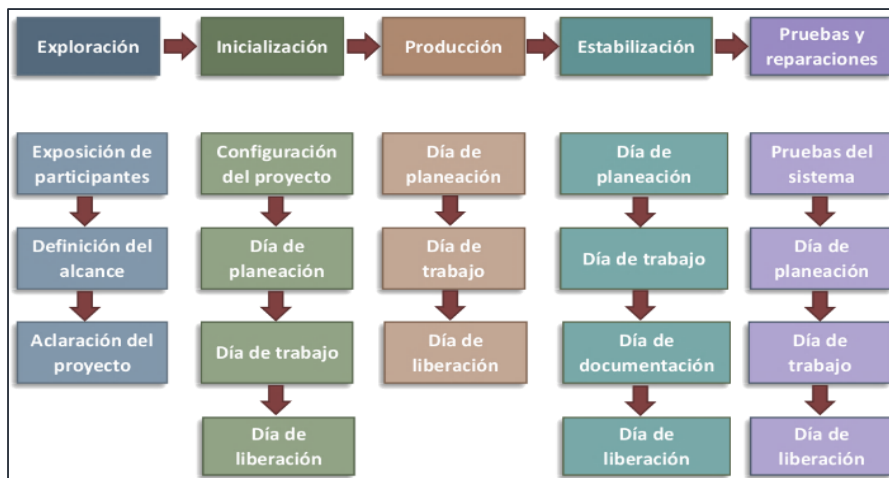


Figura 1. Resumen Gráfico Fases Mobile-D.

En la *fase de producción*, se repiten la planificación, el trabajo y el lanzamiento, iterativamente, hasta implementar todas las funcionalidades. Primero, se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración.

Las tareas se llevan a cabo durante el momento de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Luego, se produce la integración general del sistema en aquellos casos en los que varios desarrolladores tuvieran a su cargo el desarrollo de diferentes subsistemas.

En la *fase de estabilización*, se proponen las acciones de integración para asegurar el correcto funcionamiento del sistema completo. Es la fase más importante en los proyectos multi-equipo, donde cada equipo desarrolla diferentes subsistemas. Todas las actividades de los desarrolladores están orientadas a la integración del sistema. Adicionalmente, se puede considerar en esta fase la producción de documentación.

La fase de *prueba y reparaciones del sistema*, tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y plenamente funcional del sistema. Se prueba el producto terminado e integrado con los requisitos de cliente y se eliminan todos los defectos encontrados.

Mobile-D es un método principalmente ideado para el desarrollo de aplicaciones en el dominio empresarial. Posee la ventaja de brindar numerosas plantillas para documentar el proceso de desarrollo de la aplicación, lo cual facilita la documentación final de la aplicación. Como desventaja del método, se puede citar que es demasiado general y enfocado al dominio empresarial, por lo cual no establece criterios específicos para la prueba de la aplicación, ni tiene en cuenta la reusabilidad del código, según los criterios de Rahimian [24].

Otra metodología explorada es la Metodología para el Diseño Híbrido, de Rahimian [24]. Está basada en aproximaciones de ingeniería, más específicamente, basada en riesgos, en donde se le da un rol fundamental a la priorización de requerimientos para el desarrollo de las iteraciones. Propone el desarrollo de las siguientes tareas: priorización de los requerimientos y desarrollo de un motor de diseño iterativo. La priorización de requerimientos es una tarea transversal a todas las iteraciones, en la cual se ordenan los requerimientos, según la relevancia que poseen para el usuario. El motor de diseño iterativo propone realizar iteraciones en la que se construyan e instancien metamodelos sobre dichos requerimientos. Si bien es una metodología completa, es bastante laboriosa.

3. AlgeRA

AlgeRA es una aplicación móvil con RA para el aprendizaje de Álgebra Lineal.

El Álgebra Lineal es un tramo importante del álgebra que es requerido en la actualidad para el tratamiento de problemas en diversos campos científicos y tecnológicos. Sus partes integrantes son herramientas poderosas para ingenieros, científicos, matemáticos y técnicos. Es por esto que constituye una parte esencial en la formación de estas profesiones. Una de las grandes dificultades a la que se enfrentan los estudiantes de Ingeniería cuando se inician en su estudio es que posee un alto grado de abstracción por lo que es habitual que los conceptos del Álgebra Lineal se impartan y se adquieran como estructuras sin contenido, es decir, un conjunto de

relaciones simbólicas carentes de significado. Al contextualizar el conocimiento es posible lograr un aprendizaje más comprensivo, amplio, cognitivo y procedimental conectado con el mundo real y con otras disciplinas. Dicha contextualización se logra por medio de situaciones problemáticas reales que se puedan representar por medio de modelos matemáticos. Al enfrentar situaciones problemáticas de interés los estudiantes son capaces de indagar formas de representarlas en términos matemáticos, de buscar las relaciones que surgen en esas representaciones, manipularlas y desarrollar ideas que pueden encaminarse hacia los conceptos que se desean enseñar [27].

Considerando esto, un grupo de investigadores de este proyecto, definió una práctica de m-learning con el objetivo de desarrollar en el alumno la capacidad de representar situaciones de la vida cotidiana mediante sistemas de ecuaciones lineales. Los objetivos específicos de dicha práctica son: a) Comprender el modo de modelizar situaciones reales a través de ejemplos con RA que representan situaciones de la vida cotidiana, b) Modelizar el comportamiento de una Red de tránsito vehicular usando Sistemas de Ecuaciones Lineales. La práctica se distribuye en 2 actividades.

La primera corresponde al objetivo a, se lleva a cabo en forma individual en el aula; consiste en entregar a cada alumno un papel con un código QR que debe ser leído usando su celular, usando la aplicación AlgeRA. Empleando RA, la aplicación le muestra al alumno una situación de la vida cotidiana cuyo funcionamiento se modeliza con un sistema de ecuaciones lineales.

La segunda actividad corresponde al objetivo b, se desarrolla en forma grupal, fuera del aula. Consiste en realizar un relevamiento grupal del flujo vehicular de una red de tránsito. Los alumnos emplean AlgeRA para realizar el relevamiento en forma coordinada y precisa, usando sus celulares con GPS. Los alumnos se ubican en puntos relevantes (indicados por el docente en la App) donde, en forma simultánea, filman el flujo vehicular. Luego, en base a los datos relevados, construyen en forma presencial grupal y sincrónica, el modelo matemático de la correspondiente red de tránsito. La práctica se completa con la reflexión sobre la variación del modelo cuando se producen ciertas particularidades indicadas por el docente, para lo cual deben resolver el sistema de ecuaciones lineales con la herramienta Matlab.

A partir del diseño de la práctica descrita, se definió la necesidad de desarrollar la aplicación móvil AlgeRA que sirva de soporte para las dos actividades principales: a) ejemplificar Sistemas de Ecuaciones Lineales, b) modelizar situaciones cotidianas mediante Sistemas de Ecuaciones Lineales. En adelante, la primera funcionalidad será referida como “Ejemplificación” mientras que la segunda como “Trabajo de campo para la modelización”. En el futuro, AlgeRA irá incorporando

otras funcionalidades que permitan desarrollar prácticas de m-learning relacionadas con otros temas de Álgebra Lineal.

AlgeRA contará con tres perfiles de usuario: docente, alumno y alumno coordinador.

La Ejemplificación posibilita la observación de una situación cotidiana que se representa mediante un Sistema de Ecuaciones Lineales. El alumno, con su celular, lee una etiqueta que le permitirá visualizar un objeto 3D que mostrará, en forma dinámica, el comportamiento de un sistema de riego por aspersión compuesto por 4 aspersores. Puede, conforme al movimiento de su celular, observar cómo está desplegada la red bajo tierra como así también las ecuaciones que modelan el comportamiento de dicho sistema. A la vez, el objeto presenta situaciones alternativas, por ejemplo, si se cierra una cantidad definida de aspersores; en este caso, se muestra cómo cambia el modelo matemático.

El Trabajo de Campo para la modelización, permite que cada grupo realice un modelo matemático del flujo vehicular en una red de tránsito. Al ingresar a AlgeRA, los alumnos visualizan los integrantes del grupo y los puntos en los cuales cada uno de ellos debe realizar el relevamiento del flujo de vehículos. Los alumnos se dirigen a dichas ubicaciones. El alumno coordinador puede observar en línea las ubicaciones de los integrantes del grupo. Los alumnos, usando la aplicación, avisan al coordinador cuando están en sus ubicaciones. El coordinador activa la cámara filmadora de cada uno de los dispositivos móviles de los integrantes. Transcurrido el período de tiempo de relevamiento, se apaga la cámara. Los videos se almacenan en un repositorio.

4. Mobile-RA

Al momento de realizar aplicaciones que no están destinadas para empresas, como la aplicación de m-learning AlgeRA, se priorizan cuestiones o criterios de desarrollo que no están contemplados en las metodologías nombradas en el apartado anterior. Dichos criterios deben analizarse antes de comenzar el desarrollo. En la propuesta metodológica de este artículo, se parte del método Mobile-D, dada su sencillez y capacidad de documentación, y, sobre ella, se incorporan los nuevos criterios definidos.

Como se mencionó inicialmente, Mobile-RA se obtuvo aplicando un enfoque de Investigación-Acción, ya que fue delineada a partir de la necesidad de desarrollar una aplicación concreta AlgeRA. Es por ello, que se consideró necesario brindar en el apartado anterior una breve descripción de la misma.

Al desarrollar AlgeRA, según los requerimientos iniciales de la aplicación [15,19], el grupo de trabajo encontró ciertas dificultades en la construcción de la aplicación. Estas dificultades, principalmente, estaban relacionadas con la elección de herramientas para generar código nativo multiplataforma y para consumir objetos 3D desde un repositorio. Como consecuencia, la planificación original del desarrollo se retrasó un tiempo considerable, ya que fue necesario explorar diferentes herramientas.

Esta situación, llevó a proponer una nueva etapa dentro de la *fase de exploración* de Mobile-D, denominada *contextualización a priori* (ver Figura 2).

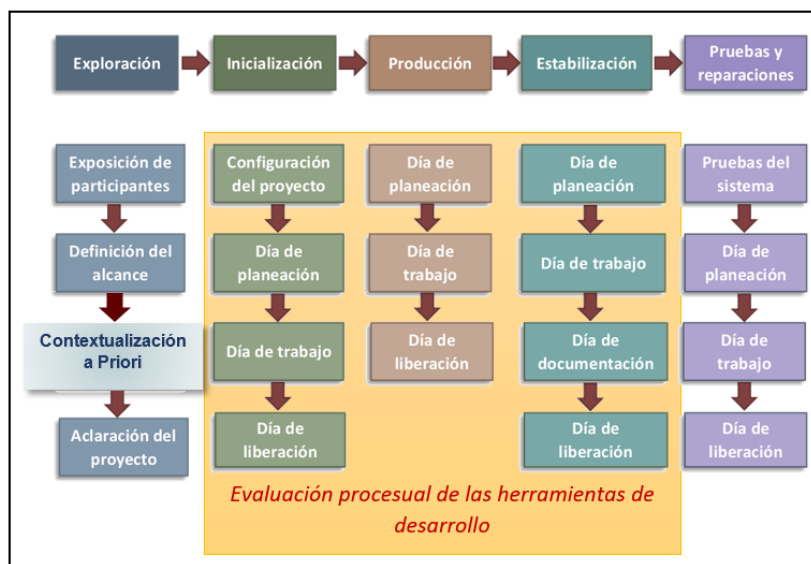


Figura 2. Adaptación Metodológica de Mobile-D: Mobile-RA.

La *contextualización a priori* implica considerar una serie de criterios fijados a partir de esta experiencia de desarrollo: Estos criterios pueden ser ampliados y mejorados, según experiencias futuras de desarrollo, cumpliendo con unas de las características mencionadas por Rahimian [24] que cualquier método para el desarrollo de aplicaciones móviles debería contemplar: *la inclusión de revisiones*.

Se observa, además, que una vez definidas las herramientas con las cuales se llevará a cabo el desarrollo, Mobile-D supone que las mismas serán adecuadas para todo el proceso. Sin embargo, la práctica desarrollada por el equipo de este proyecto, demuestra que este aspecto no siempre es tan certero. Es por ello, que se propone una actividad transversal a todos los días de trabajo y producción, denominada *evaluación procesual de las herramientas de desarrollo*.

La *fase de exploración* plantea el plan de proyecto y los conceptos básicos inherentes al mismo. Abarca la identificación de los interesados y de las necesidades de desarrollo del sistema, una clasificación de requisitos, la planificación inicial del proyecto, y la planificación de la línea de base. Dentro de ella, la etapa de *contextualización a priori* propone examinar los requerimientos en profundidad, para determinar la herramienta más adecuada para la generación de aplicaciones multiplataforma, según el dominio del problema. Por herramientas se entiende tanto los lenguajes de programación o generación de aplicaciones seleccionados como los estándares que se vienen utilizando para la documentación.

Se establecen los siguientes *criterios de desarrollo generales* a tener en cuenta en la elección de la herramienta de desarrollo:

- Debe generar aplicaciones multiplataforma nativas para cada Sistema Operativo (SO) móvil.
- Debe permitir el manejo de sensores (cámara frontal, cámara posterior, etc.).
- Debe permitir agregar bibliotecas específicas de RA y de tratamiento de marcadores.
- Debe generar una aplicación que no utilice o consuma equilibradamente los recursos del dispositivo.
- Debe generar una aplicación final de tamaño apropiado.
- Debe permitir utilizar o consumir diferentes tecnologías, por ejemplo: servicios web, bases de datos locales, bibliotecas nativas o de terceros.
- Debe permitir el acceso a repositorios de objetos de diferente índole (objetos 3D, vídeos, entre otros).

Esta lista de criterios fue definida a partir de la experimentación sucesiva con ejemplos de diferente complejidad. Sin embargo, la lista no está concluida, es una guía inicial que puede ser mejorada al aplicar esta nueva etapa a diferentes proyectos de desarrollo.

Estos criterios de desarrollo se basan en la postura de

que no existe una herramienta de desarrollo ideal para generar automáticamente aplicaciones móviles multiplataforma, sino que, en gran medida, la decisión de la herramienta a utilizar está contextualizada por los requerimientos de la aplicación.

Por su parte, la actividad *evaluación procesual de las herramientas de desarrollo*, recomienda evaluar, por cada iteración, si la herramienta de desarrollo logra satisfacer el requerimiento considerado. Es una actividad transversal a todas las iteraciones, en la cual se pueden emplear los mismos criterios que los utilizados en la etapa de la *contextualización a priori*. Si bien es una actividad que insume tiempo, ahorra fracasos que pudieran ocurrir por no seleccionar una herramienta con el soporte adecuado para el manejo de sensores, la activación de cámara, etc.

Por último, conviene aclarar que el listado de *criterios de desarrollo* debería confeccionarse de la manera más exhaustiva posible, según cada situación de desarrollo particular, a los fines de evitar futuros retrasos en la producción. Por ejemplo, con la práctica se ha comprobado que algunos *frameworks* deberían activar la cámara trasera en los dispositivos móviles; sin embargo, esto no ocurre al interactuar con otros componentes de software, retrasando el desarrollo de todo el producto.

En los apartados siguientes se presenta la aplicación de Mobile-RA al desarrollo de la aplicación AlgeRA.

5. AlgeRA: Fase de Exploración

La *fase de exploración* plantea el establecimiento de un plan de proyecto y los conceptos básicos inherentes al mismo. Normalmente comprende la identificación de los interesados y de las necesidades de desarrollo del sistema, una clasificación de requisitos, la planificación inicial del proyecto, y la planificación de la línea de base.

En el desarrollo de AlgeRA, esta fase comprendió sintéticamente en: el establecimiento de los interesados, la planificación inicial del proyecto, y el planteamiento de los requerimientos iniciales de la aplicación.

En cuanto al *establecimiento de los interesados*, en AlgeRA se identifican: los usuarios finales de la aplicación quienes indican los requisitos (profesores de la asignatura Algebra Lineal), los desarrolladores tanto de aplicaciones móviles como de aplicaciones web, y quienes trabajan en la creación de objetos 3D. Por tratarse de un software a desarrollarse en el marco de un Proyecto de Investigación como producto para fines académicos dentro de la UNSE, no se identifican clientes, sino usuarios de la aplicación. Todos los integrantes de este equipo de desarrollo están interesados en lograr el funcionamiento de AlgeRA, satisfaciendo los requerimientos de esta aplicación.

En cuanto a la *planificación inicial del proyecto*, se prevé que las mayores inversiones de tiempo se consuman en la exploración de las herramientas que permitan lograr

una aplicación móvil multiplataforma que consuma objetos 3D para la práctica *Ejemplificación*, y que admita trabajar con mecanismos de sincronización para obtener los recursos necesarios para la práctica *Trabajo de Campo para la modelización*. Otra de las consideraciones iniciales a tener en cuenta es la experimentación necesaria para decidir el *framework* de desarrollo a utilizar para generar la aplicación móvil. De esta manera, y como punto de partida inicial, se previeron 6 meses (de julio a diciembre de 2017) para experimentar sobre los *frameworks* de desarrollo y sus potencialidades, 3 meses (marzo a mayo de 2018) para indagar sobre accesos a repositorios de objetos 3D, y 6 meses más (junio a noviembre) para el desarrollo de AlgeRA propiamente dicho. Este último trayecto, implica mayor frecuencia de reuniones periódicas del equipo de desarrollo.

Listado de requerimientos iniciales de AlgeRA: Se detalla la colección inicial de requerimientos.

R0. Se desea realizar una aplicación móvil en el dominio del *Álgebra Lineal*, que permita desarrollar prácticas educativas sobre *sistemas de ecuaciones lineales*, mediante la incorporación de RA. Se deberá prever el ingreso a la misma con un usuario y una contraseña.

Para la práctica *Ejemplificación*:

R1. A partir de un enunciado dado por el profesor y de un breve repaso teórico, la aplicación debe permitir visualizar ejemplos del comportamiento de ecuaciones lineales.

R2. A partir de códigos otorgados, el alumno debe visualizar ejemplos de riegos por aspersión con RA.

R3. El marcador a utilizar para visualizar el ejemplo del riego por aspersión será un QR.

R4. En el objeto se debe plantear el modelo suponiendo excepciones, por ejemplo, que pasa si se cierra un aspersor.

Para la práctica *Trabajo de Campo para la modelización*, los requerimientos iniciales son:

R5. Se requiere el uso de trabajo con cámaras de teléfonos móviles sincronizadas.

R6. El profesor o coordinador le proveerá al alumno las coordenadas a las cuales dirigirse.

R7. El profesor deberá corroborar la ubicación de los alumnos en los puntos de filmación, y que los mismos estén sincronizados. Esto debería llevarse a cabo mediante la visualización de un mapa que permita determinar si los alumnos efectivamente están en los puntos indicados y listos para filmar.

R8. El alumno que se encuentre listo, debe indicar la opción ESTOY LISTO.

R9. La filmación en cada equipo deberá iniciar cuando todos los alumnos hayan indicado la condición ESTOY LISTO.

R10. El profesor o coordinador debería poder reiniciar la experiencia o repetirla tantas veces como quiera.

R11. El video obtenido por cada alumno debe almacenarse

en un repositorio de Objetos Videos.

R12. Los videos sólo serán la fuente de datos para que el profesor indique a los alumnos cómo manipular estos datos para obtener información y conocimiento fuera de la aplicación. Es decir, el docente indicará al alumno cómo analizar y manipular esta información utilizando otras herramientas, como por ejemplo MatLAB.

R13. La configuración del experimento de grabación sincronizada es variable: pueden variar las cantidades de puntos en los cuales se toman los videos, las coordenadas, entre otros aspectos.

R14. Se requiere el registro de los siguientes datos: fecha de la toma de los videos, horario de inicio y de fin, y algún dato descriptivo que pueda surgir de refinamientos futuros.

Para llegar a determinar esta colección de requerimientos iniciales, se realizaron dos reuniones entre las partes interesadas, tanto de quienes representan a los futuros usuarios de la aplicación como los desarrolladores. Sin embargo, no se consideró oportuno realizar en esta instancia una priorización de requisitos hasta no realizar una exhaustiva exploración técnica de las herramientas que se puedan requerir para el desarrollo.

La fase de exploración culmina con el grupo de interesados bien definido, una planificación inicial del proyecto y una colección de requerimientos iniciales sin priorizar.

6. AlgeRA: Fase de Inicialización

En la *fase de inicialización*, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios para el desarrollo de la aplicación. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico o línea arquitectónica. Se planifica el desarrollo de la primera iteración, denominada iteración 0. Además, el propósito fundamental de esta fase es permitir el éxito de las próximas, detectando y solucionando todos los problemas críticos de desarrollo para llegar a implementar los requisitos del cliente o usuario final, entre estos problemas suele encontrarse el establecimiento de las diferentes líneas de comunicación entre los interesados.

En el desarrollo de AlgeRA, esta fase comprendió sintéticamente en: la identificación de las necesidades y medios de comunicación y la definición de la arquitectura inicial (contexto del sistema, historias de usuario, arquitectura inicial propiamente dicha, notaciones para modelado, diseño inicial), como así también la exploración de diferentes herramientas para realizar la programación en la fase siguiente. A continuación, se describe cada tarea de esta fase.

Identificación de las necesidades y medios de comunicación: las necesidades de comunicación principales para el desarrollo de AlgeRA existen entre los

usuarios y desarrolladores de la aplicación y los desarrolladores entre sí, debido a que en este último grupo hay quienes se dedican a lenguajes y manejo de entornos de programación diferentes. Es por ello que, para mantener una comunicación fluida, se conformó un grupo de *Whatsapp* sólo destinado a asuntos del desarrollo. Además, se implementó un tablero en línea en el repositorio *Trello* (<https://trello.com>) para seguir el plan de proyecto y colgar documentos de avances importantes. Se fijó un plan de reuniones periódicas (presenciales y/o virtuales) para los intercambios de ideas y puesta en común de los avances logrados. Por ejemplo, cuando surgía un problema en la comprensión de un determinado requerimiento, se podía recurrir a un mensaje por el grupo y/o proponer una reunión presencial. En caso de no haber respuestas en el primero, o de ser difícil de coordinar lo segundo, se proponía una reunión virtual.

Definición de la línea de arquitectura inicial: Esta definición incluye varios puntos, los cuales se desarrollarán a continuación.

- **Definición del contexto del sistema:** para el desarrollo de AlgeRA, se deben estudiar herramientas que cumplan con los *criterios de desarrollo* que guían la producción de una aplicación multiplataforma con RA, descriptos en el apartado 4. Esta definición de contexto es muy importante en el desarrollo de aplicaciones nativas multiplataforma que integran RA. Es por ello que, durante *6 meses* aproximadamente, se exploraron dos *frameworks* de desarrollo: *QT* (<https://www1.qt.io/developers>) y *Xamarin*. *QT* permite generar aplicaciones nativas para varias plataformas y tiene un amplio soporte al desarrollador. El API de la biblioteca cuenta con métodos para acceder a bases de datos mediante SQL, así como uso de XML, gestión de hilos, soporte de red,

una API multiplataforma unificada para la manipulación de archivos y una gran variedad de métodos para el manejo de ficheros, además de estructuras de datos tradicionales. *Xamarin* [25] es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones móviles nativas para Android, iOS y Windows utilizando el lenguaje C#. Las interfaces de usuario de las aplicaciones escritas en C#/Xamarin son nativas, lo que produce una mejora en el rendimiento en tiempo de ejecución. Las aplicaciones escritas en C#/Xamarin permiten un enfoque de desarrollo multiplataforma donde se comparte la codificación de lógica de negocio. Sin embargo, las interfaces de usuario deben ser programadas independientemente para cada plataforma de destino.

Esta exploración se llevó a cabo en diferentes sesiones de trabajo con ejemplos sencillos que permitieron evaluar el comportamiento de los *frameworks*, según los criterios de desarrollo, considerando los requerimientos formales de AlgeRA. Se destaca que fue un trabajo que insumió mucho tiempo de ensayos. Tal como sostiene Delía [5], la elección de qué *framework* emplear depende del tipo de aplicación que se quiere lograr y del SO del dispositivo en el cual se ejecutará la misma. Se decidió utilizar *Xamarin* dado que presenta soporte para trabajar con bibliotecas de RA. Sin embargo, para llegar a esta decisión, se realizó un trabajo de exploración más profundo, cuyos resultados se detallan en [7].

- **Descripción de los requerimientos de usuarios mediante Historias de Usuario (HU):** Este proceso forma parte de un refinamiento inicial de los requerimientos. Para documentarlo, se utiliza la plantilla provista por Mobile-D. A modo de ejemplificación, la Figura 3 presenta un requerimiento modelado con HU.

Numero/ ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad	Notas
		Antes	Después	Estimado	Gastado		
1-Instalar app	Nueva Arreglada Extendida	Fácil Moderado Difícil	Fácil Moderado Difícil			Alta Media Baja	
Descripción							
Funcionalidad deseada: Como alumno deseo bajar la aplicación del Play Store de Android o iPhone ; e instalarla por mi cuenta en mi dispositivo.							
Estado	Fecha	Comentario					
Definido	17/7/18	Fase de exploración: #Requerimiento vinculado: R0.					
Implementando		Fase de Producción: #Requerimiento redefinidos vinculados: sin determinar.					
Verificado		Fase de Producción: #Requerimiento redefinidos vinculados: sin determinar					

Figura 3. Requerimiento R0 modelado con HU.

- *Definición de una arquitectura inicial para AlgeRA que permita satisfacer los requerimientos:* como punto de partida se establece que AlgeRA estará basada principalmente en tres grandes componentes de software. Estos son: a) una *aplicación web* que será el gestor de usuarios (docentes y alumnos) y de los grupos que llevarán a cabo las diferentes prácticas de aprendizaje de Algebra Lineal, b) una *aplicación móvil* que se ejecutará en cada dispositivo y que será la encargada de consumir el recurso u objeto 3D para que el alumno desarrolle las prácticas de ejemplificación y de interactuar con tecnología de sincronización en la práctica de trabajo de campo, c) se necesita el objeto 3D y, eventualmente, repositorios para almacenar dicho objeto y los materiales o videos de los trabajos de campo. Una aproximación gráfica inicial de esta arquitectura se muestra en la Figura 4.

En la base de datos se almacenarán los perfiles de usuario. En cuanto al desarrollo de la aplicación móvil, uno de los puntos fundamentales es el consumo por parte de la misma de los Objetos 3D, lo cual insumirá tiempo de experimentación.

- *Definición de notaciones para modelado y herramientas de bocetos:* Para el modelado general de la arquitectura se utilizarán modelo de bloques y diagramas de clases. El diseño inicial de la interfaz también se realizará con modelo de bloques.

- *Diseño inicial del software a ser desarrollado:* La Figura 5 y la Figura 6 representan, mediante diagramas de bloques, el diseño inicial de pantallas tanto para la aplicación web como para la aplicación móvil, respectivamente.

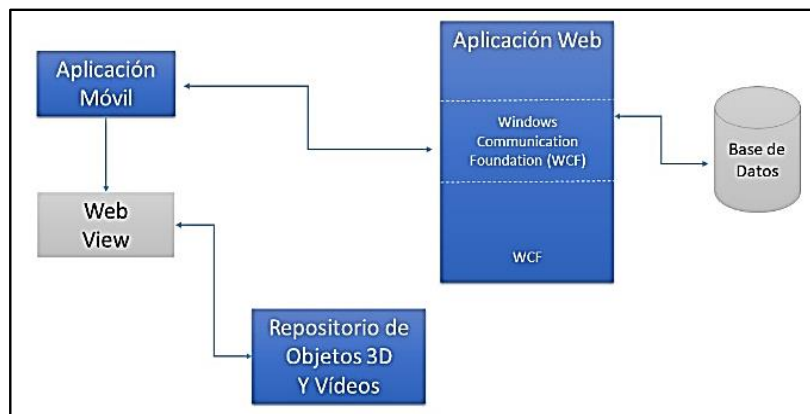


Figura 4. Arquitectura Inicial de AlgeRA.

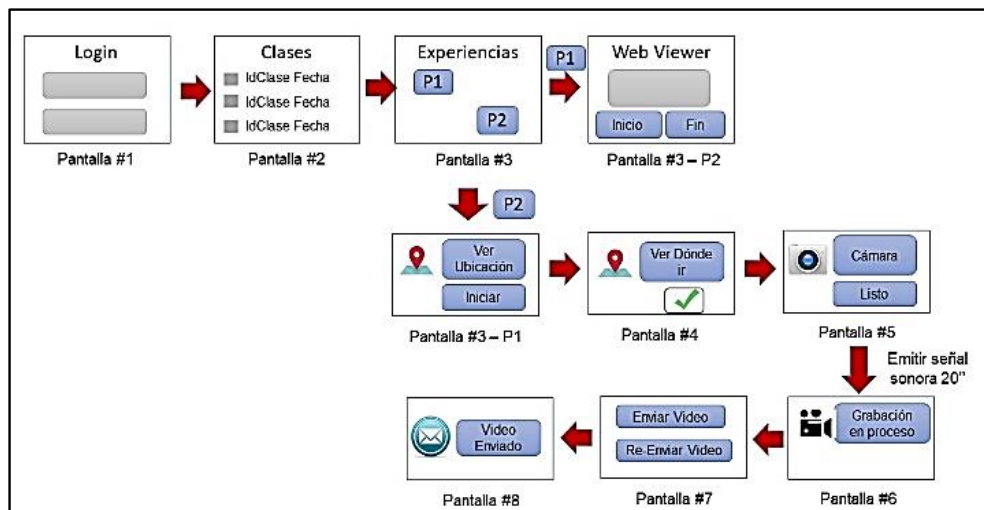


Figura 5. Arquitectura web inicial.

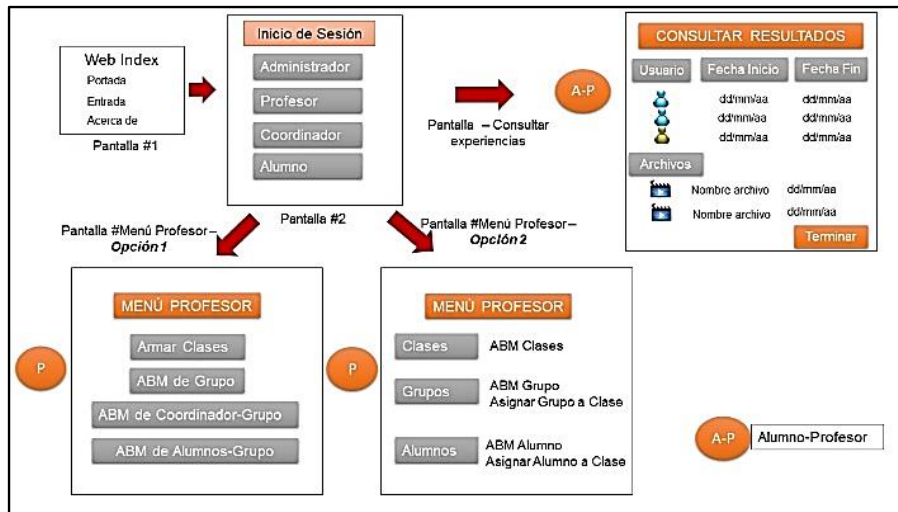


Figura 6. Arquitectura móvil inicial 1.

Tal como se representa, y con el fin de disminuir el consumo de recursos en los dispositivos móviles, la mayor parte de AlgeRA está contenida en la aplicación web, mientras que la aplicación móvil está destinada a la obtención de los recursos para las prácticas didácticas.

En la arquitectura de la aplicación móvil se aprecian los perfiles de usuario y el menú que se le presentará a cada uno de ellos: al profesor, para vincular las prácticas didácticas con los grupos, y tanto a los profesores como a los alumnos, la posibilidad de consultar el material obtenido en el trabajo de campo, o si el usuario posee alguna experiencia registrada.

- *Iteración 0*: Comenzando la implementación de funcionalidades de AlgeRA. La primera funcionalidad que se implementó es la referida al *R0*, para lo cual se debe *desarrollar* el *login* en la aplicación web. La Figura 7 ilustra el ingreso a la aplicación, mientras que la Figura 8 muestra la pantalla de *registro*.

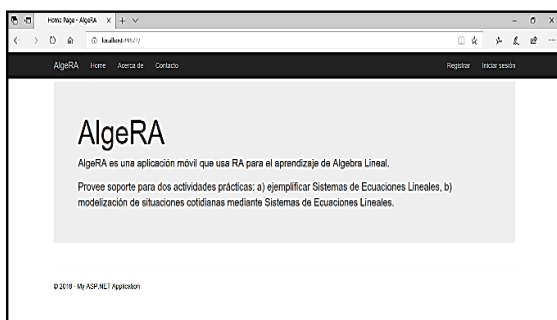


Figura 7. Ingreso web a AlgeRA.

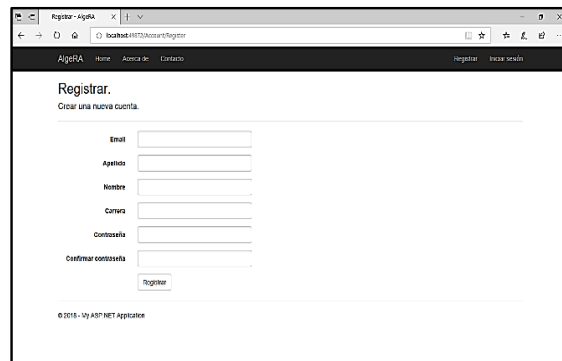


Figura 8. Pantalla de Registro de Usuario.

Además, para satisfacer el *R0*, fue necesario diseñar la base de datos de los usuarios y de sus respectivos perfiles. El modelo de datos inicial se muestra en la Figura 9, el cual se obtuvo mediante 2 iteraciones realizadas en 4 sesiones de trabajo. La base de datos fue construida utilizando el *ORM Entity Framework*, a partir del modelo de objetos.

Esta versión de la base de datos contiene información sobre los *usuarios*, sus *roles*, los *grupos* (entendiendo que un usuario puede ser integrante y coordinador de un grupo), *experiencias* que tienen una fecha de inicio y una de fin, y que se vinculan con varias *prácticas didácticas* (de tipo *ejemplificación* o *trabajo de campo*, según el alcance actual de la aplicación).

La *experiencia* puede entenderse como una clase de la asignatura, y la razón por la cual se vincula con varias *prácticas didácticas* es porque en una misma clase se pueden realizar ambos tipos de prácticas.

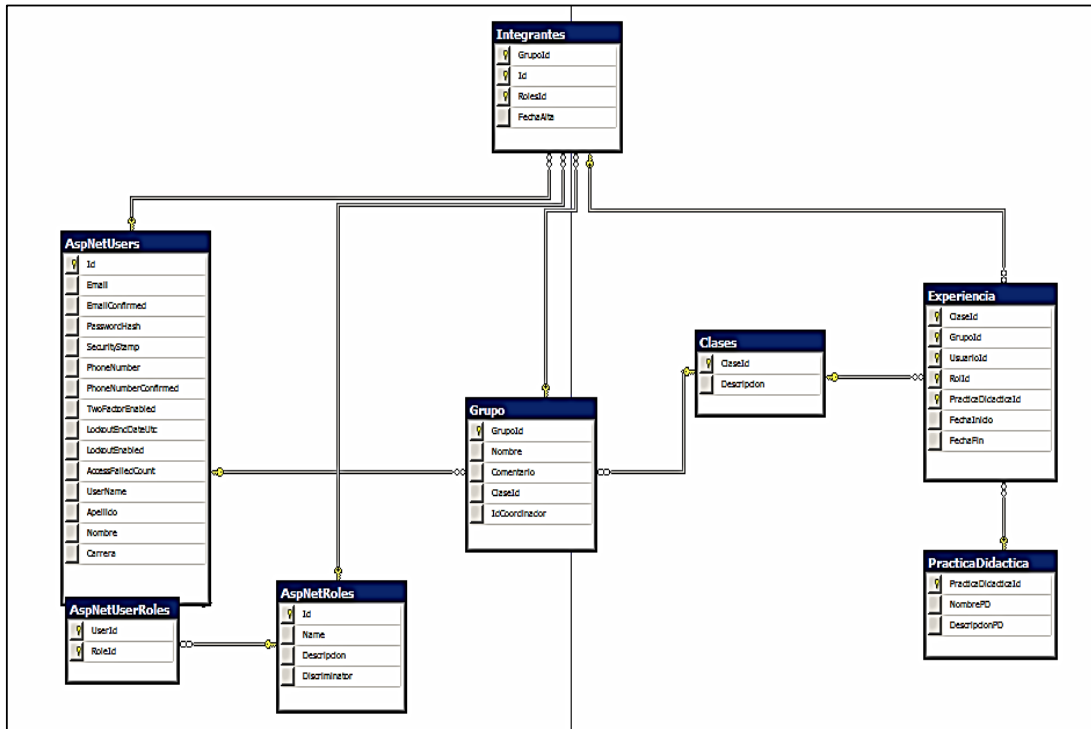


Figura 9. Base de Datos Inicial de AlgeRA.

7. AlgeRA: Fase de Producción

A continuación, se presenta lo desarrollado hasta el momento, en lo que se refiere a los 3 software diferenciados en la arquitectura: la aplicación web, el desarrollo del objeto 3D y la aplicación móvil.

Día 1 de producción: Elección de las herramientas de modelado para objetos 3D. Dado que el objeto debe ser consumido por la aplicación móvil, se realiza una exploración exhaustiva de las herramientas de modelado para objetos 3D, seleccionándose *Blender3D* (<https://www.blender.org>).

es multiplataforma. Actualmente, es compatible con todas las versiones de Windows, Mac OS X, GNU/Linux (Incluyendo Android), Solaris, FreeBSD e IRIX; (iv) es de simple instalación y está mantenido por la Fundación *Blender*; (v) está documentado en forma detallada en su sitio web. Además, es posible conseguir documentación adicional a través de la comunidad vía tutoriales y foros de discusión. Como software de animación para el objeto 3D se exploró *Unity3D* (<http://www.unity3d.com>) en su versión 2018 dado que posee soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas. Asimismo, *Unity* puede usarse en forma conjunta con *Blender*, entre otros softwares de diseño 3D y motores de videojuegos. Otra

ventaja significativa es que *Unity* toma los cambios realizados sobre los objetos creados con *Blender*, actualizándose automáticamente en todas las instancias de ese objeto, sin necesidad de volver a importar el objeto manualmente. Cabe destacar que *Unity* es una herramienta multiplataforma, con licencia gratuita. Tanto *Unity* como *Blender* permiten realizar animaciones con objetos 3D. Dada a esta última característica, y considerando el tamaño de los objetos que se obtienen, se decide realizar la animación utilizando también *Blender*.

Este día de producción se dividió en tres momentos. En el primero, se creó el objeto que representa el sistema de riego con aspersores. El resultado obtenido resultó demasiado grande (en cuanto a requerimientos de memoria) para ser consumido por la aplicación móvil con un buen rendimiento. Es por ello, que se decidió reducir la animación en el aspersor. Por último, en el momento tres del día de producción, se agregaron en el modelo las variables que representan el sistema de ecuaciones. El resultado se encuentra disponible para ser consumido por la aplicación en <https://sketchfab.com/models/8fae08a98f0a46f98f75314c287e8a4e>.

Como se expresa anteriormente, a lo largo de este día de producción, se realizó la evaluación procesual de la herramienta de modelado elegida, tal como lo estipula Mobile-RA. Esto permitió tomar la decisión adecuada

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

sobre el uso de *Blender* para animar el aspersor. Si esto no se hubiera realizado, el día de producción 1 hubiese culminado con el primer momento. A consecuencia, se habría obtenido un aspersor animado muy vistoso, pero inadecuado para la aplicación móvil que se quiere desarrollar.

Día de producción 2: El desarrollo web. Este día de producción estuvo destinado a las altas, bajas y modificaciones (ABM) de usuarios, grupos y clases, y el menú general. El resultado de este día de producción se ilustra en las figuras 10, 11 y 12, en lo que se refiere al ABM de usuario, grupos y clases, respectivamente.

UserName	Apellido	Nombre	Carrera	Roles
pbudan1@gmail.com	Budán	Paola Daniela		Borrar
fedvaig@gmail.com	Rosenzvaig	Federico	LSI	Borrar

Figura 10. Listado de Usuarios.

Nombre

Comentario

[Volver al Listado](#)

Figura 11. Creación de Grupos.

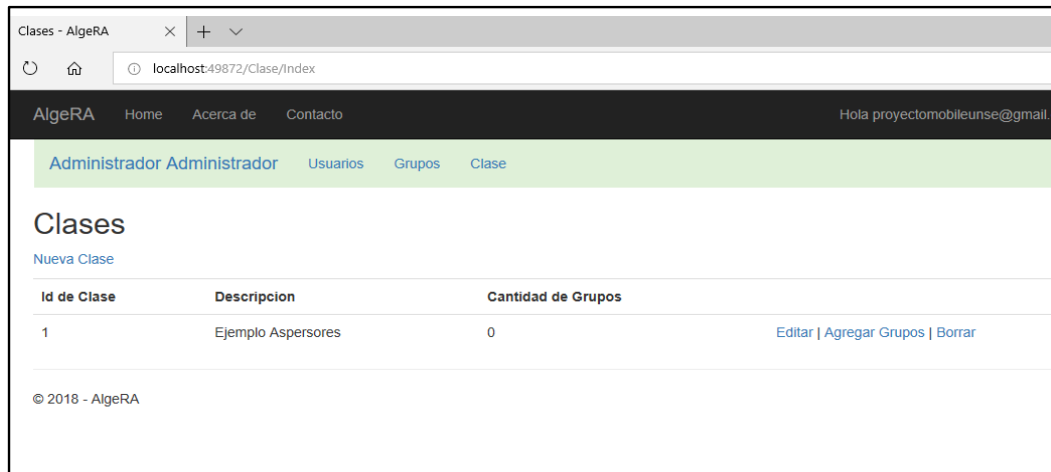


Figura 12. Gestión de Clases.

8. Conclusión y Trabajo Futuro

En este artículo, se presenta Mobile-RA, un método de desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma con RA. El mismo toma como punto de partida al método Mobile-D, proponiendo una adecuación producto de una investigación cualitativa basada en la Investigación-Acción. Dicha adecuación se fundamenta en las experiencias de desarrollo del equipo de investigación, y se basa en establecer una lista de *criterios* a considerar durante el desarrollo completo (*contextualización a priori*), y a la inclusión de revisiones periódicas durante las fases de inicialización, producción y estabilización (*evaluación procesual de las herramientas de desarrollo*). El haber implementado estas adecuaciones en Mobile-D, permitió ahorrar mucho tiempo en el desarrollo propiamente dicho de AlgeRA.

Si bien el desarrollo de la aplicación está avanzado en lo que se refiere al diseño del objeto 3D y al desarrollo web, resta integrar estos artefactos con el desarrollo móvil. Por otro lado, el método Mobile-RA debe ser evaluado y refinado con otros desarrollos de aplicaciones en las que se integre una aplicación móvil con otra aplicación web y que consuma objetos 3D.

9. Referencias

[1] Abrahamsson, P., A. Hanhineva, H. Hulkko, T. Ihme, J. Jääliñoja, Korkala, M. and O. Salo. *Mobile-D: an agile approach for mobile application development*. In Companion to the 19th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems, languages, and applications (pp. 174-175). ACM, 2004.

[2] Azuma, R. *Augmented Reality: Approaches and Technical Challenges*. Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality. Mahwah, New Jersey: W. Barfield, Th. Caudell. 2001.

[3] Blanco P., J. Camarero, A. Fumero, A. Werterski, and P. Rodríguez. Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. *Introducción al desarrollo con Android y el iPhone*. Dr. en Ing. Sist. Telemáticos, 1-30. 2009.

[4] Córdoba, M. N. *Prototipo de un Sistema Alternativo de Comunicación. Trabajo final de Licenciatura en Sistemas de Información*. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2016.

[5] Delía, L. *Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma*. Trabajo Final de Especialista en Ingeniería Web. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata. 2017.

[6] Delia, L. N., L. Galdamez, P. Corbalan, P. Pesado and P. Thomas. *Approaches to Mobile Application Development: Comparative Performance Analysis*. Computing Conference 2018 18-20 July 2018 | London, UK.

[7] Delia, L., P. Thomas, L. Corbalan, J. Fernandez Sosa, A. Cuitiño, G. Cáseres and P. Pesado. *Development Approaches for Mobile Applications: Comparative Analysis of Features*. Computing Conference 2018 10-12 July 2018 | London, UK.

[8] Escobar, D. P. O. and A. C. Gualteros. *Estudio de metodologías ágiles para proyectos de software en corto tiempo*. Tecnología Investigación y Academia, 1(2). 2013.

[9] Fennema, M., S. Herrera, R. Palavecino, P. Budán, F. Rosenzvaig, P. Najjar Ruiz, J. Carranza and E. Saavedra. *Aproximaciones para el desarrollo multiplataforma y mantenimiento de Aplicaciones Móviles*. Workshop en

Investigación en Ciencias de la Computación, WICC. Instituto Tecnológico Buenos Aires. Buenos Aires. ISBN 978-987-42-5143-5. 2017.

[10] Fennema, M., S. Herrera, R. Palavecino, P. Budán, F. Rosenzvaig, P. Najar Ruiz, J. Carranza and E. Saavedra. *Aproximaciones para el desarrollo multiplataforma de Aplicaciones Móviles*. Workshop en Investigación en Ciencias de la Computación, WICC. ISBN 978-987-3619-27-4. Corrientes, 2018.

[11] Fuggetta, A. and E. Di Nitto. *Software process*. In Proceedings of the on Future of Software Engineering (pp. 1-12). ACM. 2014.

[12] Hermes, D. *Xamarin Mobile Application Development: Cross-Platform C# and Xamarin.Forms Fundamentals*. Ed. Apress. ISBN 978-1484202159. 2015.

[13] Herrera, S., M. Morales, C. Sanz and C. Fennema. *Aprendizaje basado en Dispositivos Móviles*. Santiago del Estero: EDUNSE - Editorial de la UNSE. pag.196. isbn 978-987-1676-18-7. 2013.

[14] Herrera, S., P. Najar, M. Morales, R. Palavecino, and F. Fennema. *DEMO: Juego móvil colaborativo Educ-Mobile*. Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Universidad Nacional de Chilecito. La Rioja. 2014.

[15] Herrera, S., P. D. Budán, F. Rosenzvaig, M. Maldonado, G. Suárez, E. Saavedra, P. J. Najar Ruiz and M. I. Morales. *Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma para M-learning con Realidad Aumentada*. ADNTIIC 2017. Huerta Grande, Argentina, 2017.

[16] Herrera, S. and C. Sanz. *Collaborative m-learning practice using Educ-Mobile*. Estados Unidos de América. Minneapolis. Libro. Artículo Completo. Conferencia. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS) 2014. University of Minnesota.

[17] Herrera, S. and C. Sanz. *Práctica de m-learning colaborativo usando Educ-Mobile*. 2º Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información. Red de Carreras de Ingeniería en Informática/ Sistemas de Información. 2014.

[18] Moralejo, L. *Análisis comparativo de herramientas de autor para la creación de actividades de realidad aumentada*. La Plata. 2014.

[19] Morales, M., S. Herrera, M. Maldonado, P. Budán and F. Rosenzvaig. *M-learning con Realidad Aumentada para el aprendizaje significativo en Álgebra Lineal*. II Simpósio Ibero-Americano de Tecnologías Educativas - ISSN 2594-388X. Araranguá, SC, Brasil, 2018.

[20] Najar, P. J. *Prototipo de sistema móvil para e-turismo*. Trabajo final de Licenciatura en Sistemas de Información. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2013.

[21] Paredes, R., J. Sánchez, L. Rojas and S. Martínez. *Interacting with 3D learning objects*. In Web Congress, Pg. 168-168. Latin American. 2009.

[22] PhoneGap 3. *A guid to building cross-platform apps using the W3C standards-based Cordova/PhoneGap framework*. Packt Publishing. 2013.

[23] Prendes Espinosa, C. *Augmented Reality and Education: Analysis of Practical Experiences*. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación. N° 46. Enero 2015. ISSN: 1133-8482.e-ISSN: 2171-7966. doi: <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i46.12>. 2015.

[24] Rahimian, V. and R. Ramsin. *Designing an agile methodology for mobile software development: A hybrid method engineering approach*. Second International Conference on Research Challenges in Information Science (pp. 337-342). IEEE. 2008.

[25] Reinoso, R. *Realidad Aumentada Posibilidades y Usos en Educación, Recursos Educativos Aumentados una oportunidad para la Inclusión*, CAVA, Cartagena de Indias. 2016.

[26] Rosenzvaig, F., P. Najar, E. Saavedra, C. Sanchez, P. Budán, S. Herrera and C. Fennema. *Desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma que usan realidad aumentada*. XIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA. CODINOA. Aprobado para exposición. 2018.

[27] Trigueros, M. *El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas*. Innovación Educativa, México, v. 9, n. 46, p.75-87, mar. 2009. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179414894008>. Acceso en: 12 feb. 2018.

[28] Wargo, J. *Apache Cordova 4 Programming*. Addison-Wesley Professional. 2015.

Propuesta de Validación de Modelos Conceptuales e Interfaces a Través de Modelos Abstractos

Juan Carlos Moreno ¹, Marcelo Martín Marciszack ¹, Mario Alberto Groppo ²

*Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (C.I.D.S)
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba*

*Maestro López esq. Cruz Roja Argentina, Ciudad Universitaria, Córdoba, República Argentina
{jmoreno33, marciszack}@gmail.com ¹, sistemas@groppo.com.ar ²*

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo presentar un procedimiento para la validación de Modelos Conceptuales, brindando como ventaja adicional la posibilidad de verificar algunos atributos de Usabilidad y la Accesibilidad entre interfaces de un Sistema de Información. Para dicho objetivo, se emplean modelos derivados que utilizan una variante del lenguaje de intercambio XML, para validarlos a través del uso de modelos abstractos. La propuesta parte del modelo de negocio, donde captura las actividades a partir de las cuales generará los Casos de Uso y el diccionario de datos. Una vez terminado de especificar los mismos, se construyen los prototipos de las interfaces y empleando el paradigma del Desarrollo de Software Dirigido por Modelos, mediante transformaciones se obtienen modelos abstractos que pueden ser validados con técnicas de grafos. Se brinda, además, la posibilidad de hacer correcciones y simular cambios a través de la trazabilidad de los modelos.

1. Introducción.

La industria del software actual le exige a la Ingeniería de Sistemas el desarrollo de métodos para la construcción veloz y correcta de aplicaciones de sistemas de información, que permitan aprovechar los costos de oportunidad y asegurar la subsistencia de las compañías en un mercado tan competitivo como el actual. Sobre todo, porque los costos de oportunidad son muy altos. Esto se ha acentuado más en la última década, con el desarrollo de las comunicaciones, la nanotecnología y el avance de Internet. Todas estas cuestiones, son las que motivaron el desarrollo de la siguiente propuesta, que se expone a continuación.

En el dominio de modelado de la Ingeniería de Software, existen variadas metodologías para modelar el negocio y el sistema de información. La presente propuesta parte del modelo de negocios, capturando los requisitos, para lo cual emplea BPMN, y luego a través de un proceso de transformación se construyen los casos de

uso o escenarios que se modelan. Una vez que se ha concluido la construcción y modelado los distintos casos de uso, conjuntamente con la definición del diccionario de datos, se diseña un primer prototipo de modelo de la interfaz de usuarios. A partir de esta etapa, se emplea un proceso de transformación, mediante el cual se convierte la interfaz en un modelo de objetos, aplicando el paradigma de desarrollo de software dirigido por modelos. Con el modelo construido, y conociendo los requerimientos funcionales del sistema de información, se aplica un método de validación a los fines de comprobar la accesibilidad de las distintas interfaces. Además, brinda la posibilidad de simular la ejecución de tareas, comprobando la completitud de las interfaces y adicionalmente detectar la presencia de errores. En caso, de ser necesaria una modificación o corrección de la misma, es factible analizar el impacto del cambio aplicando un proceso de seguimiento de la trazabilidad de las tareas de cada interfaz analizada.

Para explicar el proceso de modelado propuesto, el documento se organiza en secciones de la siguiente manera:

En la sección 2, se hace una breve introducción al Estado del Arte, introduciendo los principales conceptos tenidos en cuenta que dieron origen en el presente trabajo.

En la sección 3, denominada Elementos de Trabajo y Metodología, en una primera parte, se presentan los conceptos y bases teóricas sobre los que se sustenta la propuesta metodológica descripto. En la misma se presentan conceptos relacionados con el Modelado Conceptual, el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos, y el modelado de la interfaz de usuario, a través de modelos abstractos. Asimismo, se describe el procedimiento completo para validar y verificar las interfaces construidas empleando modelos abstractos. En la segunda parte, de la sección 3, se describen distintas herramientas que materializan la propuesta del procedimiento metodológico descripto.

Finalmente, en la sección 4 se presentan las conclusiones, sobre la propuesta desarrollada.

2. Estado del Arte.

Uno de los objetivos de la Ingeniería de Sistemas es construir aplicaciones de calidad, útiles a los usuarios finales, aplicando distintos métodos y principios [1]. La calidad de las aplicaciones web se ha medido generalmente basándose muchas veces en el sentido común de los desarrolladores [2].

Por lo general, en el proceso de construcción del software se hace énfasis en los aspectos de la arquitectura, la funcionalidad y la persistencia de cada proceso, no tratándose de forma adecuada la interacción y facilidad de uso. Por este motivo, el estudio de la usabilidad del software en entornos web ha tomado relevancia.

La norma ISO/IEC 9126-1 [3], se considera a la usabilidad como un parámetro de calidad del software. Se reconoce a la usabilidad como “la capacidad en que un producto de software puede ser entendido, aprendido y usado por determinados usuarios bajo ciertas condiciones en un contexto de uso específico”. Se contempla la calidad interna, externa y en uso de un producto de software [4]. A su vez, la usabilidad es descompuesta en sub-atributos, haciendo que algunos atributos sean más tangibles y se puedan medir [5].

La norma ISO/IEC 25000 (SQUARE) [6], contempla a la usabilidad bajo dos puntos de vista distintos: uno que contempla a la usabilidad desde el punto de vista del software, como producto en sí mismo; y el otro punto de vista desde la usabilidad de uso, desde la perspectiva del usuario.

Pero la usabilidad es considerada en etapas finales de la construcción del software, cuando cualquier modificación afecta la arquitectura del sistema y el costo de cualquier modificación es alto [7], [8]. Una de las soluciones posibles a este problema, es incluir el análisis de la usabilidad en etapas tempranas, durante la fase de elicitación de los requisitos. Por esta razón se estudia el Entorno de Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (DSDM) [9][10], también denominado MDD en el campo de la Ingeniería de Software, puesto que se busca saber si se considera la elicitación de requisitos de usabilidad en etapas de desarrollo tempranas de la construcción del software. En DSDM se busca la construcción de un software a través de una serie de modelos conceptuales que son independientes de la plataforma de implementación y representan del sistema de información. A través de estos modelos se busca generar el código final del programa, aplicando una serie de transformaciones.

El proceso de transformación involucra cuatro niveles (ver Figura 1), que están compuestos por una serie de modelos conceptuales:

- **Modelo Independiente de Computación (CIM):** en esta etapa la representación de los requisitos y del entorno es independiente de cualquier soporte de computación. Se lo denomina modelo de dominio, y para su construcción

se utiliza vocabulario familiar a los expertos del dominio, sin que éstos sepan o tengan conocimientos técnicos de los artefactos que se utilizarán en la implementación del sistema.

- **Modelo Independiente de Plataforma (PIM):** Es un modelo de alto nivel de abstracción (modelo conceptual) independiente de cualquier tecnología o lenguaje de implementación. Puede ser implementado en cualquier plataforma específica.

- **Modelo Específico de Plataforma (PSM):** un PIM se transforma en uno o varios PSM. El PSM representa al PIM en una tecnología de implementación específica.

- **Código:** Es la transformación de cada PSM a código expresado en un lenguaje de programación específica para la transformación del sistema.

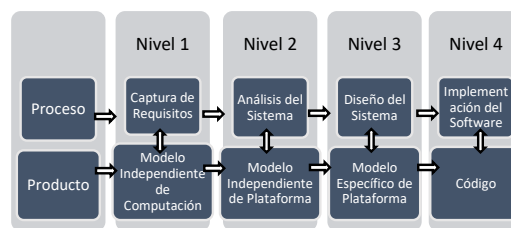


Figura 1. Esquema de Proceso de Model-Driven Architecture

Como se observa en la Figura 1, la idea fundamental de MDD es la generación automática de código a través de transformaciones automatizadas aplicadas a modelos que deben ser completos y consistentes. Se observa como cada etapa del ciclo de vida de desarrollo del software se vincula con los distintos modelos de las distintas etapas del paradigma de Desarrollo de Software Dirigido por Modelos. Aplicando el paradigma del Desarrollo de Software Dirigido por modelos, donde se tienen en cuenta los distintos niveles del ciclo de vida de construcción del software, la usabilidad puede ser implementada como un modelo que se aplica en los distintos niveles de abstracción del paradigma de MDD. Por ejemplo: 1) a nivel de Modelo Independiente de Plataforma (PIM), se aplica analizando y evaluando distintos modelos como: el modelo de navegación, los modelos de representación de interfaz abstracta del usuario o distintos modelos estructurales del dominio bajo estudio; 2) a nivel de modelos específicos de plataforma (PSM), se aplica evaluando los distintos modelos de interfaz concreto; 3) a nivel de aplicación web o de implementación final (CM), evaluando la interfaz de usuario final; y a nivel de interacción, se aplica cuando la aplicación web está siendo empleada en un determinado contexto. La presente propuesta introduce y evalúa la presencia de usabilidad durante la construcción del modelo conceptual hasta la finalización del mismo, iniciando desde la etapa de

elicitación de requerimientos del sistema en el modelo de negocios.

Existen varios métodos de desarrollo de software de la Ingeniería web, que dan soporte al estándar MDD. Se pueden citar, como ejemplo, a los siguientes: OOHDM [11] [12], UWE [13] [14], OO-Method [15], OOH[16], OOWS[17], WebML[18].

El desarrollo de los sistemas Web en estos métodos, se lleva a cabo mediante modelos que capturan distintas vistas del sistema: un modelo estructural (modela contenido y comportamiento), un modelo de navegación (modela acceso al contenido) y un modelo de presentación abstracto (modela cómo el contenido es mostrado). Se debe considerar el nivel de abstracción de los modelos para poder evaluar las características de usabilidad.

Como consecuencia del Análisis del Modelo Conceptual de distintos modelos de diseño de software web, se llevó a cabo esta investigación donde surgió esta propuesta de trabajo con el fin de incorporar aspectos de usabilidad en forma temprana en el diseño de aplicaciones de entorno web.

3. Elementos de Trabajo y Metodología.

3.1. Pasos del Proceso Metodológico.

La metodología que aquí se presenta, se conforma de las siguientes etapas, explicadas con mayor detalle a lo largo de este documento.

- 1) Realizar el modelado de negocio con “Business Process Model and Notation” (BPMN) o lo que sería lo mismo en español “Modelo y Notación de Procesos de Negocio” [19].
- 2) Indicar qué actividades están vinculadas con la gestión de información. Incorporar estereotipos (Reglas de Negocio) a aquellas actividades automatizadas con Requerimientos No Funcionales (R.N.F.) de Usabilidad.
- 3) Construir los Casos de Usos a partir de las actividades y el diccionario de datos empleando Léxico Extendido del Lenguaje.
- 4) Trasformar los Procesos de Negocios y Casos de Uso o Escenarios en máquinas abstractas.
- 5) Verificar la consistencia de los requerimientos y de las definiciones de atributos de Usabilidad a través de Redes de Petri Coloreadas y Automatas Finitos resultantes del proceso anterior.

3.2. Descripción del Proceso Metodológico.

3.2.1 Realizar el Modelado de Negocio con BPMN.

En BPMN, los Procesos de Negocio involucran la captura de una secuencia ordenada de las actividades e información que utiliza el proceso, el cual implica representar cómo una empresa realiza sus objetivos centrales. BPMN es una notación basada en diagramas de flujo para definir procesos de negocio, desde los más simples hasta los más complejos y sofisticados, para dar soporte a la ejecución de procesos. BPMN es gráficamente más rico, con menos símbolos fundamentales, pero con más variaciones de éstos, lo que facilita su comprensión por parte de gente no experta. A continuación, en la Figura 2 se visualiza un proceso de negocio.

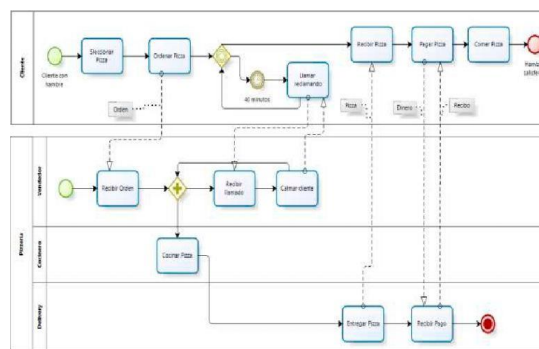


Figura 2. Ejemplo de un Modelo de Procesos de Negocio modelado con BPMN.

3.2.2 Indicar qué actividades tienen manejo de información.

En la Figura 3, se muestra cómo se procede para seleccionar las actividades de negocio que son automatizadas y formarán parte del Sistema de Información

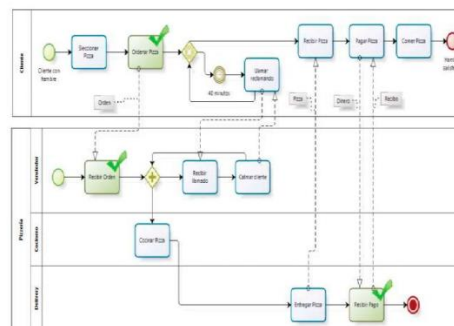


Figura 3. Selección de actividades automatizadas

Aquí, el analista deberá identificar en los diagramas de procesos aquellas actividades que utilicen / generen

información, diferenciándolas de aquellas que son puramente manuales.

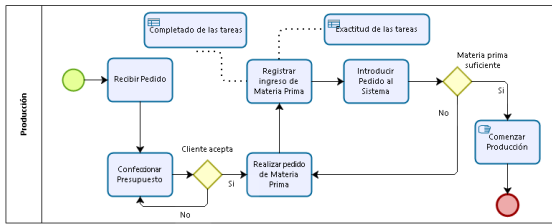


Figura 4. Modelado de atributos de usabilidad en BPMN para actividades de proceso de producción.

Las especificaciones de usabilidad deberán agregarse como actividades utilizando el estereotipo “Regla de Negocio”. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la actividad “Registrar ingreso de materia prima”, a la que se le asociaron los atributos “Completado de las tareas” y “Exactitud de las tareas” correspondientes a la subcaracterística “Rendimiento de las tareas del usuario”.

3.2.3 Construir Casos de Uso a partir de las actividades.

Un Caso de Uso es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. En el contexto de la ingeniería de software, un Caso de Uso es una secuencia de acciones que se desarrollarán entre un sistema y sus usuarios en respuesta a un evento sobre el propio sistema.

Los Diagramas de Casos de Uso sirven para especificar la comunicación y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y/u otros sistemas. O lo que es igual, un diagrama que muestra la relación entre los actores y los Casos de Uso en un sistema. Una relación es una conexión entre los elementos del modelo, por ejemplo, la especialización y la generalización son relaciones.

Como técnica de extracción de requerimiento un Diagrama de Casos de Uso permite que el analista se centre en las necesidades del usuario, qué espera éste lograr al utilizar el sistema, evitando que la gente especializada en informática dirija la funcionalidad del nuevo sistema basándose solamente en criterios tecnológicos. A su vez, durante la extracción (elicitation en inglés), el analista se concentra en las tareas centrales del usuario describiendo por lo tanto los Casos de Uso que mayor valor aportan al negocio. Esto facilita luego la priorización de los requerimientos. Los Casos de Uso evitan típicamente la jerga técnica, prefiriendo el léxico del usuario final.

Desde una perspectiva tradicional de la ingeniería de software, un Caso de Uso describe una característica del sistema.

En este paso, utilizando como guía las actividades marcadas como no manuales en el punto anterior, es preciso identificar los Casos de Uso del sistema que darían soporte "informático" a las actividades.

3.2.4 Trasformar los Procesos de Negocios y Escenarios en Autómata Finito.

Las máquinas abstractas son usadas para modelar una gran variedad de sistemas en diversas áreas. En este caso utilizamos un tipo particular de máquina abstracta que son los Autómatas Finitos.

Entonces, una vez que se cuenta con una especificación detallada de los Procesos de Negocios y Casos de Usos que satisfacen las necesidades informáticas del negocio, se realiza la transformación de los mismos a máquinas abstractas.

Para formalizar esta transformación se definieron un conjunto de reglas de conversión bidireccionales:

Partiendo de BPMN: Cada una de las actividades de Negocio identificadas tendrá un mapeo directo con cada estado identificado del Autómata finito. Lo mismo ocurrirá con los estados de Inicio y de finalización, ya sea por el éxito del procedimiento o por el fracaso del mismo. Los arcos del autómata finito surgirán a través de los flujos de trabajo que vinculan las Actividades del proceso de Negocio.

Partiendo de Plantilla de Caso de Uso: El estado inicial lo constituye las precondiciones, cada acción o respuesta del sistema son arcos del AF, siendo los episodios alternativos las transiciones a estados diferentes con diferentes entradas. Este proceso es soportado tanto para CU a nivel de trazo Grueso y Finos, lo único que varía es la cantidad de estados que la constituyen.

3.2.5 Verificar la consistencia de las definiciones a través de los Autómatas Finitos resultantes.

Al contar con la representación de cada Proceso de negocio o Caso de Uso, sobre cada uno de los mismos se obtiene un Autómata Finito, a partir de una transformación directa de la representación del modelo que debe ser validado, podemos efectuar distintas acciones:

- **Conjunto Conexo y accesibilidad de estados.** Estas verificaciones resultan fundamentales para verificar que todas y cada una de las abstracciones de estados por los que transita el AF tienen correlación con el planteo del mismo, ya que, si un estado definido en el AF no es accesible desde el estado inicial, significa que el modelo que está siendo representado por el autómata no está correctamente planteado y debe necesariamente ser reformulado.

Si un autómata no es conexo basta con eliminar los estados inaccesibles (estados no conexos) y todas sus transiciones (las de entrada y las de salida) para obtener un nuevo autómata conexo equivalente.

- **Autómata Finito Determinista.**

La forma de definir los modelos de procesos puede resultar en caminos o procesos paralelos o simultáneos, los que se traducen en no determinismo dentro de los Autómatas Finitos, los cuales merecen una especial atención de su conveniencia en mantenerlos en los modelos. Así, es necesario convertir el AF No Determinista en uno Determinista equivalente, de manera de brindar al analista la posibilidad de analizar si se reformula el modelo o se mantiene tal como está definido.

- **Minimización del Autómata Finito.**

Un AF no mínimo significa la presencia de estados equivalentes, los cuales pueden ser identificados y reemplazados, y de esta manera simplificar el Modelo que representa al Proceso de Negocio (en el proceso de Negocio dos estados equivalentes del AF equivalen a la existencia de una reinvoación de una acción que puede ser eliminada).

- **Simulación de Ejecución de Autómatas Finitos.**

Para cada modelo de proceso de Negocio y su correspondiente representación del Autómata Finito, pueden establecerse un conjunto de entradas, que al ser simuladas, verifican si se producen los resultados esperados por el modelo.

Luego de hacer esto podemos realizar una trazabilidad inversa hacia los procesos y determinar si en el proceso hay actividades que no se realizan (a partir de los estados no conexos) y procesos que son irrelevantes o innecesarios desde la minimización del autómata relacionado.

3.2.6 Verificar la consistencia de las definiciones de las interfaces a través de Redes de Petri Coloreadas.

Se realiza una breve descripción del método empleado para modelar interfaces, mediante grafos. Para ello, se emplearán Las redes de Petri, que se las puede definir como un lenguaje gráfico, con un alto nivel de formalidad para la descripción y simulación de procesos. Se emplean generalmente para modelar sistemas distribuidos y concurrentes. Estos modelos son muy empleadas para el análisis de sistemas dinámicos discretos.

Su representación gráfica, está conformada por dos tipos de nodos: círculos (lugares o places) y barras (transiciones). Los lugares y las transiciones se pueden conectar por medio de arcos. Los lugares conectados con un arco a una transición son sus lugares de entrada. Los

lugares, que reciben un arco de una determinada transición, son sus lugares de salida. Simular a través de una red de Petri significa el disparo de transiciones habilitadas. Se dice que una transición está habilitada cuando existe al menos un token en todos sus lugares de entrada. Los lugares contienen cero o más tokens. Cuando se dispara una transición, un token es eliminado de cada lugar de entrada, y se añade uno a cada lugar de salida. El token define el estado de cada lugar y se denomina como marcado de red al número de tokens de cada uno de los lugares.

La parte izquierda de la Figura 5 muestra un modelo con dos tareas (Tarea-1 y Tarea-2); En una Transición Iniciada o con proceso iniciado, las tareas se pueden ejecutar en cualquier orden. Una vez finalizado el proceso o Transición Finalizado, todo el proceso se repite nuevamente. Hacia la izquierda se muestra cómo el disparo de la transición “Iniciado” ocasiona que el token sea eliminado del lugar “Inicio” y se generen dos tokens en Tarea-1 y Tarea-2 (ver parte derecha de la Figura 5).

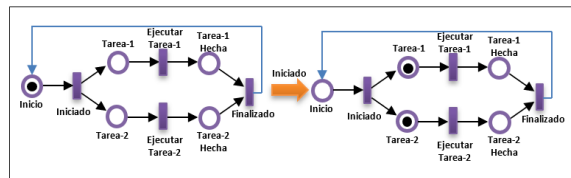


Figura 5. Simulación de una transición.

En la Figura 6 se muestra el denominado “Grafo de Alcanzabilidad”, con todos los posibles estados de la red.

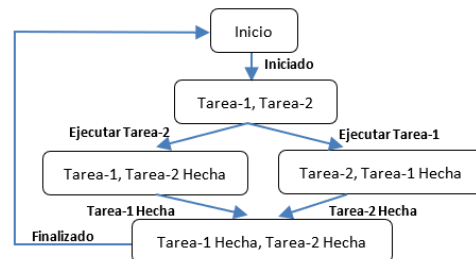


Figura 6. Grafo de Alcanzabilidad

El análisis del comportamiento de los estados del grafo, empleando simulación, permite saber si es posible alcanzar una configuración a partir de otra (alcanzar cada estado del grafo), los estados que permiten alcanzar a otros, y si existen estados inaccesibles o inalcanzables dentro de la red diseñada.

Las redes de Petri coloreadas tienen la particularidad que permiten agregar datos estructurados a los tokens, cuyo valor es a lo que se le denomina color. El mismo es importante porque permite que pueda ser seleccionado por los arcos, evaluado en las transiciones, y cambiado por transición a otro estado. Además, brinda la ventaja de

poder evaluar subredes, pertenecientes a diseños de redes mayores.

Estos modelos de redes serán empleados para validar las interfaces o pantallas de modelos abstractos.

3.3. Descripción de la herramienta

3.3.1. Construir Casos de Uso a partir de las actividades.

Esta herramienta, desarrollada específicamente para el diseño de modelos conceptuales (denominada SIAR), es una aplicación web que permite registrar en forma normalizada los casos de uso que comprende:

- Administración de los atributos de un proyecto (de sistemas) y sus versiones.
- Gestión de los alcances de cada versión del proyecto y los casos de uso asignados.
- Administración de los artefactos de un caso de uso, incluyendo actores, precondiciones, postcondiciones, escenario principal y escenarios alternativos, y su versionado.
- Clasificación, priorización y trazabilidad de los casos de uso.
- Visualización de consultas y generación de reportes en distintos formatos, inclusive XPDL, para comunicarse con otras aplicaciones.
- Gestión de atributos de procesos de negocio, de actividades de negocio que los componen y los casos de uso asociados a estas actividades.

3.3.2. Trasformar un caso de uso en una máquina abstracta.

Una vez completa la versión de un caso de uso y utilizando el conjunto de reglas de conversión del caso de uso en un grafo de estados, definidas en este paso de la metodología, la herramienta genera el grafo de estados.

El grafo de estados asociado al caso de uso tiene un alfabeto de tres símbolos para indicar qué evento lo cambia de un estado/nodo a otro:

- Por medio de una Acción determinada.
- S = Cuando Si se cumple una condición que bifurca a un escenario alternativo.
- N = Cuando No se cumple una condición que bifurca a un escenario alternativo.

Partiendo de un estado/nodo origen, en la función de transición puede estar asociado solamente uno de los símbolos: A, N o S. Con esto se cumple la condición necesaria de un autómata finito determinista. De esta manera, si la transición entre dos estados/nodos se da dentro de un mismo camino, se asocia el símbolo A. Si en cambio interviene una bifurcación, la función de transición hacia el estado/nodo destino por cumplimiento de la condición de bifurcación, se asocia el símbolo S. Por

el otro camino de la bifurcación, se asocia el símbolo N. Los estados y sus relaciones (arcos pueden verse en la próxima Figura 7.

Estado / Paso Origen	Estado / Paso Destino	Transición	Estado Final por Error	Tipo
1	2	A		S
2	3	A		S
3	4	A		S
4	4-A	N		C
4-A	4-A-1	A		S
4-A-1	4-A-2	A	SI	S
4	5	S		C
5	6	A		S
6	6-A	S		C
6-A	6-A-1	A		S
6	7	N		C

Figura 7. Tabla de estados de un caso de uso.

3.3.3. Transformación automática.

Una vez generado el grafo de estados se expresa en protocolo XPDL, por ser el más adecuado para intercambiar modelos de procesos entre distintas herramientas. Este lenguaje da soporte a la definición y a la importación/exportación de procesos, con el objetivo de que, aunque se modele un proceso en una aplicación, este modelo pueda ser usado por otras aplicaciones de modelado y/o por otra aplicación es que trabajen en el entorno de ejecución.

A continuación, en la Figura 8 se muestra el resultado de la transformación a través de la configuración de una herramienta XLST a XML aceptado por el módulo Validador de Autómatas Finitos.

```

<transicion
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:type="java:dominio.automas.TransicionFinita">
  <simbolo>
    <simbolo>S</simbolo>
  </simbolo>
  <estado-inicio>
    <denominacion>4</denominacion>
  </estado-inicio>
  <estado-fin>
    <denominacion>5</denominacion>
  </estado-fin>
  <denominacion>f( 4, S) = 5</denominacion>
</transicion>
    
```

Figura 8. Fragmento de archivo XML generado.

3.3.4. Simulador de Autómata Finito.

A partir de este punto es posible simular el comportamiento que tendrá el sistema y llevar a cabo la última etapa del proceso metodológico que es verificar la consistencia secuencial de los escenarios de los procesos de negocios y de los casos de uso.

Cabe en este punto, hacer la siguiente aclaración conceptual, que diferencia al concepto de modelo del concepto de simulación.

Un modelo es una representación abstracta, conceptual, gráfica, física o matemática cuyo único propósito es el de analizar, explicar, simular y describir procesos. En concreto, se realiza una abstracción del sistema mediante sus datos de entrada, para encontrar una solución a una respuesta específica.

Mientras que una simulación, es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real, el cual se ejecutará función del tiempo. El objetivo del mismo es obtener u adquirir conocimiento de los procesos y fenómenos que ocurren, para aprender a describir y predecir su comportamiento.

La diferencia entre ambos, es que: un modelo es la abstracción de un sistema, construyéndose únicamente lo que es de interés para la solución del problema por lo cual fue creado. En cambio, la simulación es la imitación del comportamiento de un sistema a través del tiempo, con el objetivo de predecir y describir su posterior funcionamiento o comportamiento, ante determinadas entradas.

Entonces, a partir de lo anteriormente expresado, se emplean modelos para simular el comportamiento de las interfaces a partir de distintas entradas. Lo mismo ocurre con la validación de los requerimientos funcionales del sistema bajo estudio. Se emplean distintas entradas para simular el comportamiento del sistema bajo estudio de un dominio específico.

Lo que se hace es ingresar el archivo XML (salida transformada de BPMN), que representa al proceso de Negocio o caso de uso como grafo de estados, al sistema de validación de Máquinas Abstractas "Autómata Finito" (ver Figura 9).

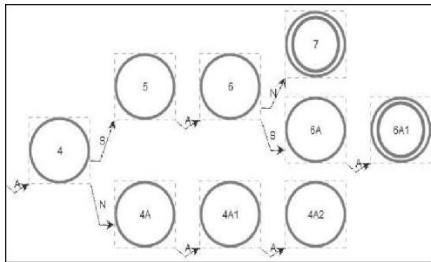


Figura 9. Grafo de estados en el simulador de autómatas finitos

3.3.5. Validaciones sobre el Autómata finito generado.

El conjunto de validaciones que se efectúan, sobre cada uno de los AF construidos a partir de los CU Derivados y de Soporte son los siguientes:

- Visualización de Autómatas Finitos en la Herramienta Validación: Definición Formal, Grafo y Tabla de Estados/Entradas
- Conjunto Conexo - Accesibilidad de Estados: Se verificará si todos los estados definidos son accesibles desde el estado inicial, con lo cual garantiza una correctitud en la definición de los mismos.
- Construcción de Autómata Finito Determinista: Para cada uno de los Autómatas Finitos construidos se informará si el mismo en caso de ser No determinista (Procesos en Paralelo) un AF Determinista equivalente, con procesos secuenciales.
- Minimización del Autómata Finito Determinista: Al Igual que el punto anterior, para cada uno de los Autómatas Finitos construidos se informará si el mismo es factible de ser minimizado, esto es hay estados equivalentes y la herramienta propone una nueva solución.
- Simulación de Ejecución: Este proceso resulta imprescindible para validar si los Procesos de Negocios representados a través del Autómata Finito respectivos están construidos de manera correcta. Este punto, se necesita una ejemplificación sobre su aplicación, ya que hay realizar una interpretación sobre las acciones descritas en los casos de uso, y las transiciones entre estados de los AF.

El simulador posibilita probar el grafo de estados y comprobar si es aceptado o rechazado. Si es aceptado, significa que la consistencia de los escenarios del caso de uso es correcta. Si no, el rechazo, indica que habrá que revisar e introducir modificaciones en el modelo de origen al AF.

A continuación, en la Figura 10 se muestra una pantalla de salida del módulo de la herramienta de Validación en donde se muestra la secuencia de entradas y la transición de estados.

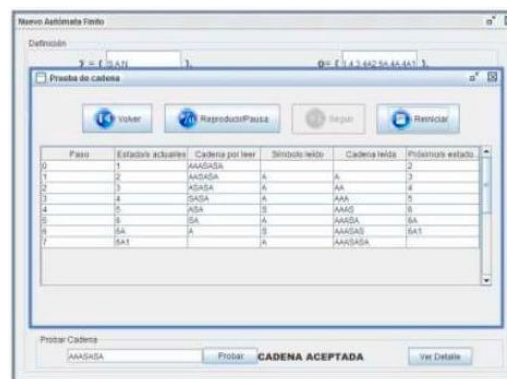


Figura 10. Pantalla informe resultado ejecución

De esta manera se logra control y trazabilidad de los cambios en los escenarios de los requerimientos funcionales.

3.3.6. Simulador y Validador de Redes de Petri Coloreadas.

La herramienta CPN Tool [20] es una herramienta gráfica que permite la simulación de Modelos de Redes de Petri Coloreadas (ver Figura 11).

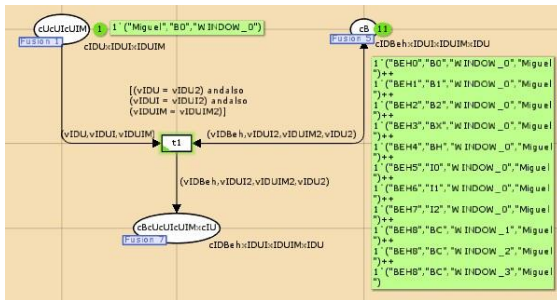


Figura 11. Un ejemplo de una red de Petri Coloreada (CPN).

Para comprender como se simula el funcionamiento de una interfaz, se desarrollará un ejemplo. En la Figura 11, se representa el funcionamiento de página web. El nodo superior izquierdo o lugar o place (1) representa a la interfaz con la que el usuario interactúa. Se puede observar un token a su derecha, representado por rectángulo, que contiene tres cadenas de texto. El mensaje en este caso indica que un usuario ha interactuado con la interface presionando un botón de una ventana (Window_0). El nodo superior derecho o lugar o place (11) representa el comportamiento de la interface, según el botón que se presione para cada usuario que hace uso de la misma. La transición denominada "t1" se encuentra habilitada, puesto que es posible la selección de un token de cualquiera de los dos lugares de entrada. Si se observan los tokens de los dos nodos, se puede ver que existen cadenas de ambos token que coinciden, independientemente del lugar que ocupen en la cadena (por ejemplo BO, WINDOW_0 y Miguel). Al ejecutarse "t1" se crea un token nuevo determinado por la inscripción del arco de salida. La interacción con la interfase definida en el comportamiento BEHO.

Una vez terminada la ejecución, el token con el comportamiento seleccionado se devuelve al nodo o lugar de origen. Cuando hay arcos de entrada y salida a un nodo o lugar con la misma inscripción, se representan como un arco bidireccional.

CPNTools es una herramienta que permite la definición, simulación y análisis de redes de Petri coloreadas. Permite realizar simulaciones automáticas, interactivas, o ambas. Las simulaciones automáticas son empleadas para analizar

la red. Las simulaciones interactivas permiten seleccionar que transición se desea disparar, y el conjunto de tokens a contemplar para dicha simulación. Este último tipo de simulación se suele emplear para depuración de redes. Las simulaciones mixtas son para el monitoreo de la ejecución, a través de la implementación de agentes o monitores programados que graban el estado de la red, bajo determinadas condiciones.

4. Conclusiones.

A través de esta propuesta metodológica y sus herramientas de soporte, que se sintetizan como un conjunto de transformaciones aplicadas sobre el modelo conceptual primario, es posible generar nuevos modelos que sirvan para representar las máquinas abstractas necesarias para la validación de los requerimientos funcionales iniciales como así también de sus interfaces, garantizando de esta forma que los modelos reflejen fielmente la realidad, sin ambigüedades, manteniendo la coherencia y asegurando la trazabilidad a lo largo de todo el proceso de gestión de requerimientos.

Estas validaciones y simulaciones a las Máquinas Abstractas generadas a través de un proceso automatizado de transformaciones, ya sean sobre: Procesos de Negocios, o Plantillas de Casos de Uso, nos permiten confirmar las características deseables sobre las especificaciones de los requisitos funcionales del sistema a construir.

Además, la metodología planteada permite al especialista definir especificaciones de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo de software en forma organizada, flexible, escalable y acorde a estándares de calidad vigentes. Esto queda demostrado a través del desarrollo metodológico propuesto como proceso, donde se emplean metodologías de Modelado de Negocios y de Casos de Uso, vinculadas a través del uso de conceptos y prácticas del paradigma del Desarrollo de Software Dirigido por Modelos.

De este modo, el proceso de validación propuesto resulta útil para validar el modelo conceptual y sus interfaces, para posteriormente construir el sistema de software que dará soporte al sistema de información.

5. Trabajos Futuros.

Como trabajos futuros, se seguirá investigando sobre modelos abstractos estandarizados para el desarrollo de interfaces, desde el punto de vista del Desarrollo de Software Dirigido por Modelos, teniendo en cuenta la incorporación de aspectos no funcionales en el modelado conceptual en forma temprana.

6. Referencias.

- [1] Pressman, R. S.. What a Tangled Web We Weave. IEEE Software, 17(1):18–21, Jan. 2000.
- [2] Abrahao S., Condori-Fernandez N., Olsina L., and Pastor O., "Defining and validating metrics for navigational models," Australia, 2003.
- [3] Norma ISO/IEC ISO9126-1, "Software Engineering - Product Quality - Part 1," 2001.
- [4] Nigel Bevan, "Quality and usability: A new framework," Achieving software product quality, 1997.
- [5] Mario G. Piattini, Felix O. Garcia, and Ismael Caballero, "Calidad de Sistemas Informáticos," México, ISBN 978-970-15-1267-8, 2007.
- [6] ISO/IEC 25000, Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).
- [7] L Bass and B John, "Linking usability to software architecture patterns through general scenarios," The journal of systems and software, no. 66, pp. 187 - 197, 2003.
- [8] Eelke Folmer and Jan Bosh, "Architecting for usability: A survey. ," Journal of Systems and Software, pp. 61 - 78, 2004.
- [9] Stephen J Mellor, Kendall Scott, Axel Uhl, and Dirk Weise, Model-Driven Architecture. Berlin / Heidelberg: Springer, 2002.
- [10] MDA_Guide_Version1-0. 2003. [Online].
http://www.omg.org/mda/mda_files/MDA_Guide_Version1-0.pdf
- [11] G. Rossi and D. Schwabe, "Modeling and Implementing Web Applications using OOHDM," in Web Engineering, Modeling and Implementing Web Applications.: Springer, 2008, pp. 109-155.
- [12] S. Daniel, P. Rita de Almeida, and M. Isbela, "OOHDM-Web: an environment for implementation of hypermedia applications in the WWW," in SIGWEB News 1.8, 2, 1999, pp. 18-34.
- [13] Nora Koch and Martin Wirsing, Software Engineering for Adaptative Hypermedia Applications. München, Germany: Ludwig-Maximilians University of Munich, 2000.
- [14] N. Koch, A. Knapp, G. Zhang, and H. Baumeister, "UML-Based Web Engineering, An Approach Based On Standar.," in Web Engineering, Modelling and Implementing Web Applications.: Springer, 2008, pp. 157-191.
- [15] Oscar Pastor and Juan Carlos Molina, Model-Driven Architecture in Practice: A Software Production Environment Based on Conceptual Modeling , Inc. Secaucus, NJ, Springer-Verlag New York, Ed. Valencia, USA, 2007.
- [16] J. Gómez and C. Cachero, "OO-H Method: extending UML to model web interfaces.," in In information Modeling For internet Applications., Hershey, PA.: Ed. IGI Publishing, , 2003, pp. 144-173.
- [17] P.V., Albert M., and Pastor O. Fons J.,: LNCS. Springer, 2003, vol. 2813, pp. 232-245.
- [18] S. Ceri, P Fraternali, and A. Bongio, "Web Modeling Language (WebML): a modeling language for designing Web sites.," in 9th. World Wide Web Conference, 2000, pp. 137-157.
- [19] Object Management Group. Business Process Modeling Notation (BPMN).
- [20] Página web de CPNTools:
<http://wiki.daimi.au.dk/cpntools/cpntools.wiki>

Experiencia de integración de React Native en una aplicación multiplataforma existente con soporte para Android, iOS, Windows y MacOS

Leonardo G. Marzo, Diego M. Rubio

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Calidad del Software, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba,
Ciudad Universitaria, Maestro M. López esq. Cruz Roja s/n, 5000, Córdoba, Argentina
leogmarzo@gmail.com, rubiodiego@gmail.com

Resumen

El desarrollo multiplataforma es una estrategia para reducir costos de desarrollo y mantenimiento del software. React Native es una tecnología que permite un desarrollo multiplataforma amplio que abarca aplicaciones móviles (iOS y Android) y de escritorio (MacOS y Windows).

En este paper se presenta la experiencia llevada a cabo por un equipo de trabajo, que consistió en el análisis de factibilidad de la integración de React Native en una aplicación existente, implementada de forma nativa para Windows, MacOS, iOS y Android. Se describen las diferentes etapas del proyecto, los escenarios evaluados y las conclusiones a las que el equipo arribó.

1. Introducción

Habitualmente se relaciona al desarrollo multiplataforma con el desarrollo de aplicaciones móviles. Las aplicaciones de escritorio tienden a pasar desapercibidas en este contexto [32, 33]. Sin embargo, dada la gran cantidad de aplicaciones con soporte tanto móvil como de escritorio, resulta necesario ampliar el enfoque.

El presente trabajo describe la experiencia llevada a cabo a finales del año 2017 por una empresa de software de la Ciudad de Córdoba (Argentina), que consistió en el análisis y evaluación de la tecnología más apta para el desarrollo multiplataforma (móvil y escritorio) y su integración en una aplicación ya disponible en el mercado, la cual cuenta con decenas de miles de usuarios activos. En la primera parte del trabajo se desarrolla el proceso de evaluación y selección de la tecnología, siendo React Native (ver 3.1) la seleccionada, como veremos más adelante en un análisis más detallado. Luego se describe cómo fue la integración de React Native en las cuatro plataformas, Windows, MacOS, Android y iOS, comenzando por la configuración del entorno de

desarrollo hasta la implementación de escenarios de integración complejos entre la aplicación objeto de estudio y React Native.

2. Contexto

2.1. Objeto de estudio

La empresa para la cual se desarrolló el proyecto es una multinacional de tecnología con base en Estados Unidos, enfocada en el desarrollo de soluciones de comunicación empresariales. Esta empresa ha desarrollado una solución integral para brindar servicio de llamadas, videoconferencia, mensajería y colaboración entre usuarios. Estos servicios están disponibles a través de múltiples dispositivos, tales como teléfonos IP, sistemas de videoconferencia, computadoras de escritorio, teléfonos móviles y navegador web. Para entornos de escritorio y móviles, los servicios son accedidos a través de una aplicación nativa que está disponible para cuatro plataformas: Windows, MacOS, Android y iOS. Sobre esta aplicación se desarrolló el proyecto.

Las principales motivaciones de la empresa para encarar la experiencia descrita en este trabajo fueron:

- Bajar los costos de desarrollo (desarrollar una vez versus varias) y mantenimiento multipantalla (reducir defectos por plataforma).
- Reducir la duración del lanzamiento de nuevas versiones de la aplicación (la duración mínima era de 6 meses, contados desde el momento en que comienza el desarrollo hasta que la nueva versión de la aplicación está disponible para los usuarios).
- Mejorar la consistencia de la experiencia de usuario a través de múltiples pantallas. La aplicación será referida con el alias "CU" (Comunicación Unificada) en el presente trabajo, para facilitar la lectura de este.

Para llevar a cabo el proyecto se conformó un equipo de cinco personas. Scrum fue la metodología de trabajo utilizada. Se realizaban reuniones semanales con el cliente con el objetivo de mostrar el progreso realizado y además ajustar los objetivos para la siguiente semana. Esta metodología de trabajo nos permitió reducir el impacto de los cambios de alcance (ver 4.1).

2.2. Requerimientos

Partiendo de las necesidades de negocio mencionadas anteriormente, se definieron los requerimientos de la solución.

2.2.1. Código fuente único

Significa que se pueda agregar funcionalidad a las cuatro plataformas con un código fuente único.

2.2.2. Experiencia nativa

Experiencia nativa hace referencia a dos requerimientos: la performance y la capacidad de uso de componentes visuales. En el primero, el usuario no debe percibir cambios en la velocidad de respuesta de la aplicación luego de integrarse los componentes multiplataforma. En el segundo requerimiento, no debe haber restricciones en los componentes visuales a ser utilizados en la aplicación. Es decir, la nueva tecnología debía permitir crear pantallas utilizando los mismos controles (campos de texto, lista de elementos, botones, etcétera) que una aplicación nativa.

2.2.3. Interacción con código existente

Reescribir la aplicación entera a una nueva tecnología no era una posibilidad dado el costo que esto requeriría. Por esto, la estrategia de la empresa era poder agregar nuevos componentes escritos en tecnología multiplataforma, y que estos componentes se puedan integrar a la aplicación nativa ya existente. Desde el punto de vista de la aplicación, esto significaba que puedan convivir componentes multiplataforma con componentes nativos en una misma pantalla/vista, que se pueda invocar a un componente nativo desde uno multiplataforma y viceversa y permitir la comunicación entre ambos entornos de ejecución.

3. Experiencia

A continuación, se presentan las diferentes etapas del proyecto, objetivos y resultados de cada una. La primera etapa consiste en el análisis y selección de la tecnología que será utilizada en las etapas posteriores. En la segunda etapa se explica la configuración del entorno de desarrollo y la implementación de la primera aplicación. En la etapa tres se realiza la integración de React Native en la aplicación CU. Esta integración se valida en la etapa

cuatro, mediante la ejecución de pruebas de interacción entre ambos entornos de ejecución. Finalmente, en la etapa cinco se describe el desarrollo de un componente React Native más complejo que los desarrollados en las etapas anteriores, y su integración en la aplicación CU.

3.1. Análisis y selección de tecnología

Teniendo presente los requerimientos del proyecto, se evaluaron tres alternativas de tecnologías a utilizar:

Tabla 1. Alternativas de tecnologías.

Alternativa	Tecnología	
	Móvil	Escritorio
A	WebView	Motor Javascript embebido
B	React Native	Motor Javascript embebido
C	React Native	React Native

3.1.1. WebView

El desarrollo híbrido [1] permite la creación de aplicaciones web (Javascript y HTML5) la cual es desplegada en un contenedor (PhoneGap [12], Cordova [13]) que brinda acceso a los servicios nativos de la plataforma. La aplicación es visualizada en una WebView [14]. Las desventajas de este tipo de aplicaciones comparadas con las nativas son los mayores tiempos de respuesta (sobre todo de inicio de la aplicación) y mayor consumo de recursos [1, 2]. Estas son las razones principales por las cuales esta alternativa fue descartada.

3.1.2. Motor Javascript embebido

Para aplicaciones escritorio, una alternativa es utilizar motores web embebidos, siendo Chromium [3] el más popular. La ventaja es que se tiene acceso a muchos de los servicios de la plataforma (ya sea Windows o MacOS) y que el desarrollo se realiza en tecnología web (Javascript y HTML). Las desventajas principales de esta tecnología son: falta de soporte para su integración con aplicaciones WPF, falta de madurez y el incremento en el archivo final en caso de que la integración sea posible. Se analizaron las tecnologías principales. A continuación se describe por qué estas tecnologías fueron descartadas.

- Electron js [4]: es una tecnología madura. Sin embargo, no cuenta con soporte para ser integrado a una aplicación WPF existente. Existe un proyecto de código abierto denominado Electron.NET [29], el cual permite realizar esta integración para Windows. Net Core 2.0 [21] es requerido para poder utilizar este framework, lo

cual descarta esta posibilidad. Esto sumado a que no existe soporte oficial ni una gran comunidad detrás del proyecto.

- CefSharp [30]: esta tecnología permite la integración de Chromium en aplicaciones .NET existentes. Al momento de realizado el proyecto, la fecha de la última versión (57.0.0) databa de nueve meses atrás. Esto encendía una alerta de una posible falta de mantenimiento o discontinuidad. El segundo problema era el incremento en el tamaño del archivo final. El equipo realizó pruebas creando una aplicación CefSharp mínima, y se observó que el tamaño de las DLLs [31] que debían incluirse en la aplicación CU superaba los 90 MB. Esto significaba un incremento del 200% del tamaño del instalador, lo cual era inaceptable.

Como consecuencia del descarte de las tecnologías candidatas, la alternativa del motor Javascript embebido en la aplicación también fue descartada.

3.1.3. React Native

React Native [5] es un framework de código abierto soportado por Facebook [15] que permite el desarrollo de aplicaciones nativas utilizando Javascript y React [16]. A diferencia de otras alternativas de desarrollo multiplataforma como PhoneGap, Titanium [17] y Ionic [18], React Native no es una solución híbrida. Es decir, la visualización no se hace en una WebView [6].

React Native utiliza hilos (threads) para ejecutar la aplicación. Existen dos hilos principales: el hilo de los módulos nativos (principal) y el hilo Javascript. El hilo Javascript es el encargado de ejecutar la lógica de negocio, escrita en lenguaje Javascript. Este hilo puede intercambiar mensajes con el hilo principal para generar vistas y responder a eventos. El hilo principal es el encargado de generar la interfaz de usuario, basado en las instrucciones recibidas del hilo Javascript. El hilo principal además es el encargado de responder a los eventos táctiles y acceder a los periféricos. Este hilo puede enviar mensajes al hilo Javascript, como respuesta a eventos. Estos mensajes son enviados a través de un componente interno de React Native denominado "Bridge" [7].

React Native originalmente soportaba las plataformas Android y iOS. Microsoft [19] amplió el alcance a las plataformas escritorio lanzando React Native Windows [8]. React Native Windows es un plugin de React Native que permite el desarrollo de aplicaciones UWP [9] y WPF [10].

Por último, React Native también tiene soporte para MacOS [11]. Se trata de una versión modificada de React Native y que está actualmente soportada por la comunidad. Es decir, no tiene una corporación como Microsoft o Facebook que la avale.

A diferencia de las otras dos tecnologías (ver Tabla 1), React Native brinda un tiempo de respuesta cercano al de una aplicación nativa [7]. Esto, sumado a la ventaja de utilizar solo un framework para las cuatro plataformas y a la posibilidad de poder integrarse con aplicaciones existentes, nos hizo optar por la opción C para el desarrollo del proyecto. Es decir, utilizar React Native tanto en las plataformas móviles como en las plataformas de escritorio.

3.2. Implementación del código "Hola Mundo"

Objetivos de esta etapa:

- Configurar el entorno de desarrollo de React Native en Windows y Mac
- Crear un proyecto React Native que pueda ser ejecutado en las cuatro plataformas

El primer paso consistió en implementar un código único y poder ejecutarlo en iOS, Android, MacOS y Windows. Se implementó una aplicación que constaba de una vista con un botón. Al hacer clic sobre el botón, se mostraba un mensaje en la misma vista.

Desde el punto de vista del código, no hubo que hacer ningún cambio específico para una plataforma. El mismo código se ejecuta correctamente en las cuatro plataformas (ver Figuras 1-4). La configuración de un entorno único y una estructura de proyecto única requirió más esfuerzo. La razón es que, a diferencia de React Native Windows que está desarrollado como un plugin de React Native, la versión MacOS es un "fork" de React Native (ver 3.1). Esto significa que, por ejemplo, si una persona desea ejecutar el código para las plataformas Android y MacOS, tanto React Native como React Native-MacOS tiene que ser configurado en su computadora. El problema es que no se pueden tener ambos entornos configurados en simultáneo, ya que se generan conflictos de dependencias de NodeJS [20]. Debido a esto, el desarrollador deberá optar por configurar el entorno de desarrollo de React Native o de React Native-MacOS según se esté trabajando con las plataformas Android, iOS o Windows, o con MacOS, respectivamente.

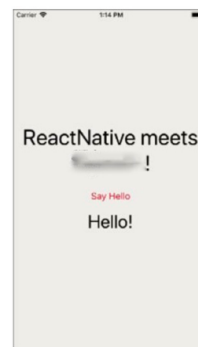


Figura 1. Aplicación React Native en iOS.

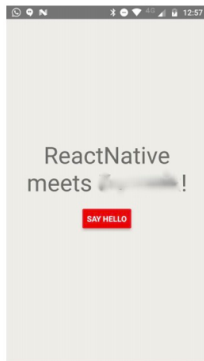


Figura 2. Aplicación React Native en Android.

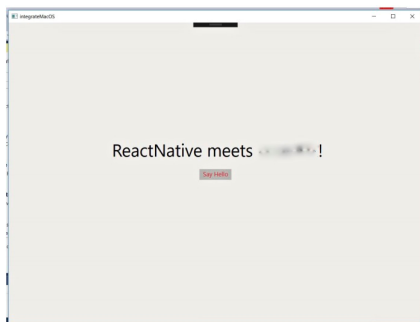


Figura 3. Aplicación React Native en Windows.



Figura 4. Aplicación React Native en MacOS.

Como resultados/observaciones preliminares de esta etapa podemos mencionar los siguientes:

- Se pudo crear un código único y ejecutarlo en las cuatro plataformas.
- Se detectaron algunos problemas de interfaz de usuario. La descripción del botón en MacOS no se muestra correctamente (ver Figura 4).
- El estilo de los componentes de interfaz de usuario no es homogéneo entre plataformas, sino que es específico para cada una. Se puede observar que el formato (color de fondo, color de letra, tamaño) del botón no es igual en ninguna de las cuatro plataformas. Si bien esto en principio puede

considerarse positivo, es un punto débil cuando lo que se intenta es dar consistencia entre plataformas, como era el caso de este proyecto.

- La configuración del entorno de desarrollo unificado requirió de un esfuerzo mayor al esperado. Se requirieron cambios en la configuración del entorno específicos para MacOS. Finalmente se decidió tener dos configuraciones de entorno por separado: una para Android, iOS y Windows y otra para MacOS.

3.3. Integración de React Native en la aplicación CU

Objetivos de esta etapa:

- Integrar el motor de React Native en cada una de las plataformas
- Poder invocar la aplicación desarrollada en la etapa anterior desde una pantalla de la aplicación CU.

El resultado exitoso de las etapas anteriores, es decir, la configuración del entorno de desarrollo y la implementación y ejecución de una aplicación React Native en las cuatro plataformas, era condición necesaria para poder continuar con la siguiente etapa. Si bien algunas alertas ya empezaban a aparecer (ver 3.2), no condicionaban la factibilidad del proyecto. El paso siguiente fue la integración de la aplicación React Native desarrollada en la etapa anterior en la aplicación CU.

El primer paso para la integración consistió en la definición de la estructura de directorios del proyecto. La estructura de directorios era importante ya que desde cada una de las aplicaciones nativas se hace referencia a la aplicación React Native de forma relativa.

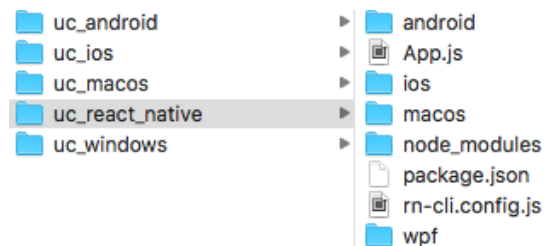


Figura 5. Estructura de directorio del proyecto.

Como puede verse en la Figura 5, el código de la aplicación CU estaba en cuatro carpetas diferentes (que a su vez correspondían a repositorios GIT separados): uc_android, uc_ios, uc_macos, uc_windows. La carpeta que contenía a la aplicación React Native, uc_react_native, se creó al mismo nivel que las otras cuatro carpetas.

Hasta aquí, el único cambio respecto de la etapa anterior fue mover la carpeta `uc_react_native` al lugar ya mencionado. El paso siguiente fue la inclusión de las librerías de React Native en cada una de las plataformas. Estas librerías permiten levantar el entorno de ejecución React Native y además permite la creación de los componentes React Native. Las mismas fueron agregadas a cada una de las plataformas utilizando diferentes mecanismos:

- En iOS, se agregaron usando CocoaPods [22].
- En Android, se agregaron como dependencias de Maven [23].

En MacOS y Windows se agregaron manualmente al proyecto, ya que las librerías no se encontraban en repositorios públicos

Una vez integrado React Native al entorno de ejecución de la aplicación CU, restaba integrar la aplicación React Native a la aplicación nativa. Esta integración se hizo a través de un componente de React Native denominado `ReactRootView`. Básicamente, una `ReactRootView` es un contenedor de un componente React Native, que permite su visualización dentro del contexto de la aplicación nativa.

La `ReactRootView` es una clase incluida en las librerías mencionadas anteriormente. Dependiendo de la plataforma es la clase de la cual extiende:

- En iOS, extiende de `UIView`
- En MacOS, extiende de `NSView`
- En Windows, extiende de `Page (Windows)`
- En Android extiende de `FrameLayout`.

Como resultados/observaciones de esta etapa podemos mencionar los siguientes:

- Se logró la generación y visualización de una vista React Native desde la aplicación CU, para las cuatro plataformas.
- Si bien la integración pudo hacerse exitosamente, requirió de un gran esfuerzo debido a la escasa documentación sobre la integración de React Native en aplicaciones nativas ya existentes. Para Android y iOS la documentación es básica, para Windows hay muy poca y para MacOS no hay documentación. Dada la similar naturaleza entre una aplicación iOS y MacOS, la integración pudo hacerse siguiendo los mismos lineamientos de iOS.
- La aplicación CU soportaba .NET 4.5 [21]. React Native Windows requería de NET 4.6 [21]. Se requirió esfuerzo para poder hacer a la aplicación CU compatible con .NET 4.6.

3.4. Interacción entre la aplicación nativa y los componentes React Native

Objetivos de esta etapa:

- Comunicar vistas nativas y React Native mediante el envío de parámetros.
- Invocar a una función nativa desde un componente React Native.

Invocar a una función React Native desde un componente nativo

Combinar vistas nativas con vistas React Native

Hasta este momento, se había podido demostrar que era posible el lanzamiento de una vista React Native desde la aplicación CU, en cualquiera de sus cuatro plataformas. El paso siguiente consistía en verificar el soporte de escenarios más complejos.

Además de la `ReactRootView` mencionada anteriormente, existen otras formas de comunicación entre la aplicación nativa y React Native.

Properties: es posible el envío de una lista de primitivos al momento de la creación de la `ReactRootView`. Estos parámetros están disponibles luego en el contexto de React Native.

Módulos Nativos: son clases (Java, C# u Objective-C, dependiendo de la plataforma en la que estemos trabajando) que exponen métodos que son accesibles desde el componente React Native.

Callbacks: los Módulos Nativos aceptan el envío de un tipo especial de parámetro: callbacks. Los callbacks permiten enviar el resultado de la ejecución de un método del módulo nativo al contexto de React Native.

Decidimos crear un componente "Bridge" en cada una de las plataformas, que exponía las APIs accesibles para React Native. Es decir, contenía los Módulos Nativos.

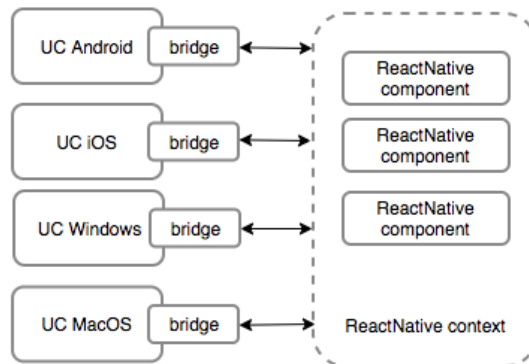


Figura 6. Arquitectura de módulos nativos

Otro de los objetivos de esta etapa era poder combinar vistas. Una vista, en el contexto de este paper, es un término genérico que se utiliza para englobar dos conceptos: lo que se muestra por la pantalla en una aplicación móvil y una ventana en una aplicación escritorio. Dos casos de uso fueron analizados: mostrar vista React Native dentro de una vista nativa (Figura 6) y

mostrar vista nativa dentro de una vista React Native (Figura 5).



Figura 7. Vista nativa dentro de vista React Native.

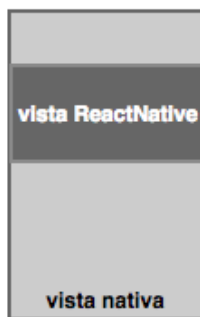


Figura 8. Vista React Native dentro de vista nativa.

Estos son algunos de los escenarios que se implementaron para comprobar la interacción entre componentes nativos y React Native:

- Realizar una video llamada desde una vista React Native, lo cual implicaba en primer lugar la invocación de una función nativa desde el contexto React Native y en segundo lugar el poder mostrar una vista nativa desde una vista React Native (Android y iOS)
- Mostrar un diálogo de alerta nativo desde una vista React Native, tal como se muestra en Figura 5 (Android y iOS)
- Embeber una vista React Native dentro de una vista nativa, tal como se muestra en la Figura 8 (iOS y Windows).

3.5. POC: minutes taker

Como última etapa de la investigación, se decidió crear un componente React Native de mayor complejidad, de manera de poder analizar la reusabilidad entre todas las plataformas. El componente React Native consistió en un

"tomador de minutos". Básicamente, dentro de una pantalla de videoconferencia, se debía brindar la posibilidad al usuario de tomar notas de la reunión en curso. Este componente debía estar embebido dentro de la vista de video conferencia. Estaba compuesto por un título y un área de texto. Al presionar la tecla '@', se debía desplegar un listado de contactos que coincidiera con el patrón de búsqueda insertado por el usuario luego del '@'.

El problema principal que tuvimos fue poder encontrar un componente React Native que permitiera desplegar la lista de contactos encontrados. Si bien en un principio parecía una tarea sencilla, nos dimos cuenta de la escasez de componentes soportados para React Native Windows. La gran mayoría de los componentes soportan Android o iOS.

Llegamos a la conclusión de que la reutilización de componentes entre móvil y escritorio estaba lejos de ser la que necesitábamos.

4. Resultados

A continuación, se resumen los resultados del proyecto.

4.1. Cronología

El proyecto tuvo dos etapas. La primera etapa (ver 4.2.1) consistió en el análisis de las tecnologías disponibles para lograr un desarrollo único y reutilizable multiplataforma y la selección de la mejor alternativa. La segunda etapa (ver 4.2.2 a 4.2.6) consistió en evaluar la factibilidad de la utilización de la tecnología seleccionada en la aplicación CU. En esta última etapa, el foco inicial fueron las cuatro plataformas. Sin embargo, a medida que se fueron obteniendo resultados algunas plataformas fueron descartadas. A continuación, un resumen de la cronología de la segunda etapa.

4.1.1. Comienzo

Se realiza la evaluación de tecnologías y React Native es la seleccionada debido a su soporte nativo en las cuatro plataformas: Android, iOS, Windows, MacOS, e incluso Web.



Figura 9. Carrera 1

4.1.2. Setup

Se configura el entorno de desarrollo para las cuatro plataformas. Se crea un código de ejemplo y se logra

ejecutarlo en las cuatro plataformas. Se experimentan problemas en la configuración del entorno de desarrollo para MacOS.



Figura 10. Carrera 2

4.1.3. Integración

Se integra React Native en las cuatro plataformas de la aplicación CU. Se realizan llamadas desde código nativo a React Native y viceversa. Además de los problemas en el entorno de desarrollo de MacOS, se suman problemas de visualización en algunos componentes y la falta de documentación y soporte. Se decide descartar MacOS y continuar el análisis con Android, iOS y Windows.



Figura 11. Carrera 3

4.1.4. Implementación del componente para tomar minutas

Comienza el desarrollo del componente para tomar minutas. Se considera a React Native Windows todavía muy inmaduro. Complejidad en la implementación de componentes simples. Se decide descartar a Windows en el resto del análisis. Más allá de los problemas propios de React Native Windows, se evidencia un problema de reutilización entre móvil y escritorio.



Figura 12. Carrera 4

4.1.5. Cierre

Se prueban numerosos escenarios de interacción entre la aplicación nativa y React Native. Se verifica la factibilidad de la integración de React Native en las plataformas Android y iOS de CU. Se decide recomendar la integración de React Native en CU



Figura 13. Carrera 5

4.2. Resultado del proyecto

La salida esperada del proyecto era proveer una recomendación que le sirviera a la empresa cliente para tomar una decisión sobre qué estrategia seguir para agregar funcionalidad a la aplicación CU, bajo las premisas planteadas al inicio de trabajo (reducción de costos, consistencia de aplicaciones, mejoras de calidad y tiempos de respuesta). A continuación, se enumeran las recomendaciones realizadas por el equipo de trabajo, basados en el análisis realizado.

Móvil (Android y iOS):

- La tecnología es lo suficientemente Madura
- Se puede lograr una alta reutilización de código lo cual disminuiría el costo de mantenimiento futuro

Escritorio (Windows y MacOS):

- La tecnología no es lo suficientemente Madura
- La reutilización de código entre escritorio y móvil es baja
- Otras tecnologías basadas en Javascript pueden ser utilizadas, como por ejemplo Electron. Sin embargo, teniendo en cuenta que React Native está en constante evolución, consideramos que esta decisión debe ser tomada más adelante

Tabla 2. Resultados React Native en si mismo.

Android y iOS	Windows	MacOS
Gran comunidad y oficialmente soportado por Facebook.	React Native Windows está soportado por Microsoft. Sin embargo, aún no es lo suficientemente maduro.	No soportado oficialmente. React Native MacOS está basado en versiones viejas de React Native. Pueden pasar meses desde que una nueva versión de React Native es lanzada hasta
	Si bien React Native Windows está basado en	

	React Native, muchas librerías aún no están disponibles. Problemas en escenarios básicos (ver 3.5)	que sea adoptada por React Native MacOS Muchos problemas de layout en escenarios básicos.
--	---	--

Tabla 3. Resultados React Native y aplicación CU.

Android y iOS	Windows	MacOS
Numerosos escenarios de integración fueron probados y validados	El principal problema es que la versión de .NET soportada por CU (4.5) es incompatible con la versión soportada por React Native Windows (4.6)	Funcionó correctamente para escenarios básicos. Es necesario probar escenarios más complejos.

Tabla 4. Reusabilidad.

Android y iOS	Windows	MacOS
Baja reutilización entre móvil y escritorio. Varias librerías de React Native está disponibles solo para móvil pero no para escritorio. Dada la naturaleza de las aplicaciones móviles y de escritorio, crear un único código para ambas plataformas es limitado. Funciona correctamente para componentes básicos, como botones y campos de texto.		

Referencias: **Bueno** - **Regular** - **Malo**

5. Conclusión

Si bien los beneficios del desarrollo multiplataforma son evidentes, existen numerosos desafíos, no solo desde

el punto de vista de la tecnología, sino también de la reutilización de componentes entre móvil y escritorio. Los principales problemas se centran en el diseño y reutilización de las experiencias de usuario a través de las plataformas ya que las aplicaciones móviles difieren mucho de las aplicaciones escritorio en su modo de uso, posibilidades y limitaciones (particularmente para aplicaciones preexistentes como la descrita en esta experiencia).

Asimismo, la necesidad de incluir componentes multiplataforma a aplicaciones nativas ya existentes agrega una capa más de complejidad a la decisión a tomar. Tal como se describió en este trabajo, la mayoría de las tecnologías están principalmente direccionadas a aplicaciones completamente desarrolladas en ellas y no es trivial el esfuerzo de adaptar su uso a escenarios híbridos. En este sentido, el grado soportado de interacción entre componentes nativos y componentes multiplataforma es un factor clave.

La experiencia sirvió para determinar que la integración de React Native en las plataformas móviles de la aplicación CU es posible y recomendable. Por otro lado, el análisis reflejó la falta de madurez de las versiones Windows y MacOS de React Native, quedando estas dos plataformas descartadas de su uso inmediato, pero dejando abierta la posibilidad de su inclusión en el futuro.

6. Referencias

- [1] Comparing Native and Hybrid Applications with focus on Features, Felix Mohammadi Kho'i & Jawed Jahid, Faculty of Computing Blekinge Institute of Technology, Karlskrona, Sweden, 2016.
- [2] Comparing performance parameters of mobile app development strategies, Michiel Willocx, Jan Vossaert, Vincent Naessens, 2016.
- [3] <https://www.chromium.org/>, último acceso 14 de agosto de 2018.
- [4] <https://electronjs.org>, último acceso 14 de agosto de 2018.
- [5] <https://facebook.github.io/react-native>, último acceso 14 de agosto de 2018.
- [6] React Native application development – A comparison between native Android and React Native, William Danielsson, Linköpings universitet, 2016.
- [7] React Native Performance Evaluation, Rasmus Eskola, Aalto University, 2018.
- [8] <https://github.com/Microsoft/react-native-windows>, último acceso el 14 de agosto de 2018.
- [9] <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/uwp/get-started/universal-application-platform-guide>, último acceso 14 de Agosto de 2018.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [10] <https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/designers/getting-started-with-wpf>, último acceso 14 de Agosto de 2018.
- [11] <https://github.com/ptmt/react-native-macos>, último acceso 14 de agosto de 2018.
- [12] <https://phonegap.com>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [13] <https://cordova.apache.org/>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [14] What is in a Web View? An Analysis of Progressive Web App Features When the Means of Web Access is not a Web Browser, Thomas Steiner, Google Germany, 2018.
- [15] <http://www.facebook.com/>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [16] <https://reactjs.org/>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [17] <https://www.appcelerator.com/Titanium/>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [18] <https://ionicframework.com/>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [19] <https://www.microsoft.com/es-ar/>, último acceso 16 de agosto de 2018.
- [20] <https://lexi-lambda.github.io/blog/2016/08/24/understanding-the-npm-dependency-model/>, último acceso 16 de Agosto de 2018.
- [21] https://en.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework, último acceso el 16 de agosto de 2018.
- [22] <https://cocoapods.org/>, último acceso el 9 de agosto de 2018.
- [23] <https://maven.apache.org/>, último acceso el 9 de agosto de 2018.
- [24] https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Windows, último acceso el 17 de agosto de 2018.
- [25] <https://en.wikipedia.org/wiki/MacOS>, último acceso el 17 de agosto de 2018.
- [26] [https://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system)), último acceso el 17 de agosto de 2018.
- [27] <https://en.wikipedia.org/wiki/IOS>, último acceso el 17 de agosto de 2018.
- [29] <https://github.com/ElectronNET/Electron.NET>, último acceso el 19 de agosto de 2018.
- [30] <https://github.com/cefsharp/CefSharp>, último acceso el 19 de agosto de 2018.
- [31] https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic-link_library, último acceso el 19 de agosto de 2018.
- [32] https://mobidev.biz/blog/cross-platform_development_for_desktops_choosing_the_right_technology, último acceso el 19 de Agosto de 2018.
- [33] <https://www.performatix.com/building-cross-platform-desktop-apps>, último acceso el 19 de agosto de 2018.

Una propuesta de análisis de problemas utilizando LEL y Escenarios en entrenamientos de equipos que gestionan situaciones de crisis.

Natalia Mira

FI - CRUC IUA

Universidad de la Defensa Nacional

Av. Fuerza Aérea, 6500

nemira@gmail.edu.ar

Soffía Pérez

FI - CRUC IUA

Universidad de la Defensa Nacional

Av. Fuerza Aérea, 6500

sperez@iua.edu.ar

María Alejandra Boggio

FI - CRUC IUA

Universidad de la Defensa Nacional

Av. Fuerza Aérea, 6500

alejandra.boggio@gmail.edu.ar

Alicia Salamon

FCEfyN

Universidad Nacional de Córdoba

Av. Fuerza Aérea, 6500

as.salamon@gmail.com

Resumen

Analizar situaciones complejas como las que se derivan de las situaciones de crisis en donde está demostrado que si bien las organizaciones cuentan con equipos competentes que conocen los procedimientos, las contingencias inesperadas producen división de los grupos y consecuentes tragedias, motiva permanentemente a entrenar a los equipos con nuevas estrategias. En este trabajo se propone complementar la metodología SSM (Soft System Methodology) utilizada en este campo para los entrenamientos de los equipos que resuelven situaciones de crisis, con un procedimiento basado en el Léxico Extendido del Lenguaje y escenarios, que a través de sucesivas etapas conduce a un Universo de Discurso consolidado que es finalmente verificado y validado. Se presenta un caso de estudio en el ámbito de una institución educativa y se ilustra la aplicación del procedimiento propuesto presentando sus resultados y destacando sus ventajas.

1. Introducción

En situaciones de crisis y ante circunstancias inesperadas los grupos operativos pueden sufrir una disgregación con consecuencias notables. Si bien las organizaciones cuentan con personal altamente calificado, estructuras definidas y procedimientos conocidos, una contingencia no planeada produce la disociación del grupo de gestión y consiguiente tragedia. Los expertos acuerdan que estos fenómenos se originan en una escasa existencia de significados compartidos. Es decir que, aunque se dispone de una estructura de

gestión, los fundamentos no son firmes en las personas que operan los sistemas. Por ello, frente a situaciones no contempladas, el equipo se disocia y sobrevienen las fallas [1].

En este trabajo se propone una manera de sistematizar con un proceso formal algunas actividades para contribuir al adiestramiento de grupos de trabajo que deben estar en condiciones de enfrentar situaciones de crisis. La propuesta utiliza la concepción del SSM para analizar el problema de los entrenamientos de estos grupos y sugiere dos técnicas de la Ingeniería de Software, Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) y Escenarios que contribuyen a la elaboración de un lenguaje común que facilite la comprensión del dominio.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la primera parte se plantea el problema que motiva el estudio de esta investigación luego en el marco metodológico se comienza por enunciar los fundamentos y características de las metodologías y técnicas empleadas: SSM, LEL y Escenarios, se define un modelo base para elaborar un vocabulario común utilizando dichas técnicas, en la tercera parte se describe el proceso propuesto integrando las técnicas a la metodología y se plantea el caso de estudio aplicando el modelo y las técnicas investigadas al dominio del problema mostrando un ejemplo, por último se presentan los resultados obtenidos y las conclusiones del trabajo.

2. Definición del problema

Ante la presencia de circunstancias inesperadas, los grupos operativos formados para afrontar situaciones de crisis pueden sufrir una notable disgregación provocando

tragedias con graves consecuencias. Desastres como el provocado en una planta química en Bhopal, el reactor de la central de Chernobyl o las explosiones en una plataforma petrolera en el Mar del Norte (Piper Alpha), con miles de vidas perdidas y considerables impactos ambientales, son ejemplos extremos de este fenómeno.

La paradoja es que esas situaciones ocurrieron en organizaciones con personal altamente calificado, estructuras bien definidas, procesos y procedimientos conocidos y rigurosos. Sin embargo, contingencias no planeadas producen el colapso del grupo y sobreviene la tragedia [2].

Superar situaciones de crisis, es posible si se lleva adelante una rigurosa disciplina de entrenamiento para que mental, emocional y físicamente se responda adecuadamente ante una circunstancia imprevista muchas veces no deseada; e inclusive, poder ser versátiles, ágiles y flexibles para superar un hecho que ha comenzado de una manera o en una dirección y que luego por diversos motivos, ha cambiado para convertirse más tarde en una nueva situación imprevista o desconocida que requiere de toda nuestra atención para superarla, manejando múltiples variables o potenciales consecuencia para elegir la mejor opción. Martín Miguel Dasso destaca la importancia de distinguir los momentos claves de la configuración de una crisis ya que las acciones o inacciones por desarrollar en cada etapa marcaran el resultado final de la siguiente [3].

Antes de la crisis: armado de los posibles escenarios de crisis para preparar los planes de contingencia integrando a todas las partes, ponerlo por escrito y comunicarlo, capacitando al personal involucrado.

Durante la crisis: para soportar las presiones de los actores del conflicto durante el tiempo que se extienda, de modo de lograr cohesión frente a los imprevistos

Después de la crisis: con el fin de analizar con espíritu crítico las acciones tomadas, su efecto y consecuencias y volcarlas en Manuales de Procedimientos que dictan el temperamento que se debe seguir en casos similares futuros.

En este sentido, es imprescindible que el equipo de dirección de una empresa u organización esté lo suficientemente amalgamado para poder tener una base sólida para armar el comité de crisis, y lograr que ese equipo de trabajo participe permanentemente en instancias de entrenamiento que le ayuden a consolidarse como tal.

3. Marco Metodológico

3.1 SSM (Soft System Methodology)

La SSM o Metodología de Sistemas suaves, surge ante la necesidad de resolver situaciones problema en las cuales hay un alto componente social, político y humano

en la actividad. Esto distingue a la SSM de otras metodologías que se ocupan de problemas duros, de orientación más tecnológica. Fue desarrollada originalmente por Peter Checkland(1981, 2000) para tratar situaciones complejas caracterizadas por la diversidad y divergencia de vistas en la definición del problema [4]. El SSM se ha usado en varios campos, entre ellos, el dominio de los sistemas críticos.

Es considerada como una propuesta concreta para aplicar el enfoque de sistemas en un problema.

En este trabajo se utiliza la concepción del SSM para analizar el problema de los entrenamientos de los grupos de personas de una organización que deben enfrentar situaciones de crisis.

El siguiente gráfico muestra las etapas de la metodología en donde se establece una división entre el mundo real y el enfoque sistémico que se plantea.

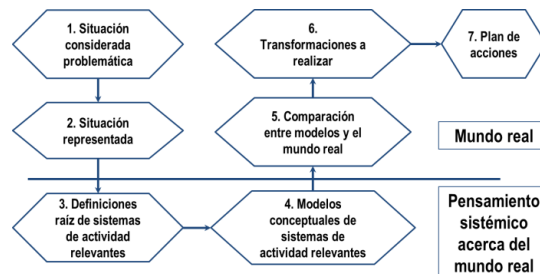


Figura 1: Etapas del SSM

1. **Situación Problemática:** Esta es una investigación básicamente en el área del problema, donde se definen los involucrados y se establece como son los procedimientos.
2. **Situación Representada:** Expresar la situación problema con diagramas de visiones enriquecidas (figura rica). La figura rica se construye en esta etapa y representa una forma gráfica de familiarizarse con la complejidad de la situación problemática [5]. Se puede utilizar cualquier tipo de diagrama. Una representación gráfica vale más que 1000 palabras.
3. **Definiciones raíz de sistemas de actividad relevantes:** Seleccionar una visión de la situación y producir una definición raíz. La definición raíz intenta capturar la esencia del propósito a ser alcanzado [6]. Toma una determinada dimensión del problema y plantea lo que se debería hacer. Puede que existan perspectivas diferentes al mirar la situación problema.

- Modelos conceptuales de sistema de actividad relevante:** Modelos conceptuales contruoidos de lo que se hace, las necesidades del sistema para cada una de las definiciones raíz.
- Comparación de los modelos conceptuales con el mundo verdadero.** Compare los resultados de los pasos 4 y 2 para ver donde hay diferencias y similitudes.
- Transformaciones a realizar:** Identifique los cambios factibles y deseables. Aquí se establecen las maneras de mejorar la situación.
- Plan de Acciones:** Recomendaciones para tomar la acción que mejore la situación problema. Cómo usted pondría práctica los cambios del paso 6.

3.2 LEL (Léxico Extendido del Lenguaje)

El LEL (Léxico Extendido del Lenguaje) es un modelo que permite representar y documentar, con tecnología hipertextual un conjunto de símbolos que representan el lenguaje de la aplicación [7]. En el análisis de una problemática se debe comenzar por reconocer y entender el vocabulario del dominio del problema. Por la naturaleza multidisciplinaria que existe en los equipos que integran comité de crisis, el diálogo se constituye a partir del lenguaje natural y aquí aparecen ambigüedades que deben ser evitadas. Asimismo, al establecerse el necesario vocabulario habrá que enfrentar y armonizar discrepancias, así como contemplar la posibilidad de errores u omisiones durante la recolección de datos. Para ello se recurre a la lectura de documentos, observaciones directas e indirectas y entrevistas, las que permitirán reconocer e identificar las palabras que tienen significado en la aplicación, como asimismo se facilitará la detección de eventuales sinónimos.

El resultado esperado es una lista de términos o entradas al LEL, que se perfeccionará progresivamente con la participación de todos los involucrados en la situación relevada. Aquí se incluye, con la finalidad de representar su semántica, la noción e impacto de cada palabra o frase. La noción representa el significado (denotación) y el impacto determina los efectos del uso u ocurrencia de cada elemento de la lista (connotación). En esta enumeración de términos, las entradas se clasifican en cuatro tipos: sujeto (entidad pasiva), verbo, objeto (entidad activa) y estado.

Al describirse los símbolos se deben cumplir dos principios, que son el de circularidad y el de vocabulario mínimo. La circularidad postula el máximo uso posible de símbolos registrados en la descripción de otros símbolos y el vocabulario mínimo se refiere al mínimo

uso de términos que sean externos al propio léxico. Ambas reglas enfatizan la definición del vocabulario como un hipertexto auto contenido y altamente conectado.

Tal como fue planteado, la construcción del LEL de una aplicación reconoce las siguientes seis etapas:

- Identificación de fuentes de información,
- Identificación de símbolos,
- Clasificación símbolos,
- Descripción de símbolos,
- Verificación,
- Validación.

En resumen, el producto obtenido es un conjunto de símbolos en que cada uno de ellos tiene un “nombre” que lo identifica, una “noción” que describe su significado y un “impacto” que indica el efecto de su uso. El conjunto de todos los símbolos forman una red, que permite representar al LEL en un hipertexto y navegar en él para conocer todo el vocabulario del dominio.

Es importante puntualizar que en la construcción del LEL se pueden incluir defectos atribuibles a las fuentes de información y también otros que son propios de la técnica de adquisición de la información.

Entre los primeros; pueden citarse los símbolos incompletos, los sinónimos incorrectos y la omisión de símbolos.

Entre los defectos de adquisición se reconocen cuatro motivos, que son: i) de descripción (ej. símbolo mal descrito), ii) de clasificación (ej. clasificación incorrecta), iii) de identificación (ej. sinónimos incorrectos) y iv) de referencia (ej. símbolo mal utilizado).

Todo lo anterior pone en evidencia la importancia de aprender a percibir las manifestaciones que caracterizan los diferentes defectos, a fin de poder asegurar que el LEL obtenido es correcto.

3.3 Escenarios

Los escenarios describen situaciones teniendo en cuenta aspectos de uso, permitiendo: conocer el problema, unificar criterios, ganar compromiso con clientes/usuarios, organizar los detalles involucrados y entrenar a nuevos participantes. La comunidad de software introdujo una nueva semántica para escenarios, donde un escenario es visto como una técnica de descripción enfocada al proceso y centrada en el usuario. Los escenarios son al mismo tiempo una representación, con un alto grado de certeza y legibilidad. Esta combinación se logra mediante el uso del lenguaje natural con una estructura semiformal. Esta estructura restringe al ingeniero de requisitos, quitándole libertades en la construcción de los escenarios, pero preserva la

facilidad de lectura para cualquier involucrado en el proceso. Esto implica una gran reducción del gap semántico, ya que el ingeniero de software puede ser preciso al registrar la información disponible en una estructura predefinida, a la vez que el cliente/usuario no se enfrenta con una notación extraña que limita su comprensión. El uso de escenarios, como una técnica para entender el problema a resolver por un sistema de software, ha sido recomendado por numerosos autores, entre ellos [7], [8], [9].

Para la construcción de escenarios se utiliza la plantilla descrita en el cuadro que se presenta a continuación [10] (tabla 1):

Tabla 1. Plantilla de escenario

<p>Nombre: Título de escenario Sintaxis: ([Actor Recurso] + Verbo + Predicado)</p> <p>Objetivo: finalidad alcanzada en el contexto del problema, describe el logro del objetivo. Sintaxis: [Sujeto] + Verbo + Predicado</p> <p>Contexto: ubicación geográfica y temporal del escenario, y/o estado inicial del mismo. Sintaxis: Ubicación + Estado donde Ubicación es Nombre donde estado es [Actor Recurso] + Verbo + Predicado + {Restricciones}</p> <p>Recurso: medios de soporte, dispositivos u otros elementos pasivos necesarios para estar disponibles en el escenario. Sintaxis: Nombre + {Restricciones}</p> <p>Actores: personas o estructuras organizacionales que tienen un rol en el escenario. Sintaxis: Nombre</p> <p>Episodios: Conjunto de acciones que detallan el escenario y proveen su comportamiento. Sintaxis: <episodios>::=<series> <series>::=<sentencia><series> <sentencia>::=<sentencia secuencial> <sentencia no secuencial> <sentencia condicional> <sentencia optativa> <sentencia secuencial>::=<sentencia episodio> <sentencia condicional> ::= si <condicion> entonces <sentencia episodio> <sentencia no secuencial>::= # <series># <sentencia optativa>::= [<series>] Donde <sentencia episodio> se describe: [Actor Recurso] + Verbo + Predicado + {Restricciones} + {Excepciones}</p>

4. Proceso Propuesto

En este trabajo se propone mejorar las estrategias de relevamiento y de representación de las problemáticas encontradas en los entrenamientos de los equipos de trabajo que deben enfrentarse a situaciones de crisis. Esta mejora se basa en el uso del SSM y la incorporación de dos herramientas de la ingeniería de software LEL y Escenarios que intentan realizar un aporte a la construcción de la figura rica. En donde el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) facilita la homogeneización del lenguaje utilizado entre los roles involucrados, reconociendo y entendiendo el vocabulario específico como así también enfrentando y armonizando discrepancias entre los participantes.

Una vez construido el LEL se desarrollaran los escenarios a partir del vocabulario establecido, para una mejor comprensión del contexto y sus restricciones, asegurando la definición de la situación problema.

Estas técnicas además intentan proveen a los analistas una manera de agilizar el proceso de consenso entre los miembros involucrados necesario en las instancias de entrenamientos.

4.1 Aplicación del SSM

El SSM plantea relevar información para estructurar, definir, y construir el plan de acciones, en la etapa de análisis de la situación y en la etapa de situación representada mientras se intenta armar la figura rica.

Estas etapas forman parte de la fase de la 'expresión' durante la cual se construye la posible visión enriquecida, no 'el problema' sino la situación que allí se percibe como problema. Es muy importante como plantea Checkland no reducir nuestro alcance de la investigación demasiado rápido. Si seleccionamos un enfoque muy estructurado tal como un cuestionario múltiple al principio de nuestro estudio, y construimos un modelo en base a estos resultados solamente, excluimos probablemente mucha de la información que podría ser relevante. Sin embargo desde las primeras entrevistas se percibe una necesidad de unificar el lenguaje del dominio a utilizar para evitar ambigüedades que dificultan el consenso entre los participantes.

Cuando los analistas obtienen información de los miembros de una organización, este proceso de comunicación se realiza utilizando el lenguaje natural (español). Esto plantea numerosos problemas y potenciales ambigüedades que dificultan el consenso entre los involucrados. Por lo tanto resulta un proceso complejo lograr definir el universo del dominio para propiciar un lugar de mutuo entendimiento y convergencia de todas las opiniones. El analista debe estar preparado para aceptar que en esta etapa, la información obtenida es incompleta y contiene

contradicciones y ambigüedades. Con la intención de contribuir a reducir estas ambigüedades el trabajo propone el uso de LEL y escenarios como complemento de las acciones llevadas a cabo en la etapa 2: Situación representada. Ver figura 1.

5. Caso de Estudio

La experiencia se lleva a cabo en un área de prevención de accidentes de una institución educativa de nivel superior que cuenta con un protocolo bien establecido.

El equipo de análisis ha llevado a cabo diferentes entrevistas con el comité de crisis definido por los responsables de la institución.

En estas sesiones se ha trabajado aplicando la metodología SSM la que ha contribuido a detectar aspectos a mejorar en las áreas involucradas, como así también en los procedimientos establecidos. Los analistas comenzaron realizando entrevistas no estructuradas, informales para relevar la dinámica de los grupos y el conocimiento impartido, además realizaron observación de las actividades que desempeñan los miembros del comité, identificando las tareas realizadas, herramientas utilizadas, y la interacción entre personas y sistemas como se sugiere en las etapas 1 y 2 de la metodología.

En este trabajo no se presenta la aplicación del método completo ya que el objetivo del mismo es mostrar cómo las herramientas de la Ingeniería de Software pueden realizar un aporte y contribuyen a establecer protocolos bien definidos y con situaciones concretas a llevar a cabo. Teniendo en cuenta que en la mayoría de las circunstancias la estrategia del manejo de crisis pasa a tener más relevancia que la crisis en sí misma y en muchos casos una mala estrategia adoptada genera que las crisis se vuelva inmanejable y tenga consecuencias catastróficas.

La siguiente figura muestra la implementación del proceso de la etapa 1 del SSM.

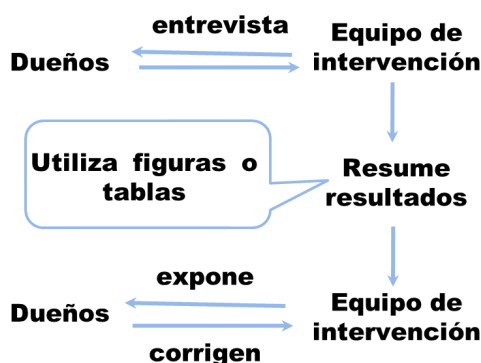


Figura 2: Etapa 1 del SSM

De los aspectos relevantes y prioritarios que surgieron se seleccionaron los que el equipo determinó como más crítico y necesarios y a partir de allí se comenzó la implementación de las herramientas LEL y escenarios.

A modo de ejemplo para este trabajo se describe la siguiente situación problemática: el desconocimiento que existe en el uso de los extintores de fuego y el proceso de control que requieren los mismos periódicamente para asegurar su correcto funcionamiento en el momento oportuno. A partir de las entrevistas, el comité de crisis desarrolla una representación gráfica de la situación. La figura rica representa la percepción de la situación problema por cada miembro del equipo. Esta figura rica resultante se pone a consideración de las personas participantes, quienes pueden sugerir cambios o mejoras. El ciclo sigue hasta que la representación es aceptada.

Uno de los inconvenientes que se percibió en esta etapa fue la heterogeneidad del lenguaje utilizado que complicó la comprensión y dificultó el consenso de las partes intervinientes. Por lo que el LEL resultó ser una excelente herramienta para lograr unificar el lenguaje utilizado y minimizar las ambigüedades.

Los escenarios por su parte ayudaron a la comprensión de la situación problema planteando situaciones concretas con suficiente detalle que describían las actividades a llevar a cabo, el orden de las mismas, los responsables de cada actividad, los cursos alternativos que se pueden presentar en dicha situación y las decisiones a tomar ante su presencia.

A continuación se detallan algunos escenarios que surgieron en el estudio basados en las situaciones relevantes identificadas por los equipos involucrados.

- Mantenimiento anual de los extintores de incendio.
- Mantenimiento trimestral de los extintores de incendio.
- Ubicación del extintor de incendio.
- Uso del extintor para combatir el fuego

En este trabajo se muestran dos de los escenarios a efectos de identificar los símbolos que representan el LEL y su aporte a la unificación del lenguaje.

Tabla 2. Escenario 1

ESCENARIO 1	
TITULO	MANTENIMIENTO ANUAL DE LOS EXTINTORES DE INCENDIO
OBJETIVO	Tener disponibles y en condiciones los extintores de incendios

CONTEXTO	El extintor es un elemento que asegura la prevención de incendio.
ACTORES	<u>Responsable del control de los extintores</u>
RECURSOS	Los extintores tienen que cumplir con los requisitos y características establecidos en las normas IRAM 3502, 3503, 3509, 3512, 3522, 3523, 3524, 3525, 3527, 3535, 3537, 3540, 3550, 3565, y estar certificados por un laboratorio acreditado en el Instituto de Normalización.
EPISODIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobación del peso y presión en su caso. 2. En el caso de extintores de polvo con botellín de gas de impulsión se comprobará el buen estado del agente extintor y el peso y aspecto externo del botellín. 3. Inspección ocular del estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas (palanca de accionamiento y palanca de soporte). 4. En el caso de apertura del extintor, la empresa mantenedora situará en el exterior del mismo un sistema indicativo que acredite que se ha realizado la apertura y revisión interior del extintor, se puede utilizar una etiqueta indeleble, en forma de anillo que se coloca en el cuello de la botella antes del cierre del extintor y que no pueda ser retirada sin que se produzca la destrucción o deteriora de la misma.
EXCEPCIONES	En la revisión anual no será necesaria la apertura de los extintores portátiles de polvo con presión permanente, salvo que en las comprobaciones que se citan se hayan observado anomalías que lo justifiquen.

Tabla 3. Escenario 2

ESCENARIO 2	
TITULO	USO DE LOS EXTINTORES DE FUEGO
OBJETIVO	Tener disponibles y en condiciones los extintores de incendios

CONTEXTO	La clase de estos elementos se corresponderá con la clase de fuego probable. Los extintores deben instalarse en sitios visibles y de fácil acceso y ser colocados sobre la pared a una altura máxima de 1,5m. desde el suelo hasta la manija de toma. Todos los extintores deben estar identificados mediante distintivos de seguridad y señalización .
ACTORES	<u>Cualquier persona que trabaje en la institución</u>
RECURSOS	Es del todo imprescindible que existan extintores de incendio, del tipo adecuado a los materiales combustibles o inflamables que haya en el lugar de trabajo, así como también es preciso que todo el personal que se desempeña en un lugar de trabajo sea entrenado acerca del modo de usar los extintores en caso de emergencia.
EPISODIOS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar el elemento de seguridad 2. Ubíquese a tres metros aproximadamente del fuego a favor del viento. 3. Accione la palanca 4. Si el fuego es en combustibles líquidos, dirija el ataque hacia la base y a favor del viento. Evite salpicaduras o derrames. 5. Considere que es preferible utilizar varios extintores al mismo tiempo que emplearlos uno tras otro. 6. Ataque desde la base del fuego en sólidos 7. En escapes de gas dirija el chorro hacia la válvula, nunca hacia el extremo de la llama. 8. No abandone el lugar hasta que el fuego se haya extinguido por completo. Este atento a reigniciones.
EXCEPCIONES	En instalaciones eléctricas, ataque primero en forma lateral y luego directamente sobre el sector afectado con movimientos rápidos.

Tabla 4. Símbolos

SIMBOLOS	
Objeto	EXTINTOR DE FUEGO

Noción	<p>El extintor de fuego también llamado matafuego. Se trata de un recipiente metálico que puede ser un cilindro de acero o una bombona que incluye un agente extintor de incendios a fuerza de presión. Sus parte son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manómetro • Válvula • Nitrógeno • Tubo sifón • Cilindro • Agente extintor • Palanca • Agente presurizante • Manija • Cuerpo del extintor o botellín • Elementos de disparo • Elementos de seguridad
Impacto	<p>Es un aparato utilizado es decir que al abrirse la válvula el agente se dispara por la boquilla que en ocasiones se encuentra en el extremo de una manguera y se dirige a la base del fuego.</p>

Nota: Por razones de espacio no todos los símbolos están definidos en el documento

El uso de escenarios refleja las dinámicas y tensiones entre los miembros del equipo. Al identificar los momentos clave dentro de los escenarios se revelan las oportunidades para introducir mejoras, por ejemplo, revisar circunstancias no imaginadas por los miembros involucrados. Los escenarios también ayudaron a validar ciertas suposiciones con los usuarios de una manera abierta, sin que el análisis se percibiera como amenaza o como un juicio a la persona.

5.1 Verificación y Validación del LEL

La ingeniería de software ha utilizado ampliamente las inspecciones como técnica de verificación y validación. Para realizar la verificación del LEL se propone un proceso de inspección que se considera apropiado para esta aplicación [11]. La inspección logra una importante mejora tanto en la calidad del LEL producido como en los escenarios, demandando actividades de planeamiento, preparación y reunión. En las primeras reuniones se realizan ajustes sobre los escenarios y el LEL, agregando símbolos y adecuando la noción y el impacto de cada uno. Para ello se utilizaron formularios y plantillas que no se muestran aquí por razones de espacio. Así mismo se realizó una verificación del principio de circularidad, que permitió detectar símbolos que no son mencionados en los escenarios, y de esta manera controlar si los

mismos no pertenecen al universo del dominio o fueron omitidos por equivocación.

La validación del LEL se realizó en varias etapas, y desde que se construyó el LEL preliminar se organizaron sesiones de inspección con los involucrados para validar los símbolos identificados

6. Resultados

El resultado de la experiencia demostró que las técnicas de la ingeniería de software, tales como el LEL y los escenarios, pueden incorporarse a un proceso más complejo permitiendo facilitar la unificación del lenguaje. La solución aplicada permitió definir una nomenclatura a distintos niveles de detalle, en la cual con solo leer el nombre del símbolo cada miembro del equipo involucrado sabe con exactitud de qué se está hablando. Esta comprensión permite que la representación lograda de la figura rica contenga elementos entendidos por todos los miembros del comité y reduce notablemente las ambigüedades que se dan en la interpretación individual de dicha figura logrando agilizar el consenso y avanzar con la aplicación del SSM. Cabe aclarar que en la selección de estos símbolos representativos es imperiosa la intervención de los analistas ya que son ellos los que deben identificar durante las sesiones las ambigüedades en el vocabulario utilizado o el desconocimiento de algún término que fundamente la aplicación de la técnica.

Los escenarios, a su vez, contribuyeron a ampliar las situaciones presentadas generando una dinámica entre los miembros participantes que propicia el proceso de toma de decisiones recurriendo en muchos casos a la revisión de los procedimientos formales y a los protocolos establecidos por la institución.

7. Conclusión

La imperiosa necesidad de contribuir a mejorar las instancias de entrenamiento del comité de crisis en el ámbito de estudio de este trabajo determinó la definición de un marco contextual que complementa una metodología SSM con herramientas de Ingeniería de Software (LEL y Escenarios). Esta selección está basada en la importancia que representa la adecuada comprensión del lenguaje del dominio que se está modelando, en una instancia de entrenamiento. Donde se logra disponer de un lenguaje preciso, consistente y no ambiguo para luego en el marco del SSM representar la figura rica y consensuar entre los miembros la representación de la situación problema a resolver.

El procedimiento propuesto fue aplicado a un caso de estudio reducido, correspondiente a las dinámicas de entrenamiento que se realizan en el área de prevención de accidentes de una institución, con el que se ejemplifican los objetivos y resultados obtenidos en las sucesivas etapas. Los ejercicios de creación de escenarios

supuestos, la discusión abierta en el equipo de dirección para dar solución a las alternativas de cada escenario y la experiencia recolectada de crisis anteriores son la base de los manuales de normas y procedimientos para la conducción bajo circunstancias críticas. Cuantos más escenarios se analicen más fácil será adaptar alguno al que se presenta facilitando el proceso de toma de decisiones antes de que se presente la crisis.

A partir de aquí es necesario continuar en esta dirección, con una revisión crítica de las propuestas realizadas, con la necesaria validación en experiencias reales y con el desarrollo de recursos que permitan implementar y adaptar la propuesta, a las verdaderas condiciones de los grupos a entrenar.

Cabe destacar que la propuesta surge de progresivas experiencias previas realizadas en el ámbito del área de prevención de accidentes de la institución, habiéndose encontrado en el LEL y escenarios una respuesta a la necesidad de hacer más sistemática y segura la especificación de la situación problemática en la representación de la figura rica del SSM. Los resultados fueron exitosos y se continuará perfeccionando la propuesta aquí presentada.

8. Referencias

[1] Sandberg, J., & Tsoukas, H. (2015). Making sense of the sensemaking perspective: Its constituents, limitations, and opportunities for further development. *Journal of Organizational Behavior*, 36(S1), S6-S32.

[2] Labib, A. (2015). Learning (and unlearning) from failures: 30 years on from Bhopal to Fukushima an analysis through reliability engineering techniques. *Process Safety and Environmental Protection*, 97, 80-90

[3] Martín Miguel Dasso, 2017. Conducción de situaciones de crisis.

[4] Checkland, P (2000). *Soft Systems Methodology: A Thirty Year Retrospective*. In: *Systems Research and Behavioral Science*, 17, S11-S58

[5] Checkland, P. & Scholes, J. (1999) *Soft Systems Methodology in Action*. John Wiley and Sons Ltd. Chichester UK. ISBN: 0-471-98605-4.

[6] Checkland, P., Holwell, S.E. (1997) *Information, Systems and Information Systems*. John Wiley and Sons Ltd. Chichester UK. ISBN: 0-471-95820-4

[7] Leite, J., Franco, A.; O Uso de Hipertexto na Elicitação de Linguagens da Aplicação, Anais de IV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, SBC, Pgs.134-149, 1990.

[8] Leite, J.; *Application Languages: A Product of Requirements Analysis*, Departamento de Informática, PUC-/RJ, 1989.

[9] Hadad, G., Kaplan, G., Oliveros, A., Leite, J.; "Integración de Escenarios con el Léxico Extendido del Lenguaje en la elicitación de requerimientos: Aplicación a un caso real", *Revista de Informática Teórica y Aplicada*, Vol. 6, Nro. 1, 1999.

[10] Leite J., Rossi G.; *Enhancing a Requirements Baseline with scenarios*. *Proceedings of RE 97: International Symposium on Requirements Engineering*, IEEE. Enero 1997.

[11] Kaplan, G., Hadad, G., Doorn J., Sampaio Do Prado Leite, J.; "Inspección del Léxico Extendido del Lenguaje" WER2000. *Workshop de Engenharia e Requisitos*.

Posicionamiento web: Propuesta de un método de medición

Pedro Luis Alfonso

Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.

Universidad Nacional del Nordeste.

9 de Julio 1449. Corrientes, Argentina

plalfonzo@hotmail.com

Resumen

El posicionamiento en buscadores o SEO se define como el proceso que consiste en mejorar la visibilidad de un sitio web de manera orgánica y de esta manera aparecer en las primeras posiciones de los buscadores, siendo ésta una de las maneras más importante para que un navegante conozca la existencia del sitio. La cantidad de factores que intervienen en el proceso de posicionamiento es extensa, por lo cual es extremadamente difícil establecer qué factores son realmente relevantes y en qué medida influyen en la ordenación de los documentos. Por lo expuesto, se presenta un método elaborado para medir y analizar a priori la visibilidad de un sitio web - siendo éste el principal aporte del trabajo -, a partir de parámetros que se consideran afectan el posicionamiento en la web a través de criterios objetivos y cuantificables. Como fortaleza se menciona la importancia asignada a la calidad del contenido, donde se establece una relación entre las prácticas de SEO y las Pautas de Accesibilidad a los Contenidos web 2.0. Los resultados demuestran la validez del método propuesto.

1. Introducción

El posicionamiento en buscadores, posicionamiento web, optimización de motores de búsqueda o SEO (Search Engine Optimization) es el proceso que consiste en mejorar la visibilidad de un sitio web de manera orgánica, es decir, sin realizar ningún pago y de esta manera aparecer en las primeras posiciones en buscadores como Google, Bing o Yahoo.[1]

Por otra parte, [2] la define como “un conjunto de técnicas que intentan facilitar la indexación de los buscadores de una página web para conseguir un puesto lo más arriba posible en los resultados obtenidos ante una pregunta o sentencia de búsqueda”.

Para determinar el posicionamiento de un sitio web, este trabajo se basa en el motor de búsqueda más utilizado en Argentina, Google, según el ranking de alexa [3], compañía que proporciona información sobre la Web y que actualiza datos de manera constante.

Respecto a la visibilidad de una página web, Pérez Montoro [4] considera que “uno de los caminos más

importante para que una persona conozca la existencia de una página web es que ésta aparezca en una buena posición, entre las primeras, en la página de resultados ofrecida tras una búsqueda en Google. A medida que una página web aparece en una ubicación más alejada de la primera posición en los resultados, disminuyen las posibilidades de que un usuario pueda localizarla y explorarla.”

Cuando un usuario introduce una consulta, Google busca en un índice las páginas que coinciden con esa consulta y muestra los resultados que considera más relevantes para el usuario en función de determinados factores. Por otra parte, recomienda una serie de prácticas orientadas a la creación de sitios web, que en caso de implementarlas aumentaría la posibilidad de que éste aparezca en los resultados de búsqueda. Una descripción detallada de las prácticas sugeridas se pueden visualizar en [5, 6].

La cantidad de factores que intervienen en el proceso de posicionamiento es extensa, por lo tanto es extremadamente difícil establecer qué factores son realmente relevantes y en qué medida influyen en la ordenación de los documentos. Además el proceso de posicionamiento en Google es altamente dinámico y al algoritmo se le realizan cambios de manera constante ([7] citado en [8]).

Se coincide con el trabajo de Moráquez Bergues y Perurena Cancio [9] quienes sostienen que “el concepto de posicionamiento no solo se refiere a escalar posiciones, por lo tanto es necesario que elementos de suma importancia como accesibilidad, usabilidad, visibilidad, sean considerados cuando se trata de posicionamiento Web”. Además, expresan que: i) la accesibilidad y la visibilidad web se complementan íntimamente. Es decir, un sitio web para ser accesible, debe ser primero fácil de encontrar. No se puede acceder y utilizar lo que no se encontró; ii) los criterios de indexación de los buscadores más populares, es la concordancia con las recomendaciones y estándares de accesibilidad web establecidos por la W3C.

Se define la Accesibilidad Web (AW) como la “posibilidad de que un producto o servicio web pueda ser accedido y usado por el mayor número posible de personas, indiferentemente de las limitaciones propias del individuo o de las derivadas del contexto de uso” [10].

La AW hace referencia a un diseño web que permita a personas con algún tipo de discapacidad - problemas visuales, auditivos, físicos, cognitivos, neurológicos, derivados de la edad, entre otros - percibir, entender, navegar e interactuar con la web, aportando a su vez contenidos [11]. Su objetivo a través de la Iniciativa para la Accesibilidad a la Web (WAI o Web Accessibility Initiative) [12], es definir las pautas que faciliten el acceso de las personas con discapacidad a los contenidos Web.

Para asegurar accesible el contenido web se desarrollaron las denominadas las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web 2.0 (WCAG 2.0) [13] y son las citados en el presente trabajo. Ésta se compone de 4 principios, 12 pautas y 61 criterios de verificación.

- **PERCEPTIBLE:** son aquellas condiciones que buscan que la información y los componentes de la interfaz del usuario sean presentados, de modo que pueda percibirlo de la manera más inteligible u optima:
 - i. *Alternativas textuales*, alternativas para convertir texto a otros formatos dependiendo la capacidad de la persona que los necesite;
 - ii. *Medios tempodependiente*, para proporcionar acceso a los multimedia tempodependientes y sincronizados, como son sólo audio, sólo vídeo, audio y vídeo, audio y/o vídeo combinado con interacción;
 - iii. *Adaptable*, contenido que pueda presentarse de diferentes formas sin perder información o estructura;
 - iv. *Distinguible*, se busca facilitar a los usuarios ver y oír el contenido, incluyendo la separación entre el primer plano y el fondo;
- **OPERABLE:** garantizar que los componentes de usuario y la interfaz de navegación deben ser fáciles:
 - i. *Accesible por teclado*, proporcionar acceso a toda la funcionalidad mediante el teclado;
 - ii. *Tiempo suficiente*, proporcionar el tiempo suficiente para leer y usar el contenido;
 - iii. *Convulsiones*, no diseñar contenido de un modo que se sepa podría provocar ataques, espasmos o convulsiones;
 - iv. *Navegable*, proporcionar medios para ayudar a navegar, encontrar contenido y determinar dónde se encuentran.

- **COMPRESIBLE:** la información y el manejo de la interfaz de usuario deben ser claros. Se enfoca en características como:
 - i. *Legibilidad*, hacer que los contenidos textuales resulten claros y comprensibles;
 - ii. *Predecible*, hacer que las páginas web aparezcan y operen de manera previsible;
 - iii. *Entrada de datos asistida*, para ayudar a evitar y corregir los errores.
- **ROBUSTO:** El contenido debe ser lo suficientemente consistente y fiable como para permitir su uso con una amplia variedad de agentes de usuario, ayudas técnicas y preparado para las tecnologías posteriores.
 - i. *Compatible*, para maximizar la semejanza con las aplicaciones de usuario actuales y futuras, incluyendo las ayudas técnicas.

Aplicar las mencionadas pautas permitirá disponer de un contenido accesible a una gama más amplia de personas con discapacidad, incluyendo ceguera y baja visión, sordera y pérdida de la audición, problemas de aprendizaje, limitaciones cognitivas, limitado movimiento, entre otros [14].

Por lo expuesto, este trabajo presenta un método elaborado para medir y analizar a priori la visibilidad de un sitio web -siendo éste el principal aporte-, basada en algunos parámetros que se consideran relevantes y afectan el posicionamiento en los buscadores a partir de la sugerencia de [5], [6], [15], a través de criterios objetivos y cuantificables.

2. Metodología

Para elaborar el método que permite medir y analizar a priori el posicionamiento de sitios web, se siguió una metodología compuesta por las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica documental sobre SEO Google y accesibilidad web [2, 5, 6, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19], abordados en la sección anterior.
- Estudio y análisis de las características expuestas en [5, 6, 13, 15, 16].
- Desarrollo de un método de para medir a priori el posicionamiento en buscadores de los sitios web. Se elaboró a partir de las consideraciones y propuestas de [5, 6, 13, 15, 16].
- Relevamiento de datos. Se propone las siguientes herramientas: i) GTmetrix.com; ii) Web Developer Toolbar (extensión de Mozilla Firefox); iii) Fangs (extensión para Mozilla Firefox); iv) TAW (validador automático de la accesibilidad); v) Herramienta de Prueba de

optimización para móviles de Google; vi) Speed Scorecard tool. Las características de las herramientas son explicadas en la sección Resultados.

- Elaboración de conclusiones y trabajos futuros.

3. Resultados

A continuación se expone el método propuesto, diseñado para evaluar a priori el posicionamiento de un sitio web. El método contiene criterios que se consideran influyen directamente en la indexación y rastreo del sitio, como ser:

- la velocidad de carga de la página y aspectos relacionados con los dispositivos móviles [5, 6].
- la calidad del contenido de la página analizada, para lo cual se seleccionaron los factores SEO relacionados con la accesibilidad a los contenidos web 2.0 [13] tomando como base la propuesta de [5, 6, 15].

Cabe aclarar que el método propuesto es independiente del dominio a ser analizado.

En la Tabla 1, se observan las categorías, criterios y puntuaciones máximas consideradas en el método propuesto.

Tabla 1. Categorías y criterios considerados.

CATEGORÍAS / CRITERIOS	PUNTUACIÓN
VELOCIDAD	
Tiempo de carga de la página	5 – 10
MÓVILES	
Optimización para móviles	0 – 1
Velocidad de carga en móvil	5 – 10
CALIDAD DEL CONTENIDO	
1.1.1 Contenido no textual	0 – 1
1.3.1 Información y relaciones	0 – 1
2.4.2 Titulado de páginas	0 – 1
2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	0 – 1
2.4.5 Múltiples vías	0 – 1
2.4.6 Encabezados y etiquetas	0 – 1
2.4.8 Ubicación	0 – 1
2.4.9 Propósito de los enlaces (sólo enlaces)	0 – 1
3.1.1 Idioma de la página	0 – 1
3.1.2 Idioma de las partes	0 – 1

Para el cálculo de las puntuaciones, tanto parcial (PP) y por categoría (PPC) se basa en la propuesta de [20]. Las mismas se obtienen de la suma de las valoraciones asignadas. Respecto a la PP el puntaje máximo establecido es aquél asignado para cada categoría y de la Puntuación Global (PG) es la suma de las PPC obtenidas.

$$PP = \sum_{i=1}^m C_i$$

Donde C_i es la puntuación obtenida por cada criterio en cada categoría, siendo “m” la cantidad de criterios.

$$PPC = \sum_{i=1}^x PP_i$$

Donde PP_i es la puntuación parcial obtenida en cada categoría, siendo “x” la cantidad de puntuaciones parciales.

A los efectos de solucionar los problemas de fiabilidad conlleva el método propuesto en cuanto a la PG obtenida, donde se supone que todas las categorías tienen la misma relevancia y peso, se propone la aplicación de indicadores ponderados. Éstos indicadores asignarán un “peso” en función de la importancia asignada a cada categoría que se medirán y de esta manera obtener una Puntuación Ponderada Global (PPG), un valor que se considera más cercano a lo real.

Por lo expuesto, el cálculo de la PPG se basa en el procedimiento de “Ponderación por convenio” propuesta de [21].

En la Tabla 2, se presenta la puntuación asignada en este trabajo a cada categoría por el autor.

Tabla 2. Peso asignado por categoría.

Categoría	Peso asignado
Velocidad	10%
Móviles	20%
Calidad del contenido	70%

Por lo tanto, la PPG se obtiene por la siguiente fórmula:

$$PPG = \text{categoría "Velocidad"} * 10\% + \text{categoría "Móviles"} * 20\% + \text{categoría "Calidad del contenido"} * 70\%.$$

3.1 Descripción de criterios

A continuación se describen los criterios considerados en cada categoría, el procedimiento seguido para la recopilación de la información y las herramientas utilizadas.

3.1.1 Categoría “Velocidad”

Encontrar información actualizada en tiempo real demanda que las páginas se muestren rápidamente. Los estudios internos del buscador, demuestran que los usuarios pasan menos tiempo en los sitios Web que cargan lentamente, aunque no sólo la velocidad mejora la experiencia de navegación [5].

La velocidad de acceso a un sitio es influenciada por diversos factores como ser: equipo utilizado, hora de

conexión, velocidad del servidor, entre otros, ya sea si se emplea una herramienta instalada en la PC o una accesible on-line [20]. En el trabajo, el criterio “Tiempo de carga de la página” se mide a través la herramienta Web GTmetrix [22], quién además, proporciona información sobre aspectos a mejorar.

Se establece una puntuación de “10” si el tiempo que tarda en cargarse una página no supera los 5 segundos y una puntuación de “5” en caso contrario. Es decir, a menor tiempo de carga se asigna una mayor puntuación.

3.1.2 Categoría “Móviles”

La mayoría de las personas que realizan búsquedas en Google utilizan dispositivos móviles y los sitios web que solo ofrezcan la versión para ordenadores de escritorio les resultará difícil visualizarlos y utilizarlos desde un dispositivo móvil. Por lo tanto, es fundamental tener un sitio web adaptado a los dispositivos móviles para mantener tu presencia online [23].

Cuando los usuarios ingresan sus consultas, Google se intenta encontrar en un índice la respuesta más adecuada y que ofrezca la mejor experiencia al usuario, en función de diversos factores, siendo uno de ellos el dispositivo de los usuarios (ordenador o teléfono móvil). Por lo tanto, sugiere que para mejorar la publicación y el posicionamiento, la página debe estar optimizada para móviles y cargarse rápidamente [16].

Para determinar si un sitio web cumplen los requisitos para que se consideren “optimizadas para móviles” en los resultados de la Búsqueda de Google, se utilizará la herramienta on-line de “Prueba de optimización para móviles” [24] propuesta por Google.

Los resultados de la prueba realizada por [24] incluyen una captura de pantalla del aspecto que tiene la página para Google en un dispositivo móvil, así como una lista de todos los problemas de usabilidad móvil que encuentre y que pueden afectar a un usuario que visite la página desde un dispositivo móvil [25].

Para comprobar la velocidad de carga de un sitio web se propone utilizar la herramienta on-line Speed Scorecard tool [26] que prueba la velocidad de sitios web con redes 4G y 3G y ofrece un ranking de comparación con otras empresas.

Respecto a la puntuación asignada al criterio “Optimización para móviles” se establece un valor de “1” si está optimizada y “0” en caso contrario.

En relación al tiempo de carga, se establece una puntuación de “10” si el tiempo que tarda en cargarse una página no supera los 3 segundos y una puntuación de “5” en caso contrario.

3.1.3 Categoría “Calidad del contenido”

Para analizar y evaluar la categoría “Calidad del contenido”, según los criterios observados en la Tabla 1 y se consideran que influyen en la indexación y posicionamiento de un sitio web, se basa en las Pautas de Accesibilidad a los Contenido en la Web 2.0. [13] y están relacionados con los niveles de conformidad A, AA y AAA. Se representan a través de 10 criterios de conformidad y se toma como base y se realizan modificaciones a las consideraciones expuestas en [15].

Estos criterios se centran en la evaluación técnica, combinando pruebas automáticas y manuales. Respecto a la verificación manual se realiza para detectar los posibles problemas de accesibilidad que no puedan ser testeados por los validadores automáticos.

Se coincide con [15] quien expresa que tanto la accesibilidad como los factores SEO son importantes en un proyecto web. Además, sostiene que “no tiene sentido realizar un sitio accesible si nadie puede encontrarlo; y a la inversa, carece de importancia que un sitio aparezca en los primeros resultados de búsqueda si el usuario encuentra dificultades para acceder a su contenido.”

Por lo expuesto, en la Tabla 3 se exponen los principios, pautas y criterios de conformidad de las WCAG 2.0 [13] concordantes con los factores propuestos por [5, 6, 15] y se consideran que repercuten directamente en la indexación y posicionamiento de un sitio web.

En la Tabla 4, se muestran los puntos de verificación y el tipo de revisión a realizar por cada criterio y en la Tabla 5, se visualizan las herramientas de ayuda a utilizar para la evaluación propuesta. A modo de ejemplo, para verificar el cumplimiento del criterio “1.1.1 Contenido no textual” se realizará una revisión manual. La misma consistirá en la desactivación de imágenes con Web Developer Toolbar y comprobar que las imágenes con funcionalidad poseen el atributo “alt” y éste sea el adecuado.

Respecto a la puntuación asignada a la cada criterio de la categoría “Calidad del contenido” expuesta en la Tabla 1, se establece: i) “1” si se cumple totalmente con el criterio; ii) “0” – Si no cumple y iii) si la página no aplica el criterio, no se aplica puntaje. Además, el puntaje total se determina por suma de los puntajes asignados a cada uno de los criterios analizados.

Tabla 3. Principios, pautas, criterios y prioridad

Principios	Pautas	Criterios/Nivel
Perceptible	1.1 Alternativas textuales	1.1.1 Contenido no textual (A)
	1.3 Adaptable	1.3.1 Información y relaciones (A)
Operable	2.4 Navegable	2.4.2 Titulado de páginas (A)

		2.4.4 Propósito de los enlaces en contexto (A)
		2.4.5 Múltiples vías (AA)
		2.4.6 Encabezados y etiquetas (AA)
		2.4.8 Ubicación (AAA)
		2.4.9 Propósito de los enlaces (sólo enlaces) (AAA)
Comprensible	3.1 Legible	3.1.1 Idioma de la página (A)
		3.1.2 Idioma de las partes (AA)

Tabla 4. Criterios y puntos de verificación

Criterios	Puntos a verificar
1.1.1 Contenido no textual	La existencia del atributo "alt" imágenes y sean correctos
1.3.1 Información y relaciones	Que la página esté organizada de forma correcta y pueda ser leída sin hojas de estilo.
2.4.2 Titulado de páginas	El título de las páginas y si este describe el propósito de la misma
2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	Identificar claramente el objetivo de cada vínculo
2.4.5 Múltiples vías	La existencia de una mapa del sitio
2.4.6 Encabezados y etiquetas	La correcta estructuración del contenido mediante encabezados.
2.4.8 Ubicación	Si se informa la ubicación del usuario en la página (Migas de pan).
2.4.9 Propósito de los enlaces (sólo enlaces)	Identificar claramente el objetivo de cada vínculo
3.1.1 Idioma de la página	La declaración del idioma de la página
3.1.2 Idioma de las partes	Cambio de idioma en el contenido

Tabla 5. Herramientas de ayuda para la evaluación automática y manual

Herramientas	Descripción
TAW	Herramienta para el análisis automático de la accesibilidad en sitios web.
Web Developer Toolbar (Extensión para Mozilla Firefox)	Permite revisar la accesibilidad de un sitio web.
Fangs (Extensión para Mozilla Firefox)	Permite visualizar la versión textual, la lista de encabezados y la lista de enlaces de la página.

3.2 Caso de aplicación

Como mencionó anteriormente los criterios considerados en el método expuesto son independientes del dominio a ser analizado, en este sentido, para validar la propuesta teórica se optó por determinar el posicionamiento de los sitios web universitarios. Se eligió como término genérico de búsqueda "universidad".

Para verificar que los criterios presentados en la Tabla 1 influyen y determinan un buen posicionamiento en los resultados de búsqueda, se visitaron y analizaron los sitios web que ocupan las primeras posiciones en la página de resultado de Google, identificados como Universidad A y Universidad B –por razones de privacidad no se proporciona el nombre y la dirección electrónica-, durante el mes de octubre de 2018.

En la Tabla 6 se observa la posición que ocupan los sitios de las universidades, según búsqueda realizada. La Tabla 7 presenta la velocidad de carga en ordenadores de escritorio y en dispositivos móviles; y en la Tabla 8 las puntuaciones asignadas según las consideraciones establecidas para cada criterio. Posteriormente en las Tablas 9 y 10 exhiben las puntuaciones parciales y globales obtenidas.

Tabla 6. Posición en el resultado de búsqueda de Google.

Universidad	Posición
Universidad A	Primera posición
Universidad B	Segunda posición

Tabla 7. Velocidad de carga en segundos.

Criterios	Universidad A	Universidad B
Tiempo de carga de la página	8,6	3,7
Velocidad de carga en móvil	4	1,7

Tabla 8. Puntuaciones asignadas.

Criterios	Universidad	Universidad
	A	B
Tiempo de carga de la página	5	10
Velocidad de carga en móvil	5	10

Tabla 9. Puntuaciones de la “universidad A”

CATEGORÍAS / CRITERIOS	PUNTUACIÓN
VELOCIDAD	
Tiempo de carga de la página	5
MÓVILES	
Optimización para móviles	1
Velocidad de carga en móvil	5
CALIDAD DEL CONTENIDO	
1.1.1 Contenido no textual	1
1.3.1 Información y relaciones	0
2.4.2 Titulado de páginas	1
2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	0
2.4.5 Múltiples vías	0
2.4.6 Encabezados y etiquetas	1
2.4.8 Ubicación	1
2.4.9 Propósito de los enlaces (sólo enlaces)	1
3.1.1 Idioma de la página	1
3.1.2 Idioma de las partes	No aplica
Puntuación Global (PG)	17

Tabla 10. Puntuaciones de la “universidad B”.

CATEGORÍAS / CRITERIOS	PUNTUACIÓN
VELOCIDAD	
Tiempo de carga de la página	10
MÓVILES	
Optimización para móviles	1
Velocidad de carga en móvil	10
CALIDAD DEL CONTENIDO	
1.1.1 Contenido no textual	0
1.3.1 Información y relaciones	0
2.4.2 Titulado de páginas	0
2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	0
2.4.5 Múltiples vías	0
2.4.6 Encabezados y etiquetas	1
2.4.8 Ubicación	1
2.4.9 Propósito de los enlaces (sólo enlaces)	0
3.1.1 Idioma de la página	1
3.1.2 Idioma de las partes	No aplica
Puntuación Global (PG)	24

A continuación, se aplica la fórmula para obtener la PPG de cada sitio.

- PPG de la universidad A = $5 * 10\% + 6 * 20\% + 6 * 70\% = 5,9$
- PPG de la universidad B = $10 * 10\% + 11 * 20\% + 3 * 70\% = 5,3$

A partir de las PPG de cada sitio analizado se observa que el sitio de la “universidad A” tiene un PPG de 5,9; mayor al del sitio de la “universidad B” lo que lo ubicaría en la primera posición en el resultado del buscador lo que coincide con lo presentado en la Tabla 6.

Otro aspecto a resaltar es que a pesar de que el sitio de la “universidad B” posee mejores valores en las categorías “velocidad” y “móviles”, el resultado lo ubica en segunda posición, lo que permitiría inferir sobre la importancia asignada a la “calidad del contenido” en los sitios analizados.

4. Conclusiones

Se presentó la propuesta de un método elaborado para medir y analizar a priori el estado actual de un sitio web respecto al posicionamiento, es decir, aparecer en las primeras posiciones de un buscador como Google, de acuerdo a los parámetros considerados en la Tabla 1, a partir de las recomendaciones de diversos autores y se consideran que repercuten directamente en la indexación y posicionamiento de un sitio web.

La principal contribución es el carácter objetivo y cuantificable asignado a los criterios presentes en cada categoría. Además, se pretende servir de base para evaluar y comparar el estado actual de otros sitios web, eliminando o agregando criterios conforme a las necesidades de un dominio específico.

Como fortaleza se menciona la importancia asignada a la categoría “Calidad del contenido” donde se establece una relación entre las prácticas de SEO y las Pautas de Accesibilidad a los Contenidos web 2.0.

A partir de los resultados obtenidos, se observa que el cumplimiento de los criterios presentes en la categoría “Calidad del contenido” permitiría lograr que un sitio web que, además de encontrarse en las primeras posiciones del buscador, sea accesible por la mayoría de los usuarios, es decir, no encuentren dificultades para acceder a su contenido.

Referencias

- [1] Iglesias-García, M. and Codina, L., "Los cybermedios y la importancia estratégica del posicionamiento en buscadores (SEO)". *Opción*, Año 32, No. 9, pp. 929 – 944, 2016.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [2] Arbildi Larreina, I., "Posicionamiento en buscadores: una metodología práctica de optimización de sitios web", *El profesional de la información*, 14 (2), pp. 108-124, 2005.
- [3] Alexa. Top Sites in Argentina. [On-line]. <https://www.alexa.com/topsites/countries/AR>
- [4] Pérez-Montoro, M. "Navegabilidad y SEO en entornos web". *Hipertext.net.*, 2016. No. 14.
- [5] Google. Directrices para webmasters. [On-line]. <https://support.google.com/webmasters/answer/35769>
- [6] Google. Guía de optimización en buscadores (SEO) para principiantes. [On-line]. <https://support.google.com/webmasters/answer/7451184>
- [7] MOZ. Google algorithm change history. [On-line]. <https://moz.com/google-algorithm-change>
- [8] Rovira, C., Guerrero-Solé, F. and Codina, L. "Received citations as a main SEO factor of Google Scholar results ranking". *El profesional de la información*, 27(3), pp. 559-569. 2018.
- [9] Moráquez-Bergues, M. and Perurena-Cancio, L., "Propuesta de factores a considerar en el posicionamiento de los sitios web de salud", *GECONTEC: Revista Internacional de Gestión del Conocimiento y la Tecnología.*, 2(1), pp. 10-30, 2014
- [10] Hassan Montero, Y. and Martín Fernández, F., "Propuesta de adaptación de la metodología de diseño centrado en el usuario para el desarrollo de sitios web accesibles". *Revista española de documentación científica*, 27(3), 2004.
- [11] Web Accessibility Initiative. Introducción a la Accesibilidad Web. [On-line]. <https://www.w3c.es/Traducciones/es/WAI/intro/accessibility>.
- [12] Web Accessibility Initiative (WAI). [On-line]. <http://www.w3.org/WAI/>.
- [13] WCAG 2.0. Web Content Accessibility Guidelines 2.0. [On-line]. <http://www.w3.org/TR/WCAG20>
- [14] ISO/IEC 40500:2012. Information technology - W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. [On-line]. http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_de_tail.htm?csnumber=58625.
- [15] Carreras Montoto, O., "Accesibilidad web y SEO". [On-line]. https://www.usableyaccessible.com/archivos/Accesibilidad_web_y_SEO_capitulo_ampliado_olga_carreras.pdf
- [16] ¿Cómo funciona la Búsqueda de Google?. [On-line]. https://support.google.com/webmasters/answer/70897?hl=es&ref_topic=3309469
- [17] Soltero Domingo, F. and Bodas Sagi, D., "Clasificadores inductivos para el posicionamiento web". *El profesional de la información*, 14(2), pp. 4-13, 2005.
- [18] Morato, J., Sánchez-Cuadrado, S., Moreno, V. and Moreiro, J., "Evolución de los factores de posicionamiento web y adaptación de las herramientas de optimización", *Revista Española de Documentación Científica*, 36(3), 2013.
- [19] Codina, L. and Marcos, M. C., "Posicionamiento web: conceptos y herramientas", *El profesional de la información*, 14(2), pp. 84-99, 2005.
- [20] Alfonzo, P. L., "Medición y evaluación de sitios e-banking", Tesis de Magister en Ingeniería de Software, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, 2014.
- [21] Palacios Gómez, J. L., "Estrategias de ponderación de la respuesta en encuestas de Satisfacción de usuarios de servicios", *Metodología de Encuestas*, 4(2), pp.175-193. 2002.
- [22] GTmetrix. Analyzes your page's speed performance. [On-line]. <https://gtmetrix.com/>
- [23] Google. Optimizar un sitio web para móviles. [On-line]. <https://support.google.com/webmasters/answer/7451184?hl=es#mobile>
- [24] Google. Herramienta de "Prueba de optimización para móviles". [On-line]. <https://search.google.com/test/mobile-friendly>
- [25] Google. Prueba de optimización para móviles. Usar la herramienta. [On-line]. <https://support.google.com/webmasters/answer/6352293>
- [26] Speed Scorecard tool. [On-line]. <https://www.thinkwithgoogle.com/feature/mobile/>

Una Aplicación del Modelado de Dominio para Generar la Figura Rica

María Alejandra Boggio
CRUC Instituto Univ. Aeronáutico UNDEF
Facultad de Ingeniería
Córdoba, Argentina
maboggio@iua.edu.ar

Natalia Mira
CRUC Instituto Univ. Aeronáutico UNDEF
Facultad de Ingeniería
Córdoba, Argentina
nmira@iua.edu.ar

Alicia Salamon
Universidad Nacional de Córdoba
FCEFYN
Ciudad Universitaria. Córdoba, Argentina
as.salamon@gmail.com

Sofía Pérez
CRUC Instituto Univ. Aeronáutico UNDEF
Facultad de Ingeniería
Córdoba, Argentina
sperez@iua.edu.ar

Abstract

En situaciones de crisis, los grupos encargados de dar respuesta aplican procedimientos preexistentes a fin de asegurar la implementación de criterios y normas base que se saben exitosas. Aún así, dichos protocolos se ven afectados por el entrenamiento y las capacidades del grupo encargado de responder en la crisis, la cohesividad de sus miembros y la disponibilidad de los recursos necesarios, entre otros [1]. En este sentido, la capacitación y el entrenamiento se vuelve de especial relevancia. Este equipo de trabajo plantea la aplicación de un modelo que ayude a los recursos humanos en la preparación de su capacidad de respuesta en situaciones críticas: este modelo se enmarca en la metodología SSM (Soft System Methodology) para fortalecer el entrenamiento de grupos encargados del manejo de crisis a partir del aprendizaje de sus miembros desde la reflexión y el debate de una situación real y concreta, actuando sobre dicha situación, realizando propuestas y evaluando los resultados. Dentro de este marco se propone aquí la utilización de un diagrama con notación UML para representar el dominio de la situación analizada.

1. Introducción

Cuando se produce una emergencia que escala a crisis, generalmente significa que diversos organismos se involucrarán en el manejo y resolución de la misma: Bomberos, Cruz Roja, fuerzas policiales, organizaciones

de ingeniería u obras públicas, entre otros, serán quienes colaboren para prestar ayuda a partir de su participación en la situación.

Al hablar de tantas personas en el mismo escenario, incluso de orígenes potencialmente diferentes, el orden y la optimización de recursos resulta de gran importancia, por lo que la implementación de un Sistema de Comando de Incidentes (SCI) se vuelve vital para coordinar los diversos actores que participan en la respuesta a la crisis [2]. Este SCI se encarga de gerenciar la estructura necesaria para afrontar la situación de desastre de que se trate, sea un incendio, inundación, etc. [3]. Este sistema apunta con su implementación a lograr:

- la velocidad en la respuesta a la crisis
- la anticipación y la transparencia
- la coordinación entre los diferentes agentes implicados en su resolución
- la coordinación entre los mensajes (comunicación) que se intercambian

El SCI toma como base los principios administrativos, esto implica que los responsables de dar respuesta a la crisis serán capaces de gerenciar la situación, y así planificar, organizar, dirigir y controlar los esfuerzos y las acciones de los grupos de respuesta en una emergencia o incidente. Este modelo propone una implementación de cinco fases, a saber: fase de Aproximación, fase de Línea base, fase de Capacitación, fase de Implementación y la fase de Consolidación y Seguimiento.

Este trabajo apunta al empleo de una metodología posible de utilizar en la fase de capacitación, para formar competencias (educación, formación, habilidades y

entrenamiento) en el personal a cargo de brindar respuesta en las situaciones de desastres.

Esta metodología es el SSM (Soft System Methodology), desarrollada por Peter Checkland, para tratar situaciones complejas caracterizadas por la diversidad y divergencia de vistas en la definición del problema [4]. El SSM se ha usado en varios campos, entre ellos, el dominio de los sistemas críticos.

Esta metodología comprende siete actividades, siendo la segunda de ellas “la expresión de la situación problema” mediante una figura rica o *rich figure*.

El presente trabajo plantea la construcción de esta figura a través de sesiones realizadas con un grupo de representantes a cargo de crisis y accidentes en una organización del medio, utilizando un modelo de casos de uso de negocio (o dominio) con el Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

Así, modelos construidos con este lenguaje o notación son generados, acordados, comprendidos y compartidos por todos los integrantes del equipo de manejo de crisis.

2. Marco metodológico

2.1. Implementación del SSM

El SSM se originó de la concepción que los sistemas duros o estructurados no son el mejor modelo para representar sistemas organizacionales/sociales complejos. Esta metodología surge en 1981 para abordar este tipo de sistemas específicamente que se caracterizan por poseer un componente social intrínseco.

La metodología consta de siete pasos o actividades (Figura 1):

a. Percepción de la situación problema de manera no estructurada: es la percepción de la situación “problema” en la que un actor social debe actuar de forma diferente a lo que podría desear o sentir.

b. Percepción de la situación problema de manera estructurada: Se trata de observar la realidad problemática con mayor claridad y precisión, de la forma más objetiva y neutra posible para representar dicha realidad a partir de las interrelaciones entre los elementos existentes, las propiedades emergentes, su relación con el entorno, los conflictos, las comunicaciones entre otros. Esta visión “enriquecida” se genera para proveer un modelo que represente el sistema y ayude a obtener una apreciación para el análisis de la situación en análisis. Se habla de “representar” el sistema con una “visión enriquecida” o *rich figure* de la realidad, pero no de la necesidad de un modelado formal. Se trata de una representación que puede variar en nivel de detalle, de acuerdo a la comprensión del sistema que se va logrando,

al incorporar los elementos u objetos necesarios y relevantes en la definición del problema, para esto la metodología no es prescriptiva ni sugiere ninguna metodología, notación o simbología en particular, sino que deja libre esta construcción a cada equipo de trabajo (conformado este por los distintos grupos o asociaciones participantes en la crisis).

En esta construcción suelen aparecer:

- Hechos involucrados en el problema.
- Los actores y roles descubiertos en el mismo.
- La misión de la gente, las normas del comportamiento, los valores en juego.

c. Elaboración de definiciones básicas de sistemas relevantes: una vez obtenida la figura rica se seleccionan los sistemas “candidatos a problemas” para aportar “soluciones” que deben/pueden darse en la realidad social para transformarla mediante un proceso de cambio o transformación, es decir, mediante la “Definición Básica”.

d. Elaboración y prueba de los modelos conceptuales: Una vez obtenida la definición básica, se debe generar un modelo conceptual de la misma, involucrando en este modelo las Actividades necesarias para lograr la transformación descrita en la definición.

e. Comparación de los modelos conceptuales con la realidad (resultantes de las fases b y d): dicha comparación debe realizarse con los participantes del comité de crisis, para generar posibles cambios para mejorar la situación y aliviar el desastre. Esto puede concluir en la nueva versión con los cambios y modificaciones introducidas en esta etapa, ya que no se debe olvidar que los modelos conceptuales son representaciones mentales que pueden o no existir en la realidad, por lo que cruzar este modelo con la realidad descrita del dominio podría generar esta nueva versión.

f. Ejecución de los cambios factibles y deseables: una vez determinado e identificado el *gap* entre la situación deseada y la problemática real, se procede a ejecutar las medidas propuestas y necesarias que resultan en la mejora de la situación original estudiada que dio origen a la intervención del SSM.

g. Implantación de los cambios en el mundo real: el equipo ha acordado los cambios necesarios y posibles de realizar para ser implementados, esto podría potencialmente llevar a la aparición de nuevas situaciones problema, que podrían ser abordados por un nuevo ciclo de la metodología SSM.

Esto hace que la aplicación de esta metodología sea iterativa, considerando en cada iteración la situación

problemática concreta que debe ser abordada como crisis para prevenir su escalamiento y los desastres asociados.

2.2. La figura rica

En la implementación del marco metodológico SSM se ha considerado en la segunda fase la generación y construcción de una figura rica para lograr y mostrar la visión enriquecida de la realidad, se ha dicho también que los autores de la misma no sugieren notación ni herramienta alguna para la construcción. Se trata en definitiva de emplear “alguna” forma o herramienta gráfica para familiarizarse con la complejidad de la situación problema de manera rápida y económica, pero a la vez, sin perder información de la misma, tratando de obtener la mayor cantidad y calidad de información posible.

La Figura Rica es holística, permite múltiples perspectivas capturando y representando todos los aspectos posibles de una situación determinada (no requiere una vista específica), esto es para ampliar la visión compartida del problema y hacerlo en etapas tempranas del trabajo es de fundamental importancia para fortalecer su aporte.

En este sentido, se entiende aquí la importancia de manejar vocabulario común, de rápido acceso y comprensión, ya que se pretende que el conocimiento se comparta entre los integrantes de un equipo a cargo de situaciones de crisis, incluso independientemente de la organización o área a la que pertenece el integrante, así, se valora el hablar el mismo lenguaje para facilitar esta comprensión en etapas tempranas del análisis.

3. Desarrollo

3.1. Presentación del caso

En esta experiencia se trabaja con un grupo a cargo de situaciones de crisis y/o prevención de las mismas en una organización en la provincia de Córdoba. En este marco de trabajo, el equipo de intervención, que funcionó como investigador/observador, realizó dos sesiones con algunos representantes de equipo o comité de crisis a fin de construir con ellos una Figura Rica capaz de contener la información compartida sobre el dominio del problema, generando un modelo de dominio que utiliza como herramienta el diagrama de casos de uso de negocio con notación UML. En estas sesiones el equipo trató de obtener el conocimiento, la percepción y la visión de los miembros, así como toda información que resultase relevante para ayudar a representar y comprender el problema.

3.2. Representación del dominio utilizando UML

En la primera sesión de trabajo mencionada en el apartado anterior se propuso utilizar UML, se comentó la simbología a los integrantes en los primeros minutos luego de explicar la dinámica de trabajo a fin de representar el problema.

UML, por ser un lenguaje de modelado gráfico estándar, presenta cierto formalismo y es de propósito general, puede ser usado en diferentes dominios. Este lenguaje facilita la comunicación al proporcionar herramientas necesarias para visualizar, especificar, construir y documentar. Su amplia aplicación se debe a que el lenguaje incluye diversos mecanismos de extensibilidad, permitiendo así extender la semántica del lenguaje para adaptarse a la especificidad de cada dominio en particular, y así generar un Perfil que incorpora estas adaptaciones [7]. Los mecanismos de extensibilidad de UML son estereotipos, valores etiquetados y restricciones.

Los estereotipos permiten ampliar el lenguaje en forma controlada, creando incluso nuevos tipos de bloques de construcción derivados de los existentes pero específicos para determinado problema a modelar.

Un valor etiquetado amplía las propiedades de un bloque de construcción UML, permitiendo generar la incorporación de nueva información en la especificación de ese elemento.

Una restricción amplía la semántica de un bloque de construcción UML, permitiendo añadir nuevas reglas o modificar las existentes [8].

De esta manera, el “lenguaje UML adaptado” al dominio del problema particular que se modela, incluidos los significados especializados que aporten a la comprensión de dicha situación problema, permiten la generación de un Perfil UML, entendiéndose este como un subconjunto del lenguaje que personaliza el mismo para que represente más fielmente la realidad bajo análisis.

3.3. Construyendo la figura rica

Como se relató en el punto anterior, este trabajo propone la utilización de UML (*Unified modeling language* – lenguaje unificado de modelado) para representar la realidad o dominio donde se identifican los problemas, esto es, la construcción del modelo de casos de negocio (o dominio) para representar los procesos, hechos, roles, actores de manera visual y simple. Componentes de este diagrama son los casos de uso de negocio (BUC – *business use cases*), actores de negocio (BA – *business actor*). Así los BUC muestran los escenarios o formas de ejecución de los procesos presentes en el dominio bajo análisis. Este diagrama,

además, permite incorporar trabajadores de negocio (BW – *business worker*) que se relacionan directamente con los procesos [5].

Este diagrama UML, típicamente utilizado en etapas tempranas de los procesos de desarrollo de software como una de las primeras actividades técnicas para modelar/representar el dominio que va a ser abordado por el sistema a diseñar y construir, es así un modelo conceptual de todos los temas relacionados con un problema específico, incluye procesos, relaciones y restricciones en el dominio del problema. Su construcción se apoya en la necesidad de mantener clara la diferencia entre el dominio o definición del problema de la definición de la solución, a la vez que aporta la comprensión de la realidad [6] [9].

Además de las características mencionadas de este diagrama, utilizado en los procesos de desarrollo permite lograr una comunicación eficaz con el cliente, y para ello, debe ser sencillo de construir y de comprender, con elementos y símbolos simples y a la vez de claro significado.

A continuación en la Figura 2 se muestra una sección del modelo de casos de uso de negocio generado con los representantes responsables de atender situaciones de crisis, cabe aclarar que se trata de una sección de la primera versión, esto es porque se propone aquí la construcción del modelo en un trabajo iterativo en este momento de la metodología, derivado o asociado al conocimiento del dominio que se va adquiriendo, que permite incorporar en cada iteración que se realiza en el tiempo nueva información o mayor detalle al modelo y generar así una nueva versión del mismo que incorpora al conocimiento representado en la versión anterior más el nuevo obtenido en las sesiones actuales.

En las sesiones con el equipo se identificaron actores de negocio, definiéndolos como áreas/roles/instituciones (externas al equipo participante de las sesiones) que se encuentran involucradas en los procesos con los que se relacionan. Se diferenciaron estos de los trabajadores de negocio, definiéndolos como áreas/roles involucrados en los procesos y directamente ejecutando estos procesos como parte del mismo equipo de crisis o prevención.

Durante el trabajo en las sesiones fue muy importante reconocer estos roles mencionados en los párrafos anteriores y describirlos, es decir, clarificar a qué área pertenecen y cuál es su responsabilidad y su participación en la crisis o en la prevención de la misma.

Fue de relevancia vital en los encuentros de trabajo identificar de forma conjunta los procesos que se realizan “hoy” como parte de la actividad bajo análisis. Los mismos se mapearon con los casos de uso de negocio, a fin de tomar este concepto en la técnica para mostrar grupos de actividades que forman un conjunto y que tienen objetivo concreto, visible y de importancia (de valor). Fue muy intuitivo como parte de la técnica

relacionar los procesos en forma de BUC con los actores participantes/involucrados.

En la figura 2 se ha utilizado un estereotipo acordado en las sesiones con el equipo de crisis, que muestra si en el proceso mapeado en ese caso de uso de negocio – BUC, participa el público en general (*stick man*) o se trata de un proceso que es ejecutado/realizado sólo por personal perteneciente a áreas de prevención o crisis (*police man*). Esta capacidad del lenguaje representa en esta experiencia una potencialidad al permitir ampliar el significado de la simbología para modelar aspectos/información que para el equipo de crisis es relevante y mostrar así de forma gráfica esta situación.

Además, se han incorporado en la forma de valor etiquetados a los procesos, información derivada de la presencia de protocolos establecidos explícitamente que han sido revisados y versionados (incluida su fecha de última revisión). Cabe aclarar que no se trata de un atributo del proceso, sino de una característica del mismo.

Posteriormente se describieron estos procesos/BUC de tal manera que no sólo se identifican, sino que se explicita el paso a paso de las actividades que implican, ya que se acercan y se mapean a protocolos que existen de forma explícita o implícita incluso. Para esto la propuesta incluye en estos casos el uso de otras herramientas que quedan fuera de esta descripción del trabajo.

4. Figuras

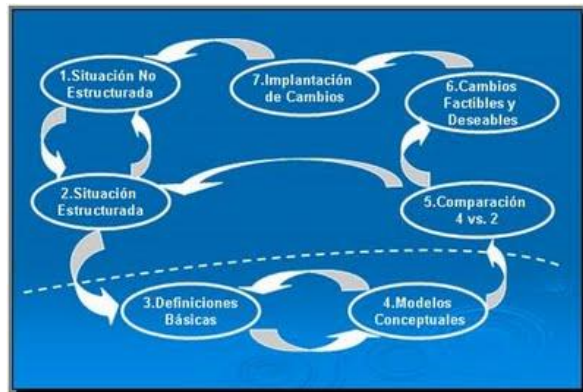


Figura 1. Etapas de la metodología de Checkland.
Fuente: La Metodología para sistemas blandos de Peter Checkland (SSM) (Checkland 1992)

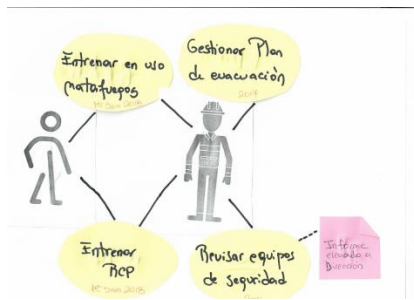


Figura 2. Sección de la primera versión del modelo BUC obtenido a partir del conocimiento del equipo de manejo de crisis

5. Resultados

Este trabajo ha presentado la propuesta de implementación del lenguaje UML en la construcción de la figura rica de la metodología SSM, específicamente, la construcción de esta representación del dominio a través del diagrama de casos de uso de negocio. La aplicación de la técnica en el desarrollo de las sesiones fue bastante intuitiva y no requirió ninguna explicación extensa, ya que incluso el trabajo con íconos o la simbología del lenguaje UML facilitó la comunicación en las sesiones al hablar un lenguaje común acordado con el grupo. Este equipo no advierte pérdida de flexibilidad en la construcción de la figura rica por cuanto el grupo de manejo de crisis ha logrado, no sólo expresar, sino también representar su conocimiento del dominio a partir de las herramientas y técnicas propuestas.

El lenguaje le ha aportado al grupo:

- Las capacidades y posibilidades de UML para visualizar, especificar, construir y documentar la construcción del conocimiento de la situación problema.
- El uso de un lenguaje común: esto es, la totalidad de los integrantes participantes en las sesiones han comprendido rápidamente la notación empleada en el modelo, y se ha logrado el acuerdo en el uso de las personalizaciones que extendieron al lenguaje y ayudaron a la comprensión y visualización del problema en sí mismo.
- El acuerdo colectivo acerca de la situación: las sesiones grupales lograron la exposición de conceptos, criterios y visiones que fueron organizadas y canalizadas por los investigadores derivando en un modelo acordado por la totalidad del equipo de atención a crisis, siendo así una “foto” de la situación problemática.
- La comprensión colectiva del modelo generado con apoyo del equipo de investigadores, con su capacidad de extensión y personalización, aportando el uso de una notación compartida que ayude a propiciar la comprensión colectiva de la situación.

- La flexibilidad fomentada por la metodología en la construcción de la figura rica se ha mantenido debido a las posibilidades de los mecanismos de extensibilidad del lenguaje propuesto.

- Ha aportado a la actividad en la que se incorpora la notación la simplificación e incluso el acuerdo acerca de la realidad que se debe representar.

El modelo de negocio ha demostrado ser un intermediario facilitador en el proceso de creación y de exploración.

6. Conclusiones

El presente trabajo ha realizado una experiencia iterativa de construcción de la figura rica en el marco de aplicación de la metodología SSM en el entrenamiento de los recursos humanos que forman parte de los grupos que tienen a su cargo la responsabilidad de dar la primera respuesta en las situaciones de crisis.

En este proceso iterativo de construcción se ha empleado la herramienta diagrama de casos de uso de negocio escrito con notación UML para modelar la situación problemática o crítica y así mostrar/representar la misma, sus procesos, conceptos, hechos, actores, roles, relaciones.

Se han presentado las ventajas de las posibilidades que brinda el lenguaje de notación propuesto para lograr “hablar” un mismo lenguaje en el dominio, compartir conocimiento y percepciones, y acordar así la representación de dicha situación bajo análisis. De esta forma, es posible emplear los mecanismos comentados para construir el modelo del dominio de acuerdo a las necesidades específicas, a la cultura y a las características de ese dominio.

7. Referencias

- [1] Boggio M., Salamon A. y otros. “Propuesta para Construir la Figura Rica utilizando UML para Representar el Dominio”. Resumen presentado en EPIO 2018.
- [2] Alfaro M., Arellano F. y otros. Guía para orientar la implementación de un sistema de comando de incidentes en Latinoamérica y el Caribe. 2da ed. 2016.
- [3] Rubens D. Beyond “Command & Control: Developing a New Paradigm for Incident Command Systems, Critical Decision-Making and 21 st Century Crisis Response”. Doctoral dissertation, University of Portsmouth. 2015
- [4] Checkland P. “Soft Systems Methodology” in J. Rosenhead and J. Mingers, Rational Analysis for a Problematic World Revisited. Wiley. 2001.
- [5] Jacobson I. y otros. El Lenguaje Unificado de modelado. 2da ed. 2007.
- [6] Montilva J, Rojas M. y otros. “Método para la conceptualización en el modelado del negocio en procesos de software”. Universidad de los Andes, Venezuela. Grupo de

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Investigación CICOM, Universidad de Pamplona, Colombia.
Versión final 2010.

[7] Martellotto P. Un Profile UML para el modelo de negocio.
SEDICI Servicio de Difusión de la Creación Intelectual
Universidad Nacional de La Plata. Exposición en XII CACIC.
2006.

[8] Jacobson I., Booch G. y otro. The unified modeling
lenguaje. Addison Wesley. 1999.

[9] George G. and Bock. The business model in practice and its
implications for entrepreneurship research. Entrepreneurship
Theory and Practice. 2011.

F-IoT Core, Una herramienta para el desarrollo de Soluciones IoT Escalables y Flexibles

Sebastián U. Flores

Departamento de Informática
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina
sebastian.flores@ieee.org

Daniel E. Riesco

Departamento de Informática
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina
driesco@unsl.edu.ar

Miguel A. Bustos

Departamento de Informática
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina
mabustos@unsl.edu.ar

Mario M. Berón

Departamento de Informática
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina
mberon@unsl.edu.ar

Pedro R. Henriques

Universidade do Minho Braga, Portugal
pedrorangelhenriques@gmail.com

Resumen

En la actualidad, los avances en el dominio del Internet of Things están transformando las formas en que las personas interactúan con el entorno y están dotando de inteligencia al mismo. Estos progresos buscan mejorar la calidad de vida de las personas, optimizar los procesos industriales e incrementar el cuidado del medio ambiente y de sus recursos. Grandes empresas han implementado soluciones de IoT en sus líneas de producción con el fin de incrementar su competitividad de cara a la industria 4.0. Por otro lado, el abaratamiento de la electrónica y los avances en la optimización de sistemas de software han llevado a la creación de dispositivos económicos que pueden ser usados en la implementación de sistemas de IoT hogareños o de menor escala que los industriales (e.g. Arduino, Raspberry PI). Sin embargo, el correcto desarrollo de un sistema de IoT podría ser un desafío si no se toman ciertos recaudos. Uno de los problemas que se presentan, desde la planificación del sistema, es el diseño de una arquitectura que favorezca la escalabilidad en cuanto a cantidad de clientes del sistema, ubicación geográfica de los mismos y, en la variedad de dispositivos y aplicaciones conectadas. Por otro lado, en un sistema de IoT deben poder realizarse comunicaciones persona-máquina y máquina-máquina, utilizando una misma interfaz de comunicaciones que garantice la eficiencia y seguridad en las mismas. En este artículo se presenta una herramienta que brinda un conjunto de servicios para la planificación, implementación y administración de sistemas de IoT de cualquier escala. Para garantizar comunicaciones

persona-máquina y máquina-máquina, seguras y eficientes, la herramienta fuerza al uso de protocolos de comunicación mantenidos por organizaciones internacionales de estandarización en los ámbitos del IoT y de las tecnologías Web en general. Por otro lado, la herramienta ofrece la posibilidad de estructurar el sistema, agrupando a los usuarios del mismo (personas, dispositivos y aplicaciones automáticas) de acuerdo a su ubicación física, y creando sub-ubicaciones para indicar en detalle las posiciones relativas de cada uno de ellos. De esta forma, se pueden utilizar otras herramientas para generar vistas del sistema en forma de grafo, organizando a los usuarios por ubicación. Para la administración de los usuarios, la herramienta posee una arquitectura flexible y almacena toda la información correspondiente en una base de datos, cuyo modelo fue diseñado con el objetivo de garantizar la escalabilidad de la misma, preservando la eficiencia en sus consultas.

1. Introducción

El término IoT es la abreviación de la frase en inglés 'Internet of Things' (i.e. Internet de las Cosas). Este término corresponde a un dominio de aplicación que integra diferentes campos tecnológicos y sociales. De acuerdo con IEEE et. al. [1, 2], aún no se ha alcanzado un consenso en cuanto a una definición que contenga todas las características y pueda facilitar una mejor comprensión de esta tecnología emergente. Es por ello que aún no se ha desarrollado un marco de trabajo común e internacionalmente aceptado por todas las partes interesadas, que permita establecer las mejores prácticas

premisa de que el mismo posee una gran falta de interoperabilidad entre diferentes plataformas, que podría ser resuelta utilizando protocolos Web existentes [7].

1.6. Ámbitos de Aplicación del IoT

Dado que todavía no existe una definición estándar del IoT y que las TICs evolucionan rápidamente, es difícil determinar los alcances de las tecnologías de IoT y listar sus ámbitos de aplicación. Algunos de ellos son:

- *Sistemas de domótica.*
- *Extracción y análisis automáticos o semi automáticos de datos en líneas de producción industrial, que permitan dotar de inteligencia a los procesos de negocio, en el contexto de la industria 4.0 [8, 9].*
- *Dispositivos capaces de ser vestidos por personas o animales, que permitan monitorear el estado físico de los mismos o que les permitan extender sus capacidades físicas (a.k.a. wearables).*
- *Dispositivos de monitoreo de cultivos y riego automático e inteligente.*
- *Robots autónomos y semi autónomos, fijos y móviles.*

1.7. Componentes de un Sistema de IoT

Eclipse et al. postula en [10] que una solución típica de IoT está caracterizada por muchas 'cosas' que podrían utilizar alguna especie de 'puerta de enlace' (i.e. Gateway) para comunicarse a través de una red, hacia un servidor backend que se encuentre ejecutando una plataforma de IoT basada en la nube, la cual ayude a integrar la información obtenida por el sistema.

Un dispositivo o cosa en IoT es el punto de partida para una solución de IoT. Normalmente es quien genera información e interactúa directamente con el mundo físico. A menudo, las 'cosas' se encuentran restringidas en cuanto a tamaño, capacidad de energía y conectividad. Por lo tanto, suelen estar programadas utilizando microcontroladores (i.e. MCU) con capacidades muy limitadas, configurados para una tarea específica y diseñados para su producción en masa a bajos costos [11].

Un Gateway en IoT, actúa como el punto de agregación para un grupo de actuadores y sensores, con el fin de coordinar su conectividad, tanto entre ellos como con redes externas. Puede ser implementado en un dispositivo físico dedicado, o bien, como una funcionalidad incorporada en una 'cosa' de mayor complejidad, que se encuentre conectada a la red [12].

La plataforma en la nube comprende la infraestructura de software y los servicios requeridos por una solución de IoT. Esta clase de plataforma usualmente

opera dentro de un centro de datos empresarial, o en la nube, a través de un servicio brindado por terceros (i.e. PaaS, por Platform as a Service) [13] (e.g. Microsoft Azure, Amazon Web Services, IBM Watson IoT, Thingsboard); y se configura de forma tal que pueda escalar horizontalmente (para soportar un mayor número de dispositivos conectados) y verticalmente (para abarcar cualquier variedad de dispositivo y aplicación conectada a la solución IoT). La plataforma en la nube deberá facilitar la interoperabilidad de la solución de IoT con las aplicaciones de negocio existentes y con otras soluciones de IoT [14].

1.8. Sistemas de Comunicación

En la actualidad, existen varios protocolos y arquitecturas utilizadas en comunicaciones Web. Uno de los más usados, por su flexibilidad, es REST (REpresentational State Transfer). Este es un estilo de arquitectura de software utilizado en sistemas distribuidos de hipermedia [15], e introducido por Roy Fielding en su tesis doctoral [16]. Las arquitecturas que utilizan este estilo están basadas en la arquitectura cliente-servidor. Los clientes envían solicitudes a los servidores; los servidores procesan las solicitudes y retornan las respuestas adecuadas. Las solicitudes y respuestas son construidas sobre el concepto de *representación de recursos*. Un recurso puede ser cualquier concepto coherente y de interés que pueda ser direccionado. Una representación de un recurso es un documento que captura el estado actual del recurso. Las ventajas de REST frente a otros estilos más estructurados (e.g. SOAP) recaen en su simplicidad para la creación de solicitudes y respuestas, ya que estas pueden ser realizadas en el formato que sea más adecuado para cada aplicación que lo utilice (e.g. JSON, XML, CSV, RSS), siempre y cuando ambas partes sean capaces de procesarlo. Por otro lado, REST transporta los mensajes a través de HTTP versión 1.1 o superior, utilizando 4 verbos para la realización de tareas (GET, POST, PUT y DELETE).

Sin embargo, de acuerdo con IEEE et al. en [1], para los dispositivos utilizados en el mundo del IoT es difícil implementar el protocolo HTTP completo, por varias razones. La razón principal es el hecho de que un sistema de IoT está compuesto, en su mayoría, por dispositivos que requieren de una interacción muy pequeña, suelen consumir muy poca energía y, habitualmente, poseen una conectividad a la red muy pobre. Entonces, HTTP se vuelve muy pesado para encajar en esta clase de dispositivos. Una solicitud HTTP requiere una transferencia de al menos 9 paquetes TCP, sin contar los paquetes que deben ser reenviados por problemas de conectividad, y los encabezados de texto plano pueden ser muy verbosíacos. Es por esto que se han desarrollado arquitecturas y protocolos dedicados a IoT. En las siguientes sub-secciones se presentarán dos de los protocolos más utilizados en esta clase de sistemas.

1.8.1. CoAP. IETF et. al. en [17] presenta al Constrained Application Protocol (CoAP) como un protocolo web genérico y adecuado a los requisitos especiales de los dispositivos con capacidades restringidas, tanto en consumo de energía como en poder de procesamiento y de conexión a la red. Su objetivo no es la compresión ciega del HTTP, sino, más bien, la obtención de un subconjunto de REST, pero optimizado para aplicaciones M2M.

Las características principales de CoAP son las siguientes:

- Es un protocolo Web que cumple con los requisitos de M2M en entornos restringidos.
- Permite su ejecución sobre el protocolo UDP [18] ofreciendo, opcionalmente, soporte a la estabilidad en solicitudes unidireccionales, o multidireccionales.
- Realiza un intercambio de mensajes de forma asíncrona. Un protocolo de mensajería asíncrona disocia al emisor y al receptor de los mensajes, tanto en espacio como en tiempo, volviéndose escalable en entornos de red no confiables.
- Posee un encabezado de bajo tamaño.
- Hace uso del *Datagram Transport Layer Security* (DTLS) [19].

1.8.2. MQTT. Según indica Yuan et. al. en [20], el *Message Queue Telemetry Transport (MQTT)* fue inventado y desarrollado por IBM a finales de 1990, y posteriormente convertido en estándar abierto por OASIS, en el año 2014.

Este, es un protocolo de mensajería que trabaja de forma asíncrona sobre el protocolo TCP/IP [21, 22]. Puede implementarse en hardware de dispositivos altamente limitados en sus capacidades, sobre redes con ancho de banda restringido. Además, es lo suficientemente flexible para poder soportar diferentes escenarios de aplicaciones para dispositivos y servicios de IoT [1, 20].

Como se puede observar en la Figura 2, MQTT

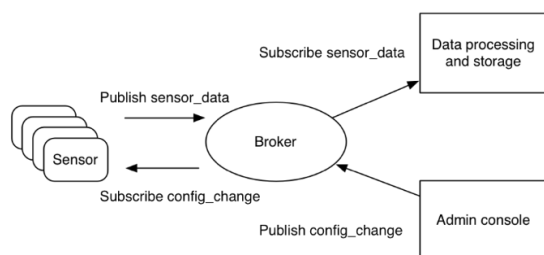


Figura 2. El modelo de publicación y suscripción de MQTT para los sensores de IoT [20].

implementa un modelo de publicación y suscripción, a través de diferentes entidades en la red, listadas a continuación:

- Un intermediario de mensajes (i.e. Message Broker). Este es un servidor que recibe los mensajes enviados por cada uno de los clientes y los redirecciona hacia otros clientes que estén interesados en el asunto de cada mensaje.
- Uno o más clientes. Cada cliente es cualquier 'cosa' que pueda interactuar con el intermediario para enviar y recibir mensajes (e.g. un sensor, una aplicación en un smartphone, un autómatas que recibe datos y emite resultados del procesamiento de los mismos).

Cada mensaje está compuesto por un paquete de datos que, básicamente, posee:

- Un asunto o tema del mensaje (i.e. topic). Este indica el nombre de un canal de comunicación, a través del cual los clientes podrán transmitir información al Message Broker, para que este último la redireccione hacia otros clientes que se hayan suscripto a ese tema. Ya que los mensajes MQTT están organizados por temas, el administrador del sistema posee la flexibilidad de restringir la clase de mensajes con la que podrá interactuar cada uno de los clientes.
- Una carga útil binaria. Esta corresponde al contenido del mensaje que desea ser transmitido y puede contener cualquier tipo de datos (e.g. JSON, XML, Base64).
- Un indicador de la 'calidad del servicio' deseada (i.e. QoS, por Quality of Service). Este se refiere a la consistencia con la que los mensajes del tema se deben entregar a los clientes. Para más detalle sobre los niveles de QoS, referirse a la Tabla 1.

La siguiente secuencia de pasos compone a las comunicaciones en MQTT:

1. Un cliente se conecta con el Message Broker. Esta conexión puede ser TCP/IP simple o TLS [23] cifrada para mensajes confidenciales.
2. A continuación, el cliente puede:
 - Suscribirse a cualquier tema registrado en el intermediario. Para ello, se debe indicar el tema a suscribirse y el QoS requerido.
 - Publicar un mensaje en un tema, enviando el mensaje, el nombre del tema y el QoS al Message Broker.

1.9. Clases de Dispositivos

Conforme con IETF et al. [24], existen 3 clases de

Tabla 1. Definiciones de QoS en el protocolo MQTT [34].

QoS	Bit 2	Bit 1	Descripción
0	0	0	Como mucho el mensaje se entregará una vez
1	0	1	El mensaje, al menos se entregará una vez
2	1	0	El mensaje se entregará exactamente una vez
-	1	1	Reservado – No debe ser usado

dispositivos IoT, distinguidos por sus capacidades físicas, citados a continuación.

1.9.1. Dispositivos de Clase 0. Estos dispositivos son demasiado limitados en memoria y capacidad de procesamiento, de forma tal que no pueden comunicarse a través de Internet de forma segura, ni hacer uso de los protocolos estándar de Internet. Por lo mencionado anteriormente, se concluye que esta clase de dispositivos depende de Gateways externos para poder integrarse a la solución IoT.

1.9.2. Dispositivos de Clase 1. Los dispositivos que pertenecen a esta clase están bastante limitados en el almacenamiento para código programable y en capacidades de procesamiento, por lo que no pueden comunicarse fácilmente a través de los protocolos más comunes de internet (e.g. HTTP, FTP). Sin embargo, los mismos son capaces de utilizar protocolos más ligeros para la comunicación en redes (e.g. MQTT, CoAP sobre UDP) sin la necesidad de utilizar un Gateway externo (el Gateway se encuentra implementado en el mismo dispositivo). Esto significa que pueden integrarse por completo en una red IP, si se tienen en cuenta las limitaciones mencionadas.

1.9.3. Dispositivos de Clase 2. Esta clase representa a dispositivos con menos limitaciones, y con la capacidad de ejecutar la mayoría de los protocolos utilizados en computadoras de escritorio y servidores. Sin embargo, es probable que se comuniquen a través de protocolos más ligeros y eficientes en consumo de energía (como los utilizados por dispositivos de clase 1), ya que el uso de menos recursos para las comunicaciones en redes deja más recursos disponibles para la ejecución de aplicaciones, posibilitando reducir los costos de desarrollo e incrementar la interoperabilidad.

2. Trabajos Relacionados

En la actualidad, existen varias herramientas dedicadas a simplificar el proceso de desarrollo de un sistema de IoT. Algunas de ellas son pagas; otras gratuitas, pero igualmente requieren del contrato de un paquete de herramientas extra de código propietario (y pago) para su correcto funcionamiento.

Por ejemplo, Microsoft ofrece los llamados ‘aceleradores de soluciones IoT’. Estos son una colección de soluciones IoT completas y listas para implementarse que abordan escenarios comunes del IoT, como la supervisión remota, la fábrica conectada, el mantenimiento predictivo y la simulación de dispositivos; incluyendo todos los servicios basados en la nube necesarios, junto con el código de aplicación requerido. Estos aceleradores sirven como punto de partida para el desarrollo de soluciones IoT de cualquier magnitud. Como contrapartida, los mismos son de código abierto, pero los servicios basados en la nube requeridos para su utilización funcionan sobre la plataforma Azure de Microsoft, y requieren de una suscripción paga en la misma [25].

Amazon, por su parte, ofrece un paquete de herramientas Web complementarias para el desarrollo de una solución IoT completa, siendo cada herramienta un módulo de la solución [26]. Para su uso, pide el registro previo a una suscripción paga en su plataforma en la nube, Amazon Web Services (a.k.a. AWS). Este servicio es muy completo, pero podría volverse costoso ya que, inevitablemente, será necesario contratar más de una herramienta del paquete.

Otra herramienta conocida es Thingsboard. Esta es una plataforma IoT open-source que ofrece funciones de recolección, procesamiento y visualización de información. En adición, permite la conexión y gestión de dispositivos utilizando protocolos estándar en la industria del IoT (e.g. MQTT, CoAP, HTTP), y soporta despliegues locales y en la nube [27]. Posee una versión comunitaria y una versión paga.

Mozilla, en cambio, adhiere al concepto de Web of Things propuesto por la W3C [7], en el cual se plantea la idea de asignar URLs a las cosas para que estas puedan ser direccionadas en la Web, junto con la definición de un modelo de datos y APIs para hacerlas interoperables. Para ello, presenta Project Things, un entorno de trabajo compuesto por software y servicios creados por Mozilla para conectar cosas a la Web, estructurado en tres componentes principales:

- Una implementación de Gateway.
- Una colección de servicios para ejecutarse en una plataforma en la nube.
- Una colección de componentes de software reutilizables para la creación de cosas conectadas a la Web.

Como contra partida, Project Things todavía se encuentra en desarrollo y los componentes de software

ofrecidos en él aún están en etapa de prueba. Por otro lado, si bien Mozilla promete que su modelo será lo suficientemente flexible como para abarcar a todas las tecnologías IoT existentes, todavía no existen conectores para todos los lenguajes de programación y todas las plataformas, por lo que aún requiere de un cierto grado de esfuerzo de los desarrolladores para adaptar los sistemas actuales a este nuevo modelo. Se puede obtener más información de este proyecto en [28].

Muchas de las herramientas existentes generan un cierto grado de dependencia de sus servicios. Esto implica que, si se deseara cambiar de proveedor de infraestructura, de proveedor de plataforma (e.g. cambiar de Microsoft Azure a AWS), o de sistema operativo, probablemente debiera utilizarse una nueva herramienta en lugar de la actualmente usada, debiendo también rediseñarse gran parte del sistema de IoT para que se adecúe a las nuevas condiciones. Esto conlleva altos costos en tiempo de desarrollo y grandes riesgos de pérdida de información, al adaptar el formato de los datos usados para que sean reconocidos por la nueva herramienta.

F-IoT Core plantea la independencia de sistema operativo y, de proveedores de infraestructura y plataforma, ya que sus componentes de software pueden instalarse en cualquier plataforma que soporte una máquina virtual de Java, ya sea de forma local o en la nube. Esto permite fácilmente desinstalar y reinstalar el sistema al momento de cambiar de plataforma o infraestructura. Por otro lado, utiliza protocolos de comunicación estandarizados y de bajo consumo de recursos, para los cuales existe mucha documentación disponible, pudiendo estos ser ejecutados en casi cualquier dispositivo IoT o aplicación de software.

3. F-IoT Core, una Herramienta para el Desarrollo de Soluciones IoT Escalables y Flexibles

La utilidad de la herramienta presentada reside en brindar un conjunto de servicios para el diseño de un sistema de IoT previo a su creación, y la administración del mismo durante todo su ciclo de vida, una vez implementado. A través de los servicios mencionados, el usuario de la herramienta podrá registrar en el sistema a cualquier clase de usuario, ya sea una persona, un dispositivo o una aplicación automática, bajo una misma interfaz e indicar los canales de comunicación que cada uno de ellos utilizará para publicar o recibir información y/u órdenes.

Adicionalmente, la herramienta ofrece la posibilidad de estructurar el sistema, agrupando a los usuarios del mismo de acuerdo a su ubicación física, y creando sub-ubicaciones para indicar en detalle las posiciones relativas de cada uno de ellos. De esta forma, se pueden utilizar otras herramientas para generar vistas del sistema en forma de grafo, organizando a los usuarios por ubicación.

A medida que crece la cantidad de usuarios del sistema, comienza a volverse más notable la necesidad de tener una arquitectura flexible en el mismo, y de contar con un modelo de base de datos que brinde escalabilidad, sin perder eficiencia en los tiempos de consulta. A raíz de esto, es significativo dar nota de que la herramienta presentada brinda a todos aquellos que deseen desarrollar un sistema de IoT, sin importar su escala, la capacidad de abstraerse de las dificultades asociadas a la arquitectura y a la base de datos, para poder enfocarse únicamente en la administración de los usuarios del sistema; en el diseño de una interfaz gráfica de usuario adecuada al sistema operativo y las aplicaciones con las que desee conectarse al sistema; y en la evaluación de los datos producidos por cada uno de los usuarios del sistema, para la creación de información de mayor utilidad.

3.1. Arquitectura Utilizada

La Figura 3 muestra la arquitectura de la herramienta. Como es posible observar, la misma está compuesta por 2 partes. Una de ellas, 'Users', identifica a todos los posibles usuarios del sistema. Sin embargo, dado que las capacidades de procesamiento de datos y de conectividad a la red en las 'cosas' podría ser más limitada que la de otra clase de usuarios, se subdividió el módulo Users en los sub-módulos 'Things' y 'Data Visualizers/Processors'. Los Things, por sus limitaciones, únicamente podrán conectarse a través del protocolo MQTT, ya que este posee ciertas bondades en cuanto a eficiencia y flexibilidad, mencionadas previamente en este documento. Los demás usuarios, en cambio, podrán elegir entre conectarse al sistema usando el protocolo MQTT (si desean realizar conexiones persistentes) o usando la API REST proporcionada por el backend (para conexiones no persistentes). En las siguientes sub-secciones, se explicará en detalle cada uno de los módulos que componen el sistema.

3.1.1. Things. Esta parte de la arquitectura corresponde a las 'cosas' o dispositivos del sistema. Para establecer comunicaciones de entrada o de salida, deben ser registradas previamente como clientes de un Message Broker, a través de la API REST de gestión de clientes proporcionada por el servidor backend. Cada cosa, una vez registrada y dependiendo de sus características físicas, podrá habilitar canales de comunicación en los cuales publicar información producida internamente (e.g. las mediciones de sus sensores), canales sobre los cuales recibir órdenes para los actuadores (e.g. encender una lámpara o un calefactor) y canales sobre los cuales recibir valores de modificación para su configuración interna.

Para publicar cada una de sus producciones internas, cada cosa debe registrar en el Message Broker un tema distinto, en el que otros usuarios podrán suscribirse y recibir cada publicación. De esta forma, se aprovecha al

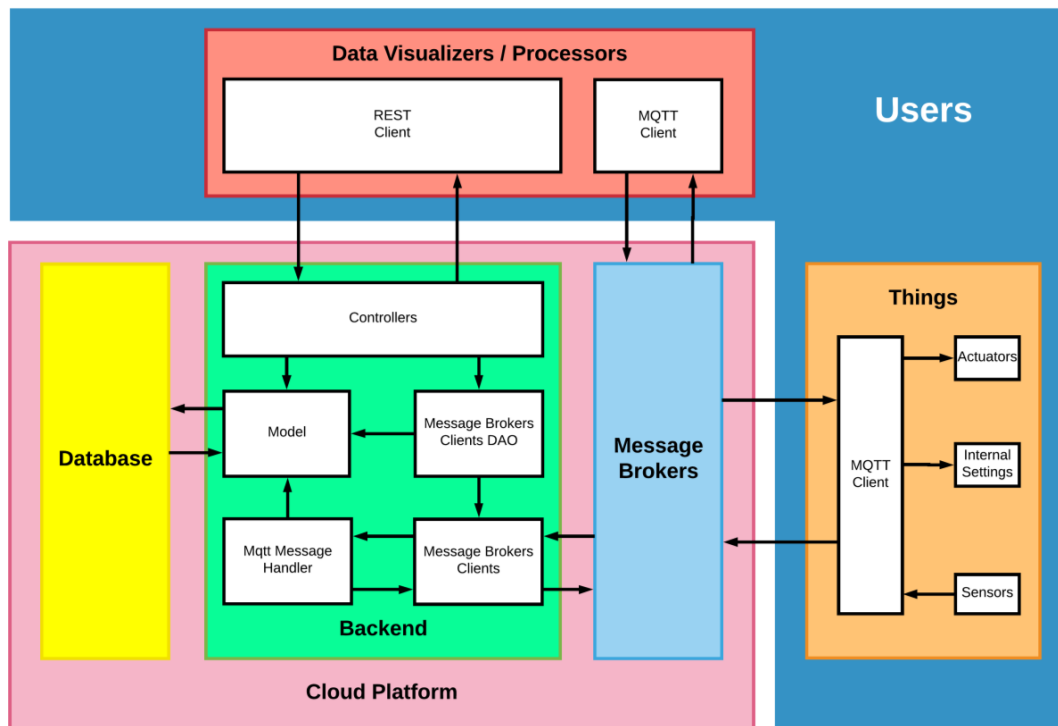


Figura 3. Arquitectura de la herramienta.

máximo el patrón ‘publicar/suscribir’ implementado en el protocolo MQTT. Por ejemplo, un dispositivo X que desee publicar las mediciones del sensor Y podría utilizar el tema ‘Dispositivo X/Sensor Y’, y aquellos usuarios interesados en recibir las publicaciones de ese tema, deberían suscribirse al mismo a través del Message Broker correspondiente.

Para recibir órdenes a aplicar en los actuadores, el dispositivo debe suscribirse, en el Message Broker al cual se encuentra conectado, a temas en los cuales otros usuarios puedan publicar las órdenes (e.g. el Dispositivo X desea recibir órdenes para asignar una velocidad al motor Y, entonces se suscribe al tema ‘Dispositivo X/Motor Y’). De forma similar, el dispositivo puede suscribirse a temas dedicados a recibir modificaciones para su configuración interna (e.g. indicar la unidad de medición de un sensor, el nivel de precisión requerido, o si el dispositivo debe activarse o mantenerse en hibernación).

A partir de lo mencionado en esta sección se puede notar que, a través del patrón publicar/suscribir utilizado en el protocolo MQTT, se pueden realizar comunicaciones entre cualquier clase de usuario (dispositivos, aplicaciones controladas por personas, aplicaciones automáticas), utilizando una misma interfaz y sin la necesidad de consumir muchos recursos de hardware en la ejecución de los protocolos.

3.1.2. Cloud Platform. La infraestructura de los sistemas de IoT suele estar basada en la nube. Esto significa que

todos los servicios necesarios para la correcta interacción entre los componentes del sistema se encuentran distribuidos en uno o más servidores ubicados de forma remota. Los servidores utilizados podrían ser privados, o bien, contratados a través de un Servicio de PaaS. A través de la herramienta, se pueden crear soluciones IoT basadas en una plataforma en la nube que se encuentre conformada por dos partes funcionales, las cuales serán presentadas en los siguientes párrafos.

La primera parte se encuentra conformada por uno o más servidores Message Broker destinados a interconectar a todos los clientes MQTT del sistema, a través del patrón ‘publicar/suscribir’. Como se mencionó previamente, cada Message Broker se encarga de recibir y direccionar los mensajes enviados por los clientes. Con un Message Broker alcanza para que el sistema funcione. Sin embargo, podría disponerse de más de uno, para distribuirlos geográficamente de forma conveniente con la distribución geográfica de los clientes, acortando los tiempos de comunicación y reduciendo los riesgos de pérdida de paquetes en la red.

La segunda parte estaría compuesta por un servidor backend destinado a exponer una interfaz de micros servicios REST, mediante la cual se puedan establecer todas las configuraciones asociadas al sistema de IoT y a la gestión de sus usuarios. También, expone micros servicios para acceder al historial de mensajes publicados en cada tema de cada Message Broker, sin la necesidad de crear una conexión MQTT persistente en el tiempo. Este servidor es el encargado de interactuar con el gestor de la base de datos, cuyo modelo relacional

puede observarse en la Figura 4 y será explicado posteriormente.

Para la implementación del backend, se decidió utilizar una arquitectura Model View Controller (i.e. MVC). El 'modelo' es referenciado con el submódulo 'Model', y está compuesto por los objetos encargados de realizar la conexión con cada tabla de la base de datos. El submódulo 'Controllers' hace referencia a los 'controladores' de la aplicación, encargados de recibir las peticiones REST de los usuarios y comunicarse con el modelo para registrar un nuevo Message Broker, registrar nuevos clientes de un Message Broker, modificar o eliminar clientes existentes, registrar ubicaciones geográficas sobre las cuales se darán de alta los clientes y, establecer configuraciones internas del sistema. El submódulo 'Message Brokers Clients DAO' es un Singleton encargado de realizar las conexiones entre la aplicación backend y los Message Brokers. Los servicios asociados a cada controlador de la aplicación backend pueden verse en la Tabla 2.

Cada vez que se hace uso del servicio de registro de nuevos Message Brokers en la base de datos, el controlador asociado a ese servicio envía un mensaje al 'Message Brokers Clients DAO', ordenando realizar una nueva conexión con el Message Broker registrado. Para ello, se crea un cliente en el backend, el cual se conecta al Message Broker de forma persistente en el tiempo y en paralelo con las conexiones de clientes de otros Message Brokers. Este cliente es implementado como una instancia de la clase 'Message Broker Client', y posee las siguientes 2 funciones:

- Suscribirse a cada uno de los temas en los que publiquen los clientes del Message Broker. De esta forma, recibirá cada uno de los mensajes enviados, con el fin de copiarlos y almacenarlos en la base de datos, en el Historial de Mensajes.
- Cada vez que un usuario utiliza el servicio REST de envío de mensajes MQTT, debe pasar como parámetros el mensaje a enviar, el Message Broker y el tema en los que se publicará el mismo. A continuación, el controlador del servicio invoca al 'Message Broker Client' conectado al Message Broker indicado, y le pide que publique el mensaje pasado como parámetro en el tema solicitado por el usuario. Por último, el Message Broker Client se encarga de registrar, en el Historial de Mensajes, el mensaje enviado.

3.1.3. Data Visualizers/Processors. Por último, el módulo 'Data Visualizers/Processors', hace referencia a aquellos usuarios del sistema que no son 'cosas'. Estos, en cambio, acceden al sistema con el fin de realizar alguna de las siguientes acciones:

- Analizar y procesar la información publicada por las cosas, para obtener resultados derivados de la misma (calcular estadísticas, inferir

decisiones, entre otros).

- Obtener vistas en base a la estructura del sistema, el estado de sus usuarios o los flujos de información en el mismo.
- Brindar a los administradores del sistema interfaces gráficas a través de las cuales puedan enviar órdenes a las cosas conectadas al mismo.

Cada una de las acciones mencionadas puede ser realizada a través de un cliente MQTT o de un cliente REST. Si se desea utilizar un cliente MQTT, se debe registrar previamente al mismo como cliente de un Message Broker, a través de la API REST correspondiente a la gestión de clientes.

3.1.4. Base de Datos. En la Figura 4, se presenta el modelo relacional de la base de datos utilizada. Este se compone de 6 entidades, que serán explicadas a continuación.

Como se mencionó en la sección anterior, el sistema puede disponer de uno o más Message Brokers. Es por esto que se creó la entidad 'Message Brokers', destinada al almacenamiento de los datos de cada uno de ellos.

La entidad 'Clients' es usada para almacenar los datos de los clientes de cada Message Broker.

A cada cliente se le puede asignar una ubicación física. A su vez, una ubicación puede ser parte de otra ubicación más general (e.g. la ubicación 'San Luis' podría contener una sub-ubicación 'Universidad' y, a su vez, esta contener sub-ubicaciones para cada aula o salón). En el modelo presentado, la entidad 'Locations' hace referencia a las ubicaciones.

Si bien cada cliente posee una identificación única, varios de ellos podrían compartir las mismas características que los describen (e.g. publicar el mismo tipo de mensajes, suscribirse a los mismos temas, entre otras). Es por ello que se decidió agruparlos en clases llamadas esquemas. En el modelo relacional presentado, la entidad asociada a los esquemas es nombrada 'Clients Schemes'.

Con respecto a los temas, la entidad asociada es nombrada 'Topics'. Si bien un mismo tema puede ser compartido por más de un cliente, cada uno de estos podría elegir entre publicar o suscribirse, dependiendo de su esquema. Es por ello que cada instancia de Topic se asocia a un Client Scheme particular, y debe indicar si los clientes que posean este esquema utilizan el tema para publicar o suscribirse y recibir información. Esto se hace a través de la propiedad 'T_Kind', cuyos 2 valores posibles son *output* (para publicar) e *input* (para suscribirse). Por otro lado, cada tema puede utilizar datos numéricos o textuales, característica que debe ser indicada en la propiedad 'T_Data_Type'.

Por último, se ha definido la entidad 'Messages Reports' para que referencie al historial almacenado de mensajes enviados en cada uno de los temas. En cada

Tabla 2. Servicios ofrecidos en el backend.

Controlador	Servicio	Consulta REST
Clients Schemes Controller	Add Client Scheme	POST
	Update Client Scheme	POST
	Delete Client Scheme	POST
	Get Client Scheme by Id	GET
	Get Client Schemes	GET
Clients Controller	Add Client	POST
	Update Client	POST
	Delete Client	POST
	Get Client by Id	GET
	Get Clients by Location Id	GET
	Get Clients	GET
	Send Message	POST
Locations Controller	Add Location	POST
	Update Location	POST
	Delete Location	POST
	Get Location by Id	GET
	Get Locations by Father Id	GET
	Get Locations	GET
Message Brokers Controller	Add Message Broker	POST
	Update Message Broker	POST
	Delete Message Broker	POST
	Get Message Broker by Id	GET
	Get Message Brokers	GET
History Controller	Get Messages by Client Id	GET

Message Report, se toma nota del mensaje enviado, su emisor, el tema usado y el momento en que se emitió (incluyendo fecha y hora, con una precisión de 2 decimales de segundo).

3.1.5. Implementación de la Cloud Platform. Para implementar la plataforma en la nube, se utilizó el PaaS ofrecido por Microsoft, conocido como Azure [29]. Este fue elegido entre otros servicios porque ofrece una gran variedad de soluciones adaptadas al rendimiento requerido y a la capacidad de gasto indicada, y porque se contaba con una suscripción Bizspark [30] que proveía crédito gratuito en la plataforma. Entre las soluciones ofrecidas por Azure se encuentra el servicio de creación de máquinas virtuales en la nube. Este fue usado para desplegar una instancia de Ubuntu 18.04, en la cual se instaló un Message Broker open-source desarrollado y mantenido por la fundación Eclipse, llamado Mosquitto, ya que es fácil de utilizar, posee un conjunto amplio de

funcionalidades desarrolladas y es de código abierto. Para más información sobre Mosquitto, se recomienda leer la documentación oficial en [31].

Para implementar el backend, se desarrolló una aplicación en el framework open-source Spark Java [32], ya que ofrece una interfaz simple para la creación de micro servicios REST y el correcto uso de la arquitectura MVC en Java.

Por último, se instaló en la máquina virtual una base de datos MySQL, sobre la cual se desplegó el modelo entidad relación mostrado en la Figura 4. Particularmente se decidió utilizar este gestor de base de datos ya que es gratuito, es mantenido por la corporación de renombre Oracle y es utilizado por grandes compañías como Facebook, Google y Adobe [33].

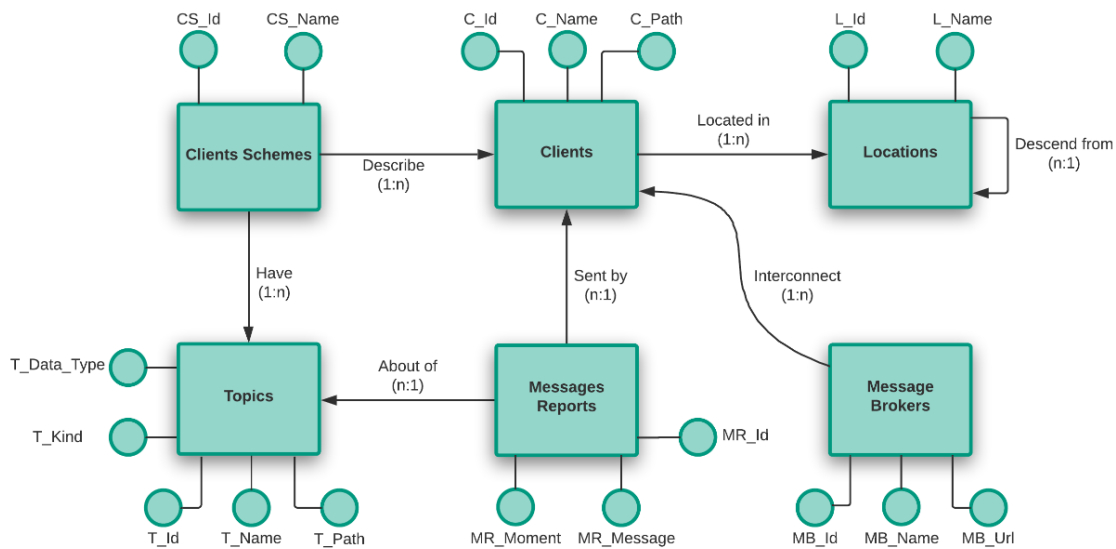


Figura 4. Modelo relacional de la base de datos.

4. Casos de Estudio

La herramienta fue usada en dos casos de estudio extraídos de la vida real. Cada uno de ellos se describe en las secciones presentadas a continuación.

4.1. Sistema de Domótica

El caso se presenta en una vivienda. Esta posee 2 dormitorios y una cocina-comedor. El dueño deseaba instalar un sistema de domótica que le permitiera controlar a distancia las luces y los aires acondicionados de sus 2 dormitorios, y de la cocina. También, deseaba poder llevar un registro sobre la presencia de personas en su casa a lo largo del día, especialmente cuando él estuviera fuera de ella, utilizando sensores de movimiento situados en las habitaciones mencionadas previamente. Para llevar adelante este proyecto, se instalaron dispositivos de control en las lámparas, los aires acondicionados y los sensores de movimiento, con conectividad Wi Fi, dispuestos en la vivienda tal y como se puede observar en la Figura 5. Los problemas que se presentaban eran los siguientes:

- Se debía implementar una aplicación Web capaz de conectarse tanto con los dispositivos como con el dueño.
- Se debía encontrar un protocolo de comunicación adecuado para conectar los dispositivos al servidor Web, que les permita transmitir o recibir información a través del mismo.
- Se debía contar con una base de datos que permitiera llevar un registro de los eventos de la casa, para luego visualizarlos en generadores de gráficos.

Utilizando la herramienta presentada, se lograron resolver los 3 problemas mencionados. La aplicación correspondiente al servidor Web y la base de datos ya forman parte de la herramienta. En cuanto a los dispositivos, se utilizó el protocolo MQTT para

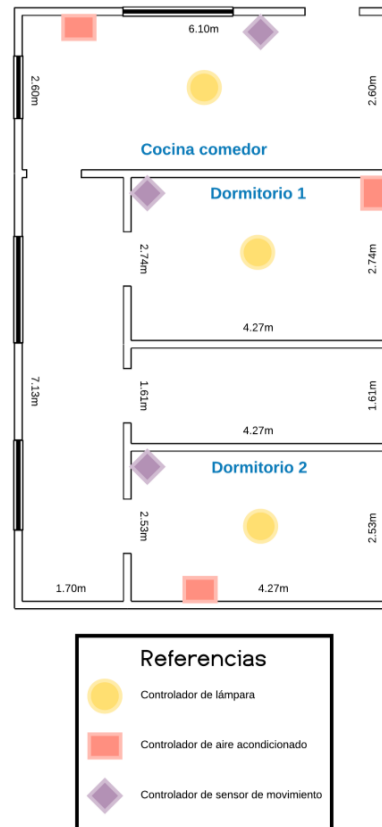


Figura 5. Mapa de la vivienda.

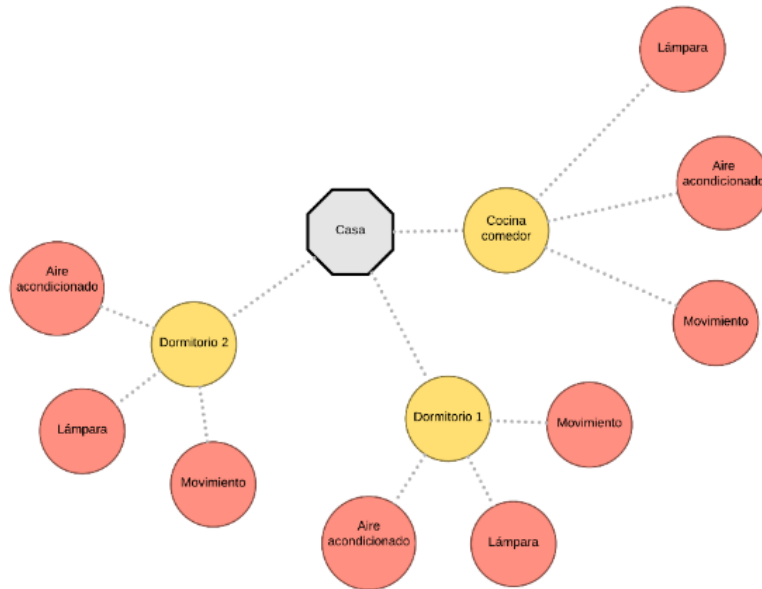


Figura 6. Estructura del sistema de domótica.

conectarlos con el servidor. Lo único que restaba era realizar las altas en la base de datos.

Por cada clase de controlador, se registró un Esquema de Cliente. Es decir, se registraron Esquemas para los controladores de lámparas, aires acondicionados y sensores de movimiento. Los canales de comunicación asociados a cada Esquema son mostrados en la Tabla 3.

Con el fin de organizar los controladores en una forma cómoda para su gestión, se registró a la 'Casa' como ubicación raíz en el sistema. También, se registraron sub-ubicaciones de la Casa para cada habitación en la que habría dispositivos (Cocina comedor, Dormitorio 1, Dormitorio 2).

A continuación, se dio de alta un Cliente de cada Esquema por cada habitación de la casa. En la Figura 6 se puede visualizar la estructura de árbol correspondiente a la disposición de los clientes en el sistema, de acuerdo con su ubicación física en la vivienda.

Por último, para poder administrar el sistema, se puede acceder al mismo a través de la API REST, o creando un cliente MQTT que se conecte a todos los canales de comunicación.

Al realizar la entrega del sistema, el cliente quedó satisfecho, ya que el mismo cumplía con sus expectativas y permitía en el futuro escalar agregando más dispositivos en la casa, manteniendo una estructura que facilite su control.

Tabla 3. Canales de comunicación en el sistema de domótica.

Esquema	Input	Output
Lámpara	Orden de encendido/apagado	Cambio de estado (Encendida/ Apagada)
Aire acondicionado	Encendido/apagado Asignación de temperatura	Cambio de estado (Encendido/ Apagado) Cambio de temperatura
Sensor de movimiento	---	Detección de movimiento en la habitación

5.2. Sistema de Prevención de Incendios en Bosques Nativos

Se instalaron cuatro sensores de humo en una sección de bosque nativo, con el fin de detectar posibles incendios forestales de forma temprana. La idea era poder visualizar en tiempo real el nivel de humo medido por cada sensor, y recibir alertas sobre posibles incendios cuando los niveles de humo alcanzaran niveles altos en uno o más sensores.

Para reducir costos, el hardware usado en los sensores se implementó de forma que únicamente pudiera realizar mediciones del nivel de humo y enviarlas a través de una señal de radio hacia un dispositivo central (el Gateway) con mayores capacidades de procesamiento y conectividad a Internet. En la Figura 7 se puede visualizar un esquema representativo del sistema.

Para desarrollar este sistema utilizando la

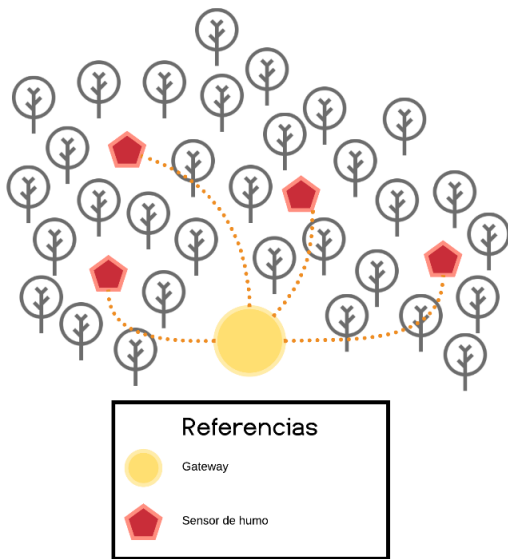


Figura 7. Esquema representativo del sistema de prevención de incendios.

herramienta, dado que el único dispositivo que se conecta al sistema es el Gateway, se registró un único Esquema de Cliente llamado 'Gateway', que utiliza los siguientes canales para enviar información:

- Un output por cada sensor, en el cual publica el nivel de humo medido por el mismo.
- Un output por cada sensor, en el cual publica una alerta cuando se detecta un posible incendio en los alrededores del mismo.

A continuación, se registró un único Cliente utilizando el Esquema Gateway, ya que solamente hay uno de ellos en el bosque.

A partir del sistema de IoT desarrollado utilizando la herramienta, se pudieron estructurar adecuadamente las comunicaciones del Gateway con el servidor, pudiendo agregar en el futuro más sensores de humo conectados al mismo Gateway, o a otros de ellos, de acuerdo con la distancia geográfica de los sensores. El cliente quedó conforme. Resta desarrollar una aplicación frontend que se comunique con el servidor para recibir las actualizaciones de los sensores en tiempo real, y detectar activamente posibles incendios. Todavía se está evaluando la tecnología a utilizar en su implementación, pudiendo ser un sitio Web, una aplicación móvil o de escritorio, ya que únicamente debe ser capaz de establecer una conexión permanente con el servidor en la nube, a través de un cliente MQTT.

6. Conclusión y Trabajos Futuros

En la actualidad, se puede visualizar un crecimiento acelerado de los objetos conectados a internet. Kranz et al. [8] estima que, en el año 2020, se alcanzará una cifra

de 50.000 millones de objetos conectados en todo el mundo. Estos objetos abarcan ámbitos científicos, ámbitos de la vida cotidiana y ámbitos corporativos. En este contexto, la escalabilidad de los sistemas de IoT es un factor clave. Como se mencionó previamente en este artículo, la infraestructura debe configurarse de forma tal que pueda escalar horizontalmente (para soportar un mayor número de dispositivos conectados) y verticalmente (para abarcar cualquier variedad de solución IoT). Es por ello que se puso especial interés en el diseño de la arquitectura de la herramienta, de forma tal que permita implementar soluciones IoT de cualquier escala, y que sea lo suficientemente flexible como para ser modificada en versiones posteriores, sin la necesidad de reescribir a todos sus módulos funcionales. Por otro lado, la herramienta brinda la posibilidad de elegir entre dos protocolos estándar del IoT (MQTT y HTTP), para realizar las comunicaciones, con el fin de tener un mayor alcance y de brindar la posibilidad de realizar conexiones persistentes y no persistentes, dependiendo del protocolo que se use. El primero de ellos, MQTT, está diseñado para consumir muy pocos recursos, volviéndose ideal para dispositivos con capacidades limitadas o que desean destinar su potencial a la ejecución de aplicaciones, utilizando la menor cantidad de recursos posible para las comunicaciones. HTTP, por su parte, será usado por aquellos usuarios que deseen realizar conexiones eventuales al sistema, para verificar su estado de forma global o localizada, sin la necesidad de establecer una conexión persistente con algún Message Broker. Es importante tener en cuenta que la herramienta permite diseñar sistemas de IoT en los que pueda conectarse cualquier tipo de usuario (persona, dispositivo o aplicación automática), razón por la cual no impone limitaciones en la clase de sistemas que puedan desarrollarse, y permite que en los mismos se realicen comunicaciones persona-máquina y máquina-máquina. De hecho, la herramienta fue probada en casos de estudio reales, en los que se desempeñó con éxito.

Como trabajo a futuro, se implementará un sistema de registro de usuarios que contemple funciones de autenticación y controles de seguridad en cada una de las transacciones realizadas. Por otro lado, se ampliará el modelo relacional de la base de datos, para que simplifique el proceso de registro de esquemas de clientes comunes a todas las soluciones IoT, mejore el sistema de ubicaciones y permita registrar una mayor variedad de información en el historial.

7. Referencias

- [1] IEEE, «Towards a Definition of the Internet of Things (IoT),» 27 05 2015. [En línea]. Available: https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf. [Último acceso: 06 06 2018].
- [2] IEEE, «Project 2413 - Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things

- (IoT),» [En línea]. Available: <http://standards.ieee.org/develop/project/2413.html>. [Último acceso: 06 06 2018].
- [3] IEEE, «Introduction to the Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT),» [En línea]. Available: <http://grouper.ieee.org/groups/2413/Intro-to-IEEE-P2413.pdf>. [Último acceso: 06 06 2018].
- [4] ETSI, «ETSI Technical Specification, "Machine-to-Machine Communications (M2M); M2M Service Requirements." Technical Specification.,» 08 2010. [En línea]. Available: www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/102689/01.01.01_60/ts_102689v010101p.pdf. [Último acceso: 04 09 2018].
- [5] IETF, «The Internet of Things - Concept and Problem Statement,» 18 10 2010. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/id/draft-lee-iot-problem-statement-00.txt>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [6] OASIS, «Open Protocols for an Open, Interoperable Internet of Things,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.oasis-open.org/presentations/open-protocols-and-internet-of-things-oasis.ppt>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [7] W3C, «Web of Things,» [En línea]. Available: <https://www.w3.org/WoT/>. [Último acceso: 29 07 2018].
- [8] M. Kranz, Internet Of Things. Construye nuevos modelos de negocio., LID Editorial, 2017.
- [9] MINCYT, «Industria 4.0: Escenarios e impactos para la formulación de políticas tecnológicas en los umbrales de la cuarta revolución industrial,» 02 2015. [En línea]. Available: <http://www.mincyt.gov.ar/adjuntos/archivos/000/038/000038319.pdf>. [Último acceso: 10 08 2018].
- [10] Eclipse Foundation, Inc, «Eclipse IoT White Paper, "The Three Software Stacks Required for IoT Architectures",» 2017.
- [11] Eclipse, "IoT Constrained Devices," [Online]. Available: <https://iot.eclipse.org/devices/>. [Accessed 27 07 2018].
- [12] Eclipse, «IoT Gateway & Smart Device Stack,» [En línea]. Available: <https://iot.eclipse.org/gateways/>. [Último acceso: 27 07 2018].
- [13] Microsoft, «What is PaaS?,» [En línea]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-paas/>. [Último acceso: 28 07 2018].
- [14] Eclipse, «IoT Cloud Platform Stack,» [En línea]. Available: <https://iot.eclipse.org/cloud/>. [Último acceso: 27 07 2018].
- [15] J. Mueller, «SOAP and REST Basics and Differences,» 08 2013. [En línea]. Available: <https://smartbear.com/blog/test-and-monitor/understanding-soap-and-rest-basics/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [16] R. T. Fielding, «Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures,» 2000. [En línea]. Available: <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [17] IETF, «The Constrained Application Protocol (CoAP),» [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc7252>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [18] IETF, «RFC 768 - User Datagram Protocol,» 28 08 1980. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc768>. [Último acceso: 28 07 2018].
- [19] IETF, «RFC 6347 - Datagram Transport Layer Security Version 1.2,» 01 2012. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6347>. [Último acceso: 28 07 2018].
- [20] IBM, «Why MQTT is good for IoT?,» 04 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [21] IETF, «RFC 791 - Internet Protocol,» 09 1981. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc791>. [Último acceso: 28 07 2018].
- [22] IETF, «RFC 793 - Transmission Control Protocol,» 09 1981. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc793>. [Último acceso: 28 07 2018].
- [23] IETF, «RFC 5246 - The TLS Protocol Version 1.2,» 08 2008. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc5246>. [Último acceso: 28 07 2018].
- [24] C. Bormann, M. Ersue y A. Keranen, «Terminology for Constrained Node Networks,» 05 2014. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc7228>. [Último acceso: 08 06 2018].
- [25] Microsoft, «Microsoft IoT accelerators,» [En línea]. Available: <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/iot-accelerators/about-iot-accelerators>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [26] Amazon, «AWS IoT,» [En línea]. Available: <https://aws.amazon.com/es/iot/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [27] Thingsboard, «Thingsboard Open-source IoT Platform,» [En línea]. Available: <https://thingsboard.io/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [28] Mozilla, «Mozilla IoT,» [En línea]. Available: <https://iot.mozilla.org/about/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [29] Microsoft, «Microsoft Azure,» [En línea]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/>. [Último acceso: 04 09 2018].

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [30] Microsoft, «Microsoft for Startups,» [En línea]. Available: <https://startups.microsoft.com/es-es/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [31] Eclipse, «Mosquitto,» [En línea]. Available: <https://mosquitto.org/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [32] Spark, «Spark Java,» [En línea]. Available: <http://sparkjava.com/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [33] Oracle, «Why MySQL?,» [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/why-mysql/>. [Último acceso: 04 09 2018].
- [34] OASIS, «MQTT Version 3.1.1 Plus Errata 01,» 10 12 2015. [En línea]. Available: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>. [Último acceso: 04 09 2018].

Medición del Nivel WCAG 2.0 de los Sitios Web de la Universidad Nacional de Catamarca

Herrera, C.M.; Chayle, C.I.; Barrera, M.A.; Pauletto, A. C.; Blanco, S.D.
Departamento de Informática - Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas
Universidad Nacional de Catamarca
Maximio Victoria 55, Catamarca, 4700
herrera.claudia.mabel@gmail.com

Resumen

Información, noticias, correo electrónico, interacción social, compras y entretenimiento son accesibles en un instante alrededor del mundo gracias a internet. Sin embargo, millones de personas con discapacidad no pueden aprovechar al máximo sus potencialidades enfrentándose a una barrera digital. La accesibilidad web se entiende como la posibilidad de que la información de una página Web, pueda ser comprendida y consultada por personas con discapacidad y por usuarios, que posean diversas configuraciones en su equipamiento o en sus programas. Actualmente es uno de los temas objeto de estudio por parte de diversos organismos mundiales. Los sitios educativos deberían impartir políticas que mejoren el acceso Web, como así mismo, cumplimentar normas de diseño universal, habilitando el uso de la información a la mayor audiencia posible. En el presente trabajo se presenta la medición del nivel de adhesión, a las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) en su versión 2.0, de los sitios Web que posee la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA).

1. Introducción

Internet, por ser una herramienta global de consulta desde hace ya un tiempo, es uno de los recursos más importantes utilizados para el intercambio de información. Información, noticias, correo electrónico, interacción social, compras y entretenimiento son accesibles en un instante alrededor del mundo. Sin embargo, más de mil millones de personas con discapacidad en todo el mundo se quedan en el lado equivocado. Aquellas personas que sufren problemas sensoriales (problemas de visión, oído), cognitivos (dificultades en la lectura o la comprensión), o motrices (incapacidad para manejar total o parcialmente el mouse o el teclado), que podrían aprovechar al máximo las potencialidades de Internet, se enfrentan en cambio a una barrera digital que les imposibilita el acceso a esta importante herramienta.

La accesibilidad Web se ha convertido en un problema común, sobre el que se han centrado varios organismos mundiales. Una de las más importantes es la desarrollada por la W3C (Consortio World Wide Web)[1], a través de la Iniciativa para la Accesibilidad a la Web o WAI (Web Accessibility Initiative) [2] en 1999 propone por primera vez las recomendaciones denominadas “Guías de Accesibilidad al Contenido Web” (WCAG) [3] y desde entonces soporta la evolución y el desarrollo de materiales y especificaciones para contribuir a la concientización, comprensión e implementación de la Accesibilidad en la Web.

Uno de los temas objeto de estudio por parte de diversos organismos mundiales es la accesibilidad web. Entre las principales acciones se menciona la abordada por el W3C, la ISO, la Fundación Sidar, el Centro de Investigación y Desarrollo de Adaptaciones Tiflotécnicas (CIDAT), promovido por ONCE. En torno al estándar WCAG varios países han desarrollado su propia legislación de Accesibilidad. Ejemplos de estas legislaciones existentes son Estados Unidos [4], Reino Unido [5] y la Legislación Italiana [6] [Stanca Law, 2004], en el 2009 el gobierno australiano aprobó la Estrategia Nacional de Transición de Accesibilidad Web [7], entre otras.

En el año 2010 en Argentina se sanciona, la ley 26.653 de Accesibilidad de la Información en las Páginas Web. En el año 2011, se aprueba la Guía de Accesibilidad 1.0 para Sitios Web del Sector Público, como parte integrante de los Estándares Tecnológicos para la Administración Pública Nacional (ETAP). [8]

La accesibilidad Web se entiende como la posibilidad de que la información de la página Web, pueda ser comprendida y consultada por personas con discapacidad y por usuarios, que posean diversas configuraciones en su equipamiento o en sus programas. [9] El cumplimiento de la ley favorece, a personas con discapacidad, y también a otros grupos de usuarios en condiciones desfavorables, como ser: personas con dificultades por el envejecimiento, por baja iluminación o espacios reducidos; personas con limitaciones tecnológicas o diferencias culturales, y quienes sean

inseguros o inexpertos en el uso de dispositivos electrónicos. [10]

Los sitios educativos deberían impartir políticas que mejoren el acceso Web, como así mismo, cumplimentar normas de diseño universal, habilitando el uso de la información a la mayor audiencia posible sin límites arbitrarios. Debido a su gran relevancia, es importante que se logre la igualdad de oportunidades para su acceso. Es uno de los temas principales en los organismos interesados en la accesibilidad, ya que las limitaciones y el mal uso por parte de los diseñadores de las tecnologías imperantes de publicación Web están dando lugar a situaciones de imposibilidad de acceso a la información por muchas personas, especialmente para aquellas que poseen algún tipo de discapacidad, agravando así la denominada infoexclusión o brecha digital, que supone la discriminación de una parte importante del total de usuarios.

Existen estándares internacionales para la accesibilidad web, los cuales ayudan a los usuarios con o sin discapacidad a mejorar la accesibilidad y lograr la independencia del dispositivo de acceso. Es responsabilidad de los medios que emiten la información asegurar su accesibilidad a las personas. En este sentido, los sitios educativos, deberían ofrecer políticas que mejoren el acceso Web, como así también, cumplir normas de diseño universal, habilitando el uso de la información a la mayor cantidad posible de usuarios sin ningún tipo de restricciones. En este sentido, se reconocen publicaciones de trabajos de investigación en universidades como ser "Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales", la principal novedad de este trabajo además de aplicar la nueva versión WCAG 2.0, es que incluye la evaluación simultánea de universidades españolas y extranjeras; lo cual permite la comparación de los resultados en ambos ámbitos [11 y 12] o extranjeras [13, 14 y 15], otra publicación es "Accesibilidad de Portales Web Universitarios", en este estudio se dan a conocer las principales barreras de accesibilidad detectadas en el análisis de páginas de Universidades españolas, en relación con las pautas vigentes WCAG 1.0. [11]

En el presente trabajo se presenta la medición del nivel de adhesión, a las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) en su versión 2.0, de los sitios Web que posee la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA).

2. Legislación de Accesibilidad Web en el Mundo

Países de todo el mundo han reconocido la importancia y la necesidad de permitir el acceso virtual a personas discapacitadas. Muchos están respondiendo

directamente a la evolución de las normas internacionales como las difundidas por diversas instituciones como la ONU y la UE, y W3C. La naturaleza del marco varía ampliamente de país a país, dependiendo de la eficiencia de su sistemas legislativo, judicial y administrativo. [16]

Los regímenes de accesibilidad web de los países varían en dos formas fundamentales: 1) en términos de su alcance, es decir, a qué sectores de la sociedad se aplican, y 2) en términos de su fuerza, es decir, si tienen o no la fuerza de ley. En la legislación internacional se destaca Estados Unidos, ya que fue el primer país que desarrolló una legislación que trataba sobre accesibilidad web en 1998. Posee legislación federal que cubre todos los aspectos de la accesibilidad incluyendo requisitos de infraestructura y accesibilidad web. El último es aplicable sólo a las agencias del gobierno federal pero cada estado tiene sus propias políticas y pautas adicionales. [16]

En Europa, la Unión Europea (UE) dentro de su iniciativa "eEurope - Una Sociedad de la Información para Todos" se marcó como objetivo evitar que la sociedad de la información se convirtiera en una nueva forma de exclusión social para las personas con discapacidad. La UE ha adoptado una carta de derechos fundamentales y una plan de acción diseñado para proteger los derechos de las personas con discapacidades y ampliar el acceso a los productos y servicios de TI incluida la accesibilidad web. La UE también ha emitido comunicaciones y resoluciones aprobadas, así como planes con el objetivo de proporcionar un mayor acceso a sitios web públicos y contenido, así como una mayor disponibilidad de productos y servicios de TI para personas en la UE. Mientras las directrices cumplen con WCAG, la implementación de las mismas está todavía en progreso. Además, la aplicabilidad aún está restringida a agencias, productos y servicios del sector público. [16]

En Italia se promulgó la Ley de Stanca N° 4/2004, sobre "Disposiciones para facilitar el acceso de las personas con discapacidad a las herramientas informáticas". La ley contiene las siguientes definiciones: a) Accesibilidad: la capacidad de los sistemas de TI, en las formas y límites permitidos por el conocimiento tecnológico, para proporcionar servicios y proporcionar información utilizable, sin discriminación, incluso por aquellos que, debido a una discapacidad, necesitan tecnologías de asistencia o configuraciones especiales; b) Tecnologías de asistencia: las herramientas y soluciones técnicas, hardware y software, que permiten a las personas con discapacidad, superar o reducir las condiciones desfavorables, acceder a la información y los servicios proporcionados por los sistemas de TI. La particularidad es que el Decreto Ministerial que contiene los "Requisitos técnicos y los diferentes niveles de accesibilidad a las herramientas informáticas" se actualiza periódicamente para la implementación

oportuna de cambios en las reglamentaciones internacionales y para la adquisición de innovaciones tecnológicas en accesibilidad. [6]

En Australia, en 2008 se publicó el documento Web Accessibility National Transition Strategy en el que se propone un plan para asegurar que el contenido web del Gobierno es accesible según WCAG 2.0. [7]

Países como Alemania, Japón y Corea han ido más allá de la mera accesibilidad web y han puesto medidas para garantizar el acceso sin barreras a la totalidad de la infraestructura electrónica. Las medidas toman una amplia gama de formas, desde simples políticas y directrices hasta legislaciones y ordenanzas. No es raro encontrar que muchos de ellos restringen su mandato a los sitios web del gobierno, aunque países como Australia y el Reino Unido extienden esto al sector privado sector, con un éxito significativo y respaldo del poder judicial. [16]

El W3C mantiene una página web sobre las políticas en materia de accesibilidad web de diversos países (Policies Relating Web Accessibility). [16]

En cuanto a la legislación Latinoamericana sobre Accesibilidad se debe destacar que el 06-06-2006, se aprobó la Declaración de Santo Domingo, en el marco de la XXXVI sesión ordinaria de la Asamblea General de la OEA, que se desarrolló bajo el lema Gobernabilidad y Desarrollo en la Sociedad del Conocimiento en torno al concepto: "el desarrollo y el acceso universal y equitativo a la Sociedad del Conocimiento constituye un desafío y una oportunidad que ayuda a alcanzar las metas sociales, económicas y políticas de los países de las Américas". [17] Algunas referencias de legislación en países iberoamericanos son [17]:

- Brasil: En el año 2004 se sancionó el Decreto 5296, que regula las leyes 10.048/2000 y 10.098/2000, que establece normas generales y criterios básicos para la promoción de la accesibilidad. Este decreto define los conceptos de barrera de accesibilidad, ayuda técnica y de diseño universal y marca el plazo a partir del cual "será obligatoria a accesibilidade nos portais e sítios eletrônicos da administração pública na rede mundial de computadores (internet), para o uso das pessoas portadoras de deficiência visual, garantindo-lhes o pleno acesso às informações disponíveis".

Además en el año 2001 el gobierno organizó el Taller para la Inclusión Digital, al que fueron invitados a participar algunos expertos de todo el mundo, cuyo informe final establece directrices y propuestas para la consecución de la Inclusión Digital en Brasil.

- Puerto Rico: La ley 229/2003 pretende el garantizar el acceso a nuestra población de ciudadanos y visitantes virtuales con algún tipo de impedimento a toda la información relevante que el Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico hace pública a través de sus páginas de Internet oficiales.

- Perú: La Ley 28530/2005 "Ley de Promoción de Acceso a Internet para personas con discapacidad y adecuación del espacio físico de las cabinas Internet", establece los organismos gubernamentales que tendrán que adoptar las políticas necesarias para promover, fomentar, capacitar y educar a la población con discapacidad en materias y actividades relacionadas con el acceso y uso de Internet. De acuerdo al Artículo 3º.- Adecuación de portales y páginas web, las entidades públicas y las universidades deben incorporar en sus páginas web o portales de internet opciones de acceso para que las personas con discapacidad visual puedan acceder a la información que contienen. Asimismo, las personas naturales o jurídicas privadas que presten servicios de información al consumidor y otros servicios a través de páginas web o portales de internet deben incorporar en los mismos opciones de acceso para personas con discapacidad visual.

- Colombia: En 2008 se promulga el Decreto 1151, mediante el cual se establecen los «lineamientos generales de la Estrategia de Gobierno En Línea», que son de obligatorio cumplimiento para las entidades que conforman la administración pública en Colombia.

- El Salvador: Los planes y acciones gubernamentales que están promoviendo la accesibilidad de las sedes web de la Administración Pública se fundamentan en una ley más general, la Ley de Equiparación de Oportunidades para las Personas con Discapacidad, Ley 888, de 27 de abril de 2000.

Cabe destacar que tanto en Brasil como en Colombia existen ya técnicas basadas en las WCAG 2.0.

3. Legislación Accesibilidad Web en Argentina

Con fecha 26-11-2010 se promulgó la Ley 26.653 de Accesibilidad de la Información en las Páginas Web. A los efectos de esta ley, se entiende por accesibilidad a la posibilidad de que la información de la página Web, puede ser comprendida y consultada por personas con discapacidad y por usuarios que posean diversas configuraciones en su equipamiento o en sus programas. Asimismo establece que las normas y requisitos de accesibilidad serán las determinadas por la Oficina Nacional de Tecnologías de la Información (ONTI), debiendo actualizarse regularmente dentro del marco de las obligaciones que surgen de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad [18]

En el año 2011, se aprueba la Guía de Accesibilidad 1.0 para Sitios Web del Sector Público, como parte integrante de los Estándares Tecnológicos para la Administración Pública Nacional (ETAP). Dicha guía se basa en las pautas WCAG 1.0 (Pautas de accesibilidad al contenido en la Web), explican cómo hacer accesibles los contenidos de la Web a personas con discapacidad. Las

mismas han sido pensadas para todos los desarrolladores de contenidos de la Web (creadores de páginas y diseñadores de sitios) y para los desarrolladores de herramientas de creación. El fin principal de estas pautas es promover la accesibilidad, haciendo a la web amigable también para todos los usuarios, cualquiera que sea la aplicación que esté utilizando (Por ejemplo, navegador de sobremesa, navegador de voz, teléfono móvil, PC de automóvil, etc.), o las limitaciones bajo las que opere (Por ejemplo, entornos ruidosos, habitaciones infra o supra iluminadas, entorno de manos libres, etc.). Seguir estas pautas ayudará también a que cualquier persona encuentre información en la Web más rápidamente. Estas pautas no desalientan a los desarrolladores en la utilización de imágenes, video, etc., por el contrario explican cómo hacer los contenidos multimedia más accesibles a una amplia audiencia. [19]

En 2013 se aprueba la reglamentación de la Ley 26.653, la misma establece que el diseño de las páginas Web, alcanzadas por la Ley N° 26.653, deberá facilitar la integración de todos los accesorios de hardware que complementan la accesibilidad de las personas con discapacidad, independientemente del tipo de dispositivo de acceso. Asimismo, el diseño de las páginas Web deberá permitir el acceso a la información buscada independientemente del programa de navegación de Internet utilizado y los subprogramas o servicios que se ejecuten en ellos. Asimismo Las normas y requisitos de accesibilidad deberán ser aprobadas por la Oficina Nacional de Tecnologías de Información (ONTI) de la Subsecretaría de Tecnologías de Gestión de la Secretaría de Gabinete y Coordinación Administrativa de la Jefatura de Gabinete de Ministros. Además todo desarrollo de software o hardware adquirido por el Estado Nacional deberá contemplar los requisitos técnicos establecidos por la Oficina Nacional de Tecnologías de Información. Por otra parte, obliga a los entes no estatales e instituciones a presentar una declaración jurada ante la Autoridad de Aplicación, manifestando que cumplen con las normas y requisitos de accesibilidad previstos en la citada norma a los fines de la obtención de los beneficios establecidos en la Ley N° 26.653. [20]

4. WCAG 2.0

En agosto de 2014, ONTI publica la Disposición N° 2, en la que se aprueba la Norma de Accesibilidad Web 2.0, en vigencia actualmente, que establece los requisitos para contenidos web basándose en las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) en su versión 2.0 publicadas en el año 2008 por el W3C [21]. El objetivo principal es establecer criterios que permitan tanto desarrollar contenidos accesibles como evaluar la accesibilidad de contenidos existentes. Al establecer las características que deben cumplir los contenidos

disponibles mediante tecnologías web, se ha tenido en cuenta la mayoría de los tipos de discapacidad (visuales, auditivas, físicas, del habla, cognitivas, del lenguaje, de aprendizaje y neurológicas) y también las necesidades de las personas de edad avanzada. [22]

Las WCAG 2.0, en las cuales se basa la Norma 2.0 vigente en Argentina, están organizadas en 4 niveles: principios, pautas, criterios de conformidad y técnicas.

- Principios generales, indican que todo contenido debe ser perceptible, operable, comprensible y robusto.

- Pautas, los 4 principios se distribuyen en 12 pautas que sirven de marco para comprender los criterios y las técnicas.

- Criterios de conformidad, cada pauta posee criterios, redactados en forma de enunciados verificables sobre el contenido web. Cada uno de los criterios está asociado a un nivel de conformidad:

Nivel A: es el nivel mínimo, la página web satisface todos los criterios de conformidad de nivel A, o se proporciona una alternativa conforme al nivel A.

Nivel AA: la página web satisface todos los criterios de conformidad de nivel A y AA, o se proporciona una alternativa conforme al nivel AA.

Nivel AAA: la página web satisface todos los criterios de conformidad de nivel A, AA y AAA, o proporciona una alternativa conforme al nivel AAA.

- Técnicas, para cada pauta y criterio, hay técnicas documentadas, aplicables al desarrollo o evaluación de contenidos web. Estas técnicas son informativas, no obligatorias, y se dividen en tres categorías: técnicas suficientes, técnicas recomendables y fallos comunes.

En la Disposición 2/2014 de la ONTI, se aprueban los Niveles Mínimos de Conformidad, que comprenden 12 pautas y 35 criterios (todos de Nivel A).

5. Accesibilidad a Sitios Web

De la lectura de publicaciones sobre el acceso a distintos sitios web, se pueden destacar [22]:

- En 2008, se analizaron 188 bibliotecas universitarias, 66 españolas y 122 norteamericanas. El promedio total de problemas de accesibilidad detectados fueron de un 59% para las bibliotecas españolas y un 41% para las norteamericanas. (Caballero Cortés y otros, 2009).

- En 2013, sobre 16 sitios de universidades evaluadas, 7 españolas, 7 estadounidenses y 2 del Reino Unido, se determinó que los sitios cumplen entre el 25% y el 50% de los requisitos de accesibilidad. (Hilera y otros, 2014).

- Un estudio de 53 sitios de grandes hospitales españoles, muestra que 27 no cumplen ningún nivel de adecuación. Solo 14 cumplen el primer nivel, 9 alcanzaron el primer y segundo nivel y 2 cumplen los tres niveles. (Calvo, 2014).

- Se realizó una investigación en 2010 sobre 102 sitios web orientados al turismo para personas que presentan algún tipo de discapacidad. Se estudiaron 40 cadenas hoteleras españolas, 49 hoteles de 4 o 5 estrellas y 13 compañías aéreas. Los resultados indicaron que el 65% de sitios no alcanza el nivel mínimo de accesibilidad. (Nadal y otros, 2011).

- En 2013, la Comisión Europea publicó un informe sobre un estudio realizado entre 2011 y 2013 de los sitios web de 31 países, 27 estados de la Unión Europea, Noruega, Australia, Canadá y Estados Unidos. Se incluyeron sitios de: recaudación de impuestos, servicios de empleo, bibliotecas, registros de automotores, becas estudiantiles, bancos, periódicos, ferrocarriles y trámites para documentación personal como pasaportes y cambios de residencia. Los resultados demostraron que: el porcentaje de accesibilidad de los países de la Unión Europea es de alrededor del 50%; el porcentaje de accesibilidad de los países no pertenecientes a la unión europea estuvo entre el 50% y el 60. (Kubitschke y otros, 2013)

6. Accesibilidad Web en la Universidad Argentina

Los avances en materia de reglamentación que garantice la accesibilidad web han sido importantes. Las universidades públicas se ven alcanzadas por estas leyes y en particular por la ley de “Educación Superior” que garantiza “la accesibilidad al medio físico, servicios de interpretación y los apoyos técnicos necesarios y suficientes, para las personas con discapacidad.” (ley 25.573, art. 1). [23]

La comunidad universitaria pública argentina demuestra preocupación por la accesibilidad web a través de diversas iniciativas llevadas a cabo en los últimos años. A nivel nacional, la Comisión Interuniversitaria Discapacidad y Derechos Humanos elaboró un Programa Integral de Accesibilidad (CIN, 2011) que propone entre otras acciones la de evaluar, corregir y mantener la accesibilidad de los sitios web en las universidades públicas. [23]

A través de un análisis realizado durante el año 2012 por María Inés Laitano, investigadora del Laboratorio Paragraphe de la Universidad París 8 - Francia, se expresa que de las 24 universidades analizadas las mismas presentaron al menos un criterio de conformidad de nivel A incumplido en la página de inicio de su sitio web institucional, lo cual significa que ninguna de ellas alcanzó el nivel de conformidad A de las WCAG y que, por lo tanto, tampoco cumplieron con el nivel AA exigido por la legislación argentina. [23]

Las Figuras 1 y 2 muestran los incumplimientos de nivel A y AA respectivamente por criterio de conformidad, esto es, la cantidad de universidades o

páginas web que no validaron cada uno de los criterios. [23]

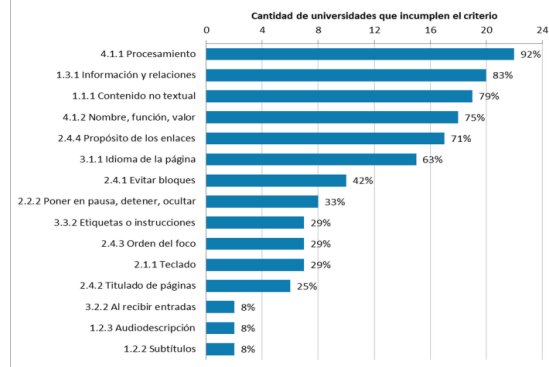


Figura 1. Incumplimientos de nivel A por criterio de conformidad

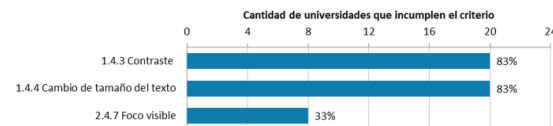


Figura 2. Incumplimientos de nivel AA por criterio de conformidad

Los resultados de este primer diagnóstico sugieren que las barreras de accesibilidad web en el espacio universitario público argentino son mayoritariamente graves (nivel A). Las más frecuentes están relacionadas con la sintaxis del lenguaje de marcado, con la presentación del contenido, con el contenido no textual y con la legibilidad visual del texto. De ahí que sea imposible garantizar la percepción de los contenidos por todas las personas y la interpretación fidedigna de los mismos por una amplia variedad de aplicaciones de usuario. [23]

La naturaleza de las barreras más frecuentes parece ser un indicador de la falta de adopción de estándares y buenas prácticas de programación por parte de las instituciones. En este sentido se debería pensar en políticas que alcancen a todos los responsables de la accesibilidad que impulsen la concientización y la implementación de buenas prácticas, ya que los lenguajes web son de formato abierto y toda la documentación se encuentra en acceso libre. [23]

7. Evaluación Accesibilidad Web UNCA

Para llevar a cabo la evaluación de la accesibilidad Web en la Universidad Nacional de Catamarca (UNCA) se utilizaron las siguientes metodologías:

- UWEM 1.0 (Unificada de Evaluación Web), que está construida con base a los proyectos EIAO, Support EAM y BenToWeb del grupo WAB Cluster, en los cuales participan 23 organizaciones europeas, con el fin

de evaluar la conformidad de las diferentes páginas Web con las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web 1.0 (WCAG 1.0) del W3C.

- Metodología de Evaluación de Conformidad con la Accesibilidad en sitios Web (WCAG-EM) la cual realiza una evaluación de todo tipo de sitios web (estáticos, dinámicos, responsive design, versiones móviles, etc.) de acuerdo con las WCAG 2.0.

A continuación se presentan los resultados obtenidos, cabe destacar que la evaluación se llevó a cabo durante el año 2017:

1)Sitio Analizado: <http://arqueologia.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la escuela de arqueología perteneciente a la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 4.6

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator*, el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Se pueden utilizar atributos para controlar la presentación visual.

2)Sitio Analizado:

<http://econunca.economicasvirtual.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca del aula virtual perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 4.7

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya

que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar.

3)Sitio Analizado: <http://www.editorial.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información sobre publicaciones científicas, tesis y demás publicaciones de igual carácter académico, pertenecientes a la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 3.2

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es muy bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Problemas con la adaptación sobre diferentes pantallas de dispositivos. No se usan encabezados en la página.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Utilizar un lenguaje adaptativo para tener contenido adaptable hacia cada uno de los dispositivos. Utilizar encabezados de páginas permite a un lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo. Además encontrar más rápidamente el contenido de interés.

4)Sitio Analizado: <http://www.exactas.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 3.0

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el

grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es muy bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse. Problemas con la adaptación sobre diferentes pantallas de dispositivos, debido a la utilización de medidas absolutas. No se usan encabezados en la página.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Utilizar un lenguaje adaptativo para tener contenido adaptable hacia cada uno de los dispositivos. Utilizar encabezados de páginas permite a un lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo. Además encontrar más rápidamente el contenido de interés.

5)Sitio Analizado:

<http://www.unca.edu.ar/pagina-80-secretarade-extensin-universitaria-74.html>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Secretaria de extensión universitaria de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 4.6

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar.

6)Sitio Analizado: <http://www.huma.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Facultad de Humanidades de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 5.3

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video.

7)Sitio Analizado:

<http://www.unca.edu.ar/pagina-91-radiouniversidad-118.html>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Radio Universidad de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 3.8

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es muy bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse. Problemas con la adaptación sobre diferentes pantallas de dispositivos, debido a la utilización de medidas absolutas. No se usan encabezados en la página.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Utilizar un lenguaje adaptativo para tener contenido adaptable hacia

cada uno de los dispositivos. Utilizar encabezados de páginas permite a un lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo. Además encontrar más rápidamente el contenido de interés.

8)Sitio Analizado: <http://salud.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 6.1

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bueno por lo que facilita el acceso a dicho sitio. Aún presenta problemas para personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones:

El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar.

9)Sitio Analizado: <http://secyt.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 3.1

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es muy bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse. Problemas con la adaptación sobre diferentes pantallas de dispositivos, debido a la utilización de medidas absolutas. No se usan encabezados en la página.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Utilizar un lenguaje adaptativo para tener contenido adaptable hacia

cada uno de los dispositivos. Utilizar encabezados de páginas permite a un lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo. Además encontrar de manera más rápida el contenido de interés.

10)Sitio Analizado:

<http://www.unca.edu.ar/pagina-62-talleresartisticos-70.html>

Resumen: El sitio contiene información acerca de los Talleres Artísticos de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 4.3

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar.

11)Sitio Analizado: <http://tecno.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de la Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 5.9

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bueno por lo que facilita el acceso a dicho sitio. Aun presenta problemas para personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar.

12)Sitio Analizado: <http://www.unca.edu.ar/>

Resumen: El sitio contiene información acerca de los Talleres Artísticos de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 3.5

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es muy bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse. Problemas con la adaptación sobre diferentes pantallas de dispositivos, debido a la utilización de medidas absolutas. No se usan encabezados en la página.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Utilizar un lenguaje adaptativo para tener contenido adaptable hacia cada uno de los dispositivos. Utilizar encabezados de páginas permite a un lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo. Además encontrar de manera más rápida el contenido de interés.

13) Sitio Analizado:

<http://www.unca.edu.ar/pagina-61-productoramultimedia-1-118.html>

Resumen: El sitio contiene información acerca de Productora Multimedia de la Universidad Nacional de Catamarca.

Grado o nivel de cumplimiento: AA respecto a las normas WCAG 2.0 (WCAG-EM).

Puntaje WCAG 2.0 AA: 4.5

Análisis del Puntaje: Este resultado se obtuvo a través de la herramienta online *eXaminator* el cual significa que el grado de cumplimiento de la página respecto a las normas WCAG 2.0 es bajo por lo que dificulta el acceso a dicho sitio. Sobre todo a personas con limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones) y personas con dificultades de visión, ya que el sitio no contiene en varias imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Recomendaciones: Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio permitiendo así que el usuario poseedor de limitaciones, respecto a la tecnología pueda informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. El texto adicional también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar. Cada uno de los análisis de los sitios mostraron un puntaje bajo. La mayoría relacionados a problemas de poca implementación de texto alternativo a las imágenes/videos, falta de encabezados y problemas de visualización para diferentes dispositivos; todo esto contribuye a una mala experiencia y dificultad para navegar en los sitios web. En la figura 3 se muestra el puntaje promedio de cumplimiento de nivel AA WCAG 2.0.



Figura 3. Puntaje Promedio UNCA cumplimiento nivel AA

8. Conclusiones

De los 13 sitios web que posee la Universidad Nacional de Catamarca analizados mostraron un puntaje bajo, lo que significa que no cumplen con las normas de accesibilidad. La mayoría están relacionados a problemas de visualización para diferentes dispositivos, lo que hace que sea difícil o dificulte su navegación en estos sitios en especial a aquellas personas con problemas de visión, como así también a las que tienen limitaciones de tecnología (navegadores desactualizados, servicio de internet de poca velocidad, equipos de cómputos de bajas prestaciones, etc.) ya que el sitio no contiene en algunas imágenes, información o texto adicional el cual permita identificar lo que tendría que mostrarse.

Otras de los problemas frecuentes detectado es la falta de encabezados de páginas, que permiten al lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo, como también a encontrar más rápidamente el contenido de interés.

8.1. Buenas Prácticas Recomendadas

En base al estudio realizado y a los resultados obtenidos se pueden realizar las siguientes recomendaciones para quienes se encuentran a cargo del diseño de éstas páginas web:

- Añadir texto adicional a cada una de las imágenes y/o videos del sitio, lo que permitirá al usuario informarse acerca de lo que representa dicha imagen/video. Esto también permitirá a las personas con dificultades de visión, utilizar programas lectores de páginas web para entender la imagen/video las cuales no puedan visualizar.
- Utilizar un lenguaje adaptativo para tener contenido adaptable hacia cada uno de los dispositivos.
- Utilizar encabezados de páginas, lo que permitirá a un lector de pantalla reconocer el código y anunciar el texto como encabezado con su nivel y proporcionar algún otro indicador auditivo, como también encontrar más rápidamente el contenido de interés.
- Utilizar atributos para controlar la presentación visual.

8.2. Consideraciones Finales

Se considera que es necesario dar continuidad a la investigación sobre el tema ya que un validador de accesibilidad es un programa de escritorio o servicio en línea, que permite determinar si un sitio Web cumple con las normas de accesibilidad; además ayudan a los desarrolladores web a cumplir con los requisitos definidos en la WCAG 1.0.

Sin embargo, aunque estas herramientas permiten reducir de forma significativa el tiempo y el esfuerzo que conlleva la evaluación de un portal, deben ser complementadas con una revisión manual, ya que pueden surgir aspectos que no son capaces de analizar por sí solas, siendo necesario el juicio personal que brinda la experiencia. Por lo cual se considera necesario hacer un estudio y análisis sobre los requerimientos de las personas con discapacidades, mediante la creación y la promoción de sitios Web accesibles y de los servicios on-line asociados.

Asimismo, otras de las líneas concretas de trabajo a futuro para dar continuidad la investigación es la evaluación de otros sitios web educativos de manera completa para poder obtener resultados más específicos y, a partir de la comparación de los mismos, poder adecuar los sitios web de la Universidad Nacional de Catamarca a los requerimientos de las personas con discapacidades y de otros miembros con desventajas, reforzando la actitud socialmente responsable de la Institución.

9. Referencias

- [1] World Wide Web Consortium en <https://www.w3.org/>
- [2] Iniciativa de Accesibilidad WebWAI en <https://www.w3.org/WAI/>
- [3] W3C, Oficina Española, “Guías de Accesibilidad al Contenido Web”.
- [4] US Government Electronic and Information Technology Accessibility Standards, 2003 en <http://www.section508.gov/index.cfm?fuseAction=stdsdoc>
- [5] Publicly Available Specification: A Guide to Good Practice in Commissioning Accessible Websites, 2006 en <http://www.hoboweb.co.uk/seo-blog/pas-78/>
- [6] Stanca Legge, 2004.
- [7] AUSTRALIAN GOVERNMENT INFORMATION MANAGEMENT OFFICE (AGIMO), “Web Accessibility National Transition Strategy - The Australian Government’s adoption and implementation of Web Content Accessibility Guidelines version 2.0 (WCAG 2.0)”, 2010.
- [8] Secretaria de Gabinete. Resolución N° 69 Guía de Accesibilidad para Sitios Web del Sector Público Nacional, 2011 en www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/18000-184999/184102/norma.htm
- [9] Ley 26653 de Accesibilidad de la Información en Páginas Web. Argentina, 2010 en <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/175000-179999/175694/norma.htm>
- [10] JGM. Jefatura de Gabinete de ministros, Bs. As. Técnicas para las pautas de accesibilidad, 2011 en http://www.jefatura.gob.ar/tecnicas-para-las-pautas-deaccesibilidad_p86
- [11] Discapnet, 2010. “Accesibilidad de Portales web Universitarios” [en línea]. Madrid:Discapnet. en http://www.discapnet.es/Castellano/areastematicas/Accessibilidad/Observatorio_infoaccesibilidad/informesInfoaccesibilidad/Paginas/AccessibilidaddePortalesWebUniversitarios.aspx
- [12] Ribera, M.; Térmens, M.; Frías, A. (2009). “La accesibilidad de las webs de las universidades españolas. Balance 2001-2006.” Revista Española de Documentación Científica, vol. 32 (3), 66-88. <http://dx.doi.org/10.3989/redc.2009.3.683>
- [13] Alexander, D.; Rippon, S. (2007). University website accessibility revisited [en línea]. Australia: Southern Cross University. Australia: Southern Cross University. <http://ausweb.scu.edu.au/aw07/papers/refereed/alexander/paper.html>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[14] Hill, C.M. (2010). Access to Information for Students with Disabilities; An Evaluation of the 2010 U.S. News and World Report's Ranking of the Nation's Best Colleges and Universities. UIW McNair Scholars Research Journal, vol. 11, 100-115.

[15] Thompson, T.; Burgstahler, S.; Moore, E.J. (2010). Web accessibility: A longitudinal study of college and university home pages in the northwestern United States. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, vol. 5 (2), 108-114.

[16] G3ICT. "Web Accessibility Policy Making - An International Perspective". The Centre for Internet & Society The Global Initiative for Inclusive Information and Communication Technologies. 2012.

[17] Fundación SIDAR - Acceso Universal.
<http://www.sidar.org/recur/direc/legis/latino.php>

[18] Ley 26.378 "Derechos de las Personas con Discapacidad y su protocolo facultativo, aprobados mediante resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas del 13 de diciembre de 2006" Sancionada: Mayo 21 de 2008. Promulgada: Junio 6 de 2008. Publicada en el Boletín Oficial del 09-jun-2008. Número: 31422. Página: 1.

[19] Resolución 69/2011 Secretaría de Gabinete. 27-jun-2011. "Guía de Accesibilidad para Sitios Web del Sector Público Nacional". Publicada en el Boletín Oficial del 05-jul-2011. Número: 32184. Página: 22.

[20] Decreto Reglamentario 355/2013. 05-abr-2013. Poder Ejecutivo Nacional (PEN). Acceso a la Información Pública Ley N° 26.653 - Su Reglamentación". Publicada en el Boletín Oficial N° 32612. Página: 1.

[21] Disposición 2/2014. ONTI. Oficina Nacional de Tecnologías de la información, 2014. "Norma de Accesibilidad Web 2.0". Publicada en el Boletín Oficial del 20-ago-2014. Número: 32950. Página: 37.

[22] Rossi, B.; Ortiz, C.; Chapetto, V.. 2016. "Accesibilidad de la Información en Sitios Web argentinos". 46JAIHO - SIE (Simposio de Informática en el Estado) - ISSN: 2451-7534 - Página 101 a 115.

[23] Laitano, M.I.; "Accesibilidad Web en el Espacio Universitario Público Argentino". Revista Española de Documentación Científica - Notas y Experiencias. 38(1), enero-marzo 2015, e07. ISSN-L:0210-0614. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/redc.2015.1.1136>

Propuesta metodológica para la simulación de sistemas mediante eventos discretos

Alfredo Lascano* / Miguel Patti*

alascano@ucel.edu.ar / mpatti@ucel.edu.ar

* Universidad del Centro Educativo Latinoamericano
Rosario, Argentina

Resumen

El presente trabajo describe una propuesta metodológica para formalizar modelos de simulación basados en eventos discretos de sistemas o procesos. En base al sistema y a los objetivos del estudio a realizar, la metodología permite identificar las variables de entrada, salida y de estado, logrando de esta manera obtener un modelo matemático aproximado del sistema en estudio. Teniendo en cuenta el modelo matemático que vincula a las diferentes variables del sistema se obtiene un modelo de eventos, del cual se deriva el pseudocódigo de cada uno de sus componentes (arribos, partidas, gestión de colas, etc.). Se incluye además una instancia de validación del modelo obtenido, donde se ejecutan corridas de la simulación, comparándose los resultados obtenidos con los datos del sistema real calculados analíticamente.

1. Introducción

La complejidad de la realidad limita muchas veces la obtención de un modelo matemático exacto de los sistemas a estudiar, por lo que se realizan simplificaciones que reducen la exactitud de este. Los niveles de simplificaciones que se adopten dependerán de la criticidad del sistema en estudio, siendo extremadamente rigurosos en el caso de sistemas donde exista riesgo de vida, contaminación, etc., mientras que para sistemas menos críticos se podrán introducir tantas simplificaciones como sean necesarias a fin de lograr un modelo suficientemente representativo del sistema / objeto a modelar. En todos los casos, es fundamental realizar la validación del modelo obtenido versus el sistema real, a fin de evaluar cuan exacto es el mismo. Centraremos nuestro trabajo en la simulación de sistemas mediante eventos discretos. La construcción de modelos para estudiar sistemas de cualquier tipo es una herramienta descriptiva destacada utilizada por la ciencia. La simulación a eventos discretos utiliza la creación de

modelos para la generación de valores de variables aleatorias que evalúan el desempeño del sistema en estudio. A pesar de que la simulación es una técnica muy utilizada, en la actualidad no es posible encontrar un procedimiento formal y organizado que permita, a partir de un objetivo de optimización de un sistema y su descripción detallada, obtener el algoritmo de simulación que genere los valores de las variables que permiten evaluar el comportamiento de las alternativas de solución al problema.

Uno de los inconvenientes que trae aparejada esta situación es, que al construir el algoritmo se debe apelar a la creatividad o la intuición. Otro inconveniente es que al tratarse de una tarea prácticamente artesanal se dificulta la posibilidad de realizar actividades de verificación que permitan controlar que los pasos realizados se condicen con las especificaciones.

Existen numerosos trabajos sobre el modelado mediante eventos discretos y en general sobre el desarrollo de modelos [1-7]. En [1] se presenta una introducción al modelado mediante eventos discretos y se propone una serie de pasos para modelar un proceso. Se hace referencia a los diferentes modelos involucrados, se definen los principales componentes de los sistemas y se introduce la representación gráfica de eventos. Si bien la estrategia allí propuesta puede ser utilizada para lograr el modelado de un sistema y su posterior simulación no es rigurosa en un sentido general. En [8] se proponen extensiones y refinamientos a los gráficos de eventos previamente introducidos por [1] y se utiliza el modelado mediante gráficos de eventos para representar un sistema de fabricación simple y flexible. Luego en [2] se presenta un marco de referencia para la simulación orientada a eventos utilizando gráficos de eventos. Allí se introducen los conceptos de gráficos de eventos expandidos y super eventos. Varios formalismos son descriptos y discutidos en [9], además de sugerir el uso de las matemáticas de la teoría de los gráficos como una base rigurosa para la especificación de modelos de simulación de eventos discretos. En [10] se introducen métricas que permiten

evaluar la complejidad de modelos de simulación. En [7] se describen los pasos para la construcción de un modelo conceptual completo sin llegar a la especificación de un modelo computacional según [11].

En este trabajo se presenta una metodología desarrollada paso a paso que permite obtener el algoritmo de simulación mediante la construcción secuencial de modelos intermedios, extendiendo el procedimiento propuesto en [12]. Esta metodología define un procedimiento que crea, a partir de un objetivo de optimización y la descripción detallada de un sistema, el modelo matemático que establece las variables endógenas, exógenas y de estado, el modelo de eventos discretos y el modelo algorítmico que permite obtener el código ejecutable capaz de generar valores de las variables endógenas que permitan evaluar las alternativas.

El artículo está organizado de la siguiente manera, a continuación, en la sección 2 se introduce el método propuesto, luego en la sección 3 se presenta la aplicación de la metodología en un caso de estudio simple (sistema M/M/1), en la sección 4 se realiza la validación de los resultados obtenidos mediante la aplicación del framework, a través del método analítico y finalmente en la sección 5 se detallan las conclusiones obtenidas.

2. Presentación del método propuesto

Este framework es una extensión del procedimiento establecido por [12] para el desarrollo de una experiencia de simulación que considera diez pasos (ver Figura 3). La propuesta de este trabajo radica en la incorporación de tareas que permiten la creación de los modelos que componen el modelo de simulación. Tales tareas están definidas con un nivel de detalle suficiente como para que puedan ser ejecutadas paso a paso, resultando de esta manera el procedimiento más ingenieril que artesanal. El framework mantiene la secuencia de actividades propuesta en [12].

Su fundamento principal es considerar que el “modelo general de la simulación” se encuentra formado por 3 modelos, a saber, (1) un modelo matemático, (2) un modelo de eventos y (3) un modelo algorítmico. Estos modelos se van creando durante la consecución de los pasos de la experiencia en forma ordenada y basándose en la construcción secuencial de tales modelos. En primer lugar, se crea (1) el modelo matemático que establece (a) las variables endógenas, (b) las variables de estado y (c) las variables exógenas o de salida. Estas últimas también pueden ser encontradas en la literatura como medidas de rendimiento o variables de respuesta. (a) Las variables endógenas son las que describen el comportamiento del sistema. Para la identificación de las variables que son de interés en función del objetivo de la simulación, la metodología propone la creación de una tabla donde se

detallan todas las variables identificadas del sistema a partir de la descripción de este, indicándose en la misma si reviste interés para el caso de estudio.

Para verificar las variables identificadas se puede recurrir para cada clase de la siguiente manera:

- Variables de entrada (1): prueba de bondad de ajuste para la distribución de probabilidad de cada variable.
- Variables de respuesta (2): responde al menos a uno de los objetivos de la simulación.
- Variables de estado (3): al menos existirá un evento que modifica su valor.

Finalizada la construcción de la tabla, la metodología propone continuar analizando únicamente aquellas variables que sí son de interés para el caso en estudio.

Por ejemplo, en un sistema de un solo servidor y en el que se desea estudiar la eficiencia del sistema para atender a los clientes, las variables de este tipo que se identifican son: el tiempo entre arribos de los clientes al sistema y el tiempo de servicio que lleva al servidor brindar atención a un cliente en promedio. El estado del sistema está determinado por los valores que asumen dichas variables, en un instante dado según [13]. Ejemplos de ellas son el estado de los servidores y la cantidad de cliente en cola. (c) Las variables exógenas son las que sirven para evaluar el desempeño del sistema real modelado y las alternativas modeladas.

El modelo matemático consiste en primera instancia en la caracterización o definición de las variables de respuesta en base a otras variables del sistema, o de contadores estadísticos. La caracterización antes mencionada será realizada a través de expresiones aritméticas que vincularán los parámetros involucrados en la obtención de cada variable de respuesta. Esta forma de definición de las variables de salida o medidas de rendimiento se aplica de manera recursiva sobre los variables internas y/o contadores estadísticos que las conforman, de modo que su definición se plantea en base a otras variables más elementales, continuando con este procedimiento hasta que el modelo matemático quede completo. Esta definición recurrente se presenta en las ecuaciones (1) a (4):

$$\bar{\rho} = \% \text{ de utiliz. Servidor} = \frac{tAcumServicio}{tTotalSimul} \quad (1)$$

$$tAcumServicio = \sum tServicio_{ind} \quad (2)$$

$$tServicio_{ind} = varEnt(tServicio) \sim Exp(\lambda) \quad (3)$$

$$tTotalSimul = Reloj \quad (4)$$

La metodología requiere que esta caracterización o definición se realice para cada una de las variables de salida requeridas por el objetivo de la simulación.

Una vez que se dispone del modelo matemático, se comienza a construir (2) el modelo de eventos. Un evento se define como una ocurrencia instantánea que puede

cambiar el estado del sistema. Si bien para un sistema de un solo servidor es trivial la determinación de los eventos, para sistemas más complejos es más difícil determinar cuántos y cuáles son los eventos que actualizan las variables de estado y permiten obtener observaciones de las variables exógenas. En virtud de lo expuesto se propone documentar este modelo mediante un diagrama de desencadenamiento de eventos. Este diagrama propuesto originalmente en [1] ha sido adaptado en este trabajo para que sirva como un elemento de entrada en la construcción del modelo algorítmico (ver Figura 4). El diagrama consiste en círculos que representan a los eventos, flechas que representan desencadenamientos de eventos y una descripción de los desencadenamientos condicionales (ver Figura 6). Es importante hacer notar que se trata de un modelo de alto nivel de abstracción y por lo tanto solo modela eventos y sus desencadenamientos. También se remarca que los eventos identificados son considerados eventos tipo, de los cuales pueden ocurrir infinitas instancias durante una simulación.

Para determinar los eventos de interés de la simulación se procede de la siguiente manera: se crea una tabla donde se detallan todos los eventos identificables a partir de la descripción del sistema (ver Tabla 2), indicando en cada caso si es de interés su análisis y qué variables identificadas en el paso anterior pueden modificar.

La metodología plantea obtener el algoritmo de simulación a partir de ejecutar una serie de pasos secuenciales que toman como elementos de entrada la descripción del sistema, el objetivo de la simulación, el

modelo matemático y el modelo de eventos. Además, esta secuencia de pasos puede también ser utilizada, una vez obtenido el modelo algorítmico, para verificar que toda la información de entrada ha sido contemplada de alguna manera para producir dicho modelo. En la Figura 1 se resume la metodología gráficamente.

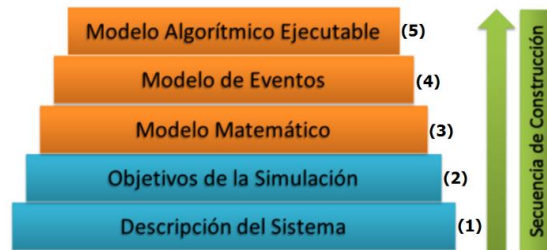


Figura 1: Resumen de la metodología.

Luego de construidos el modelo matemático y el modelo de eventos se deberá realizar una verificación cruzada entre ambos de modo que quede en evidencia que el instante de ocurrencia de cada evento puede ser obtenido a partir de las variables de entrada y los instantes en que ocurren otros eventos. Adicionalmente se comprobará que cada contador estadístico puede calcularse en base a la ocurrencia de eventos y a los valores de las variables de estado (ver Figura 2).

A continuación en la Figura 3, se presenta de modo gráfico los pasos a seguir para aplicar la presente metodología y lograr ejecutar la secuencia de construcción detallada en la Figura 1. La estructura de pasos está basada en la originalmente propuesta por [12].

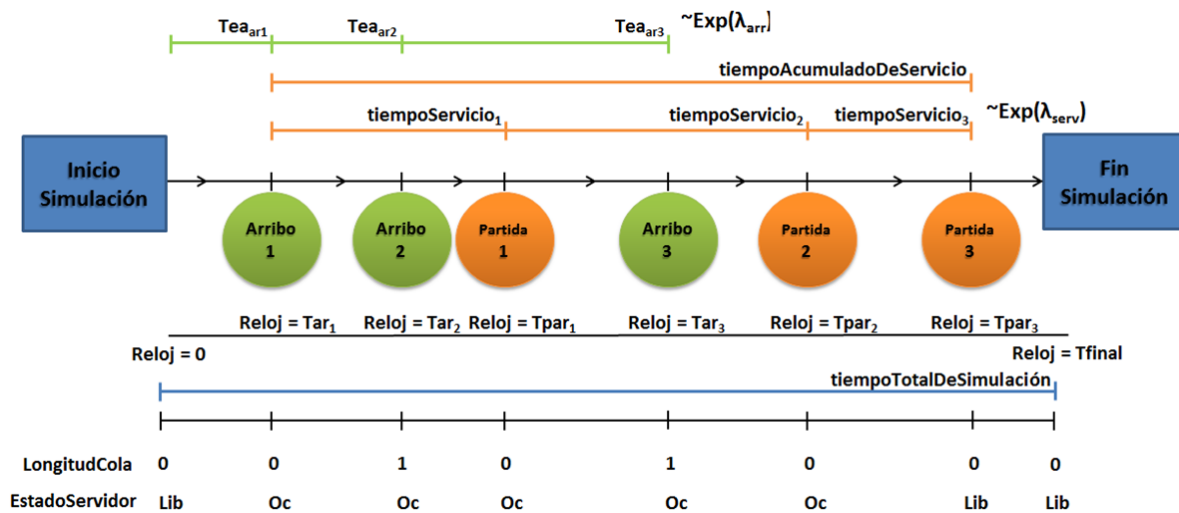


Figura 2: Relación entre el modelo matemático y el modelo de eventos.

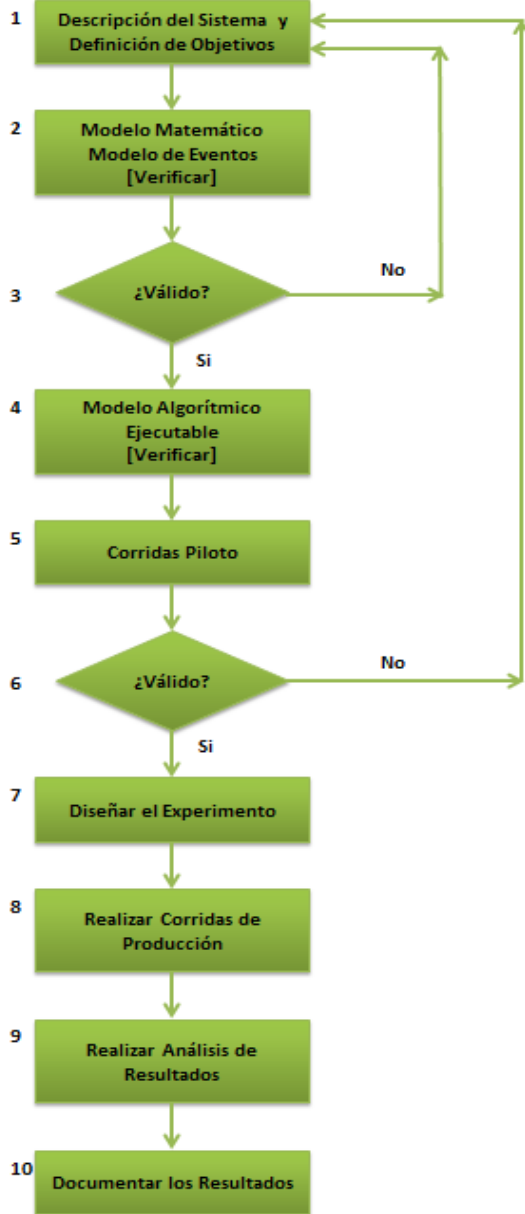


Figura 3: Pasos a aplicar para llevar adelante la metodología propuesta.

Caso de estudio aplicado a un sistema M/M/1

Se puede explicar el método aplicándolo para desarrollar la simulación de un sistema caracterizado como M/M/1 según [14]. Se utiliza este tipo de sistema en virtud de que admite una solución analítica que se

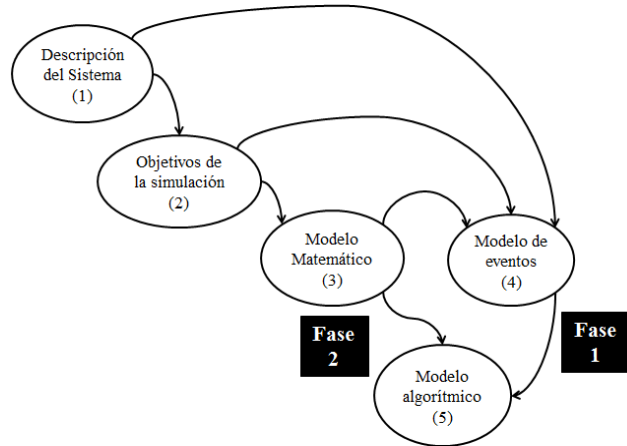


Figura 4: Relación entre los modelos de simulación.

utiliza para validar los resultados obtenidos. Para este sistema interesa estudiar su desempeño para atender a los clientes, por lo tanto, se determinan los elementos detallados en la Figura 4.

Descripción del sistema (1): un sistema de colas M/M/1, tomando como caso de estudio una cabina de venta y carga de tarjetas SUBE para el transporte urbano. Este sistema consta de una cabina con una persona en su interior que realiza la carga de saldo en las tarjetas de los clientes a través de un sistema informático (este último fuera del alcance de este estudio) y vende nuevas tarjetas, siendo esta persona el “servidor” en nuestro ejemplo. En función del objetivo de nuestro estudio que será evaluar el desempeño del sistema para atender a los clientes, se pueden identificar dos variables endógenas: “tiempo entre arribos” y “tiempo de servicio” que asumimos se comportan ambas con distribución exponencial. Los clientes esperan en una única cola. A medida que el servidor se desocupa, los clientes en cola van tomando servicio mediante la política FIFO (del inglés first in first out – primero en entrar primero en salir).

Otra característica importante es que los clientes no abandonan el sistema hasta haber tomado servicio y que una vez que se cumplió el horario de atención el servidor deja de atender independientemente de que haya clientes en cola o no. La población de posibles clientes se considera infinita, así como la capacidad de la cola. Otros eventos que son posibles en el sistema real, tales como caídas del sistema informático, cortes de luz, problemas por lluvias, indisposición de la persona que atiende y otros problemas de este tipo no han sido tenidos en cuenta en función de limitar la complejidad del modelo.

Objetivo de la simulación (2): estudiar el desempeño del sistema para atender a los clientes en base a evaluar la demora promedio por cliente, el número promedio de

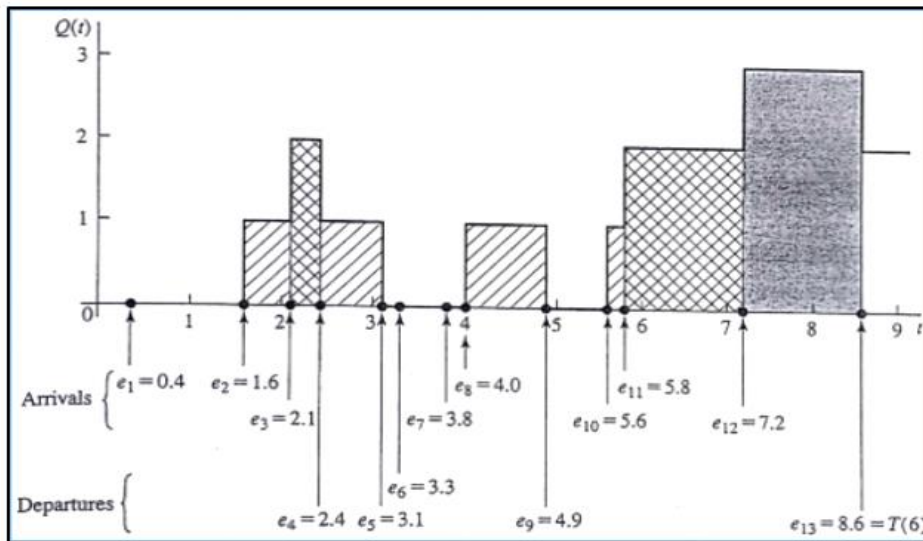


Figura 5: Gráfica de $Q(t)$ [13].

clientes en cola y la proporción de tiempo de utilización del servidor. Es importante destacar que si el objetivo de la simulación fuese otro distinto posiblemente sería necesario modelar otras variables endógenas y otros eventos.

Modelo matemático - Identificación de variables (3): en la Tabla 1 se presentan las variables identificadas en base a la descripción del sistema y a los objetivos del estudio según la metodología propuesta.

Id	Descripción de la variable	¿Es de interés?	Describe / define el func. del sistema (1)	Evalúa el desempeño del sistema (2)	Representa el estado del sistema (3)
Tea	Tiempo entre arribos de los clientes	Si	Si	No	No
Ts	Tiempo de servicio del servidor	Si	Si	No	No
EstServidor	Estado del servidor	Si	No	No	Si
CantCliCola	Cantidad de clientes en cola	Si	No	No	Si
DemPromCli	Demora promedio por cliente	Si	No	Si	No
Di	Demora del cliente i-ésimo en cola	Si	Si	No	No
CantCliComDem	Cantidad de clientes que completaron la demora	Si	No	No	Si
NroCliColPromT	Nro. promedio de clientes en cola	Si	No	Si	No
TiempoTotal	Tiempo total de la simulación	Si	No	No	No
propUtilServ	Proporción de uso del servidor	Si	No	Si	No
Tsi	Tiempo de servicio para el cliente i-ésimo.	Si	Si	No	No

Tabla 1: Variables identificadas en base a la descripción del sistema y el objetivo de estudio.

Modelo matemático (3): para la obtención del modelo matemático se procede según lo detallado en la presentación de la metodología, iniciando el planteo desde las variables de respuesta hasta las variables endógenas. La aplicación recurrente de la definición de cada parte del modelo matemático permitirá, comenzando desde las variables de respuesta, pasar por los contadores estadísticos que eventualmente se

necesiten, para luego encontrar la relación de las variables de entrada o endógenas con los mismos. El modelo obtenido para el presente caso de estudio es el siguiente:

Modelo matemático:

- a) Variables endógenas:
 - i. Tiempo entre arribos: $Tea \sim Exponencial(\alpha_1)$
 - ii. Tiempo de servicio: $Ts \sim Exponencial(\alpha_2)$

- b) Variables de estado

- i. Estado del servidor (EstServidor):

$$EstServidor = \begin{cases} 0 = Desocupado \\ 1 = Ocupado \end{cases}$$

- ii. Cantidad de clientes en cola (CantCliCola):

$$CantCliCola = 0, 1, 2, \dots$$

- iii. Atributos de clientes que están en cola:

$$Cola[n]$$

- c) Variables exógenas

- i. Demora promedio por cliente (DProCli):

$$DProCli = \hat{d}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{CantCliComDem} \quad (5)$$

Donde:

$\hat{d}(n)$: es una estimación de la demora en cola de n clientes que han completado su demora durante la simulación.

D_i : es la demora en cola del i-ésimo cliente

n: es la cantidad de clientes que han completado su demora en cola.

ii. Número de clientes en cola promedio en el tiempo (N_{CliColProT}):

$$N_{CliColProT} = \hat{q}(n) = \frac{\int_0^{T(n)} Q(t) dt}{T(n)} = \frac{\sum Area Q(t)}{TiempoTotal} \quad (6)$$

Donde:

$\hat{q}(n)$: es una estimación del número promedio de clientes en cola

T(n) y TiempoTotal: es el tiempo necesario para atender a n clientes durante la simulación

Q(t): es el número de clientes en cola al tiempo t

Area Q(t): es el área bajo Q(t)

En la Figura 5 se muestra la gráfica de la función Q(t):

iii. Proporción de utilización del servidor (ProUtServ):

$$ProUtServ = \hat{u}(n) = \frac{\sum Ts_i}{T(n)} = \frac{\sum Ts_i}{TiempoTotal} \quad (7)$$

Donde:

$\hat{u}(n)$: Es una estimación de la proporción de tiempo, respecto de la duración de la simulación (desde 0 hasta T(n), en que el servidor permanece ocupado. Asume valores entre 0 y 1.

Ts_i: es el tiempo de servicio calculado para cliente i-ésimo que debe tomar servicio en el servidor.

T(n) y TiempoTotal: es el tiempo necesario para atender a n clientes durante la simulación

Modelo de eventos (4): una vez obtenido el modelo matemático, se continúa con el modelado de eventos. Para ello se procede a completar la planilla de eventos

Id	Descripción del evento	¿Es de interés?	Puede Modificar el valor de:
Arribo	Llegada del cliente al sistema	Si	<ul style="list-style-type: none"> EstServidor CantCliCola
Partida	El cliente abandona el sistema luego de ser atendido	Si	<ul style="list-style-type: none"> CantCliComDem CantCliCola EstServidor

Tabla 2: Eventos identificados en base a la descripción del sistema y a los objetivos de estudio.

propuesta en la presentación de la metodología (ver Tabla 2).

En este modelo de eventos se identifican 2 eventos tipo: arribos y partidas y las flechas que indican cómo se desencadenan unos a otros o a sí mismos.

A continuación, se describen los desencadenamientos (ver Figura 6): a) flecha en zigzag

indica que una entidad externa desencadena un evento a futuro (agenda) por única vez (en general esto se implementa en una rutina que inicializa las variables de la simulación, como se verá al describir el desarrollo del Modelo algorítmico); b) indica que cada vez que se produce un evento arribo (debe agendarse la ocurrencia de otro evento arribo); c) indica que al ocurrir un evento arribo se debe evaluar una condición y si esta es verdadera se debe agendar la ocurrencia de un evento partida; d) indica que al producirse un evento partida se evalúa una condición y si esta es verdadera se agenda un evento partida.

La técnica indica entonces que cuando los desencadenamientos son obligatorios (sin condiciones) se dibujan con una flecha llena y cuando son desencadenamientos condicionales se dibujan con una flecha con línea de puntos. Más detalladamente para este sistema se puede indicar que la condición que se debe cumplir para el desencadenamiento c) es que “el servidor se encuentre en estado desocupado”. Por lo tanto, si el servidor no se encuentra desocupado no se debe agendar

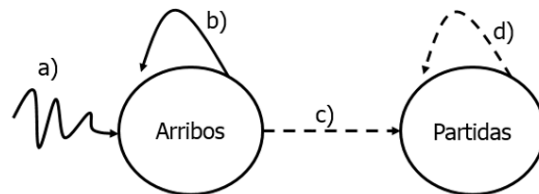


Figura 6: Modelo de eventos.

un evento partida. En el caso del desencadenamiento d) se trata de un evento partida y la condición es “si hay clientes en cola”; si la condición es verdadera, se agenda un nuevo evento partida para el cliente que se saca de la cola y pasa a ser atendido, en caso contrario no se agenda dicho evento.

Modelo algorítmico (5): una vez que se cuenta con 1) el objetivo de la simulación, 2) una descripción suficiente del sistema a estudiar, 3) el modelo matemático y 4) el modelo de eventos es posible desarrollar el modelo algorítmico.

En una primera instancia se expondrá la lógica del algoritmo en pseudocódigo. Además, es necesario destacar que se implementa el uso de la “orientación a eventos” para el desarrollo de este modelo, lo que implica el uso de un algoritmo principal estándar (ver Algoritmo 1) para toda simulación orientada a eventos discretos.


```

//Función o método que genera los eventos y genera los
//proximos eventos. //
Ejecutar Inicialización()

// El fin de la corrida puede ser dado por un tiempo de duración de una
// jornada en la que opera el sistema.//
Mientras no sea fin de la corrida hacer:

//Función o método que actualiza el tiempo de la simulación almacenado
//en la variable Reloj por el tiempo del próximo evento.//
Ejecutar Tiempos()

//La estructura CASE ejecuta la rutina que corresponda según el próximo
//evento tipo a ocurrir.//
Hacer en caso de:

    ProximoEvento es "Arribos":
        //Función o método que procesa el tipo de evento "Arribo"
        Ejecutar Arribos()

    ProximoEvento es "Partidas":
        //Función o método que procesa el tipo de evento "Partidas"
        Ejecutar Partidas()

Fin Hacer

Fin Mientras

//Función o método encargada de calcular y mostrar las variables exógenas.//
Ejecutar Reportes()
    
```

Algoritmo 1: Algoritmo principal.

Algoritmo principal: Este algoritmo permite obtener una observación de cada una de las variables exógenas definidas en el modelo matemático.

Método o función de inicialización: este método asigna los valores iniciales de todas las variables y estructuras de datos definidas en el modelo matemático y otras auxiliares propias del algoritmo. Además, tiene la responsabilidad de generar los primeros eventos, es decir, aquellos que en el modelo de evento están representados por una flecha en zigzag apuntada hacia ellos.

Método o función que actualiza el reloj de la simulación: asigna el nuevo valor de reloj con el tiempo de ocurrencia del próximo evento, implementando el mecanismo de avance en el tiempo correspondiente a intervalos variables.

Si bien esta es la lógica resultante de las rutinas que procesan los eventos, este framework se basa en poder derivar la misma a partir del Modelo de eventos y del Modelo matemático, para ello una vez construidas las rutinas Programa principal, rutina Inicialización, rutina Tiempos y rutina Reporte, es necesario recorrer el modelo de eventos y por cada evento representado en el diagrama por un círculo llevar adelante las siguientes fases:

Fase 1 (ver Figura 4): Identificar cuáles son las flechas que salen del círculo, de esta manera se identifican los desencadenamientos que debe agendar el evento en cuestión. Por lo tanto, si nos paramos en el evento Arribos vemos que salen 2 flechas:

- La que genera otro evento arribo
- La que genera en forma condicional un evento partida.

Teniendo en cuenta estos elementos es posible derivar la siguiente estructura de programa (ver Algoritmo 2):

```

Arribos():
    Generar el próximo evento Arribo [Resuelve el desencadenamiento a)]
    Si está el servidor desocupado hacer: [Implementa la condicionalidad del b)]
        Generar el evento Partida [Resuelve el desencadenamiento b)]
        (1)
    Sino
        (2)
    Fin Si
Fin Arribos
    
```

Algoritmo 2: Algoritmo derivado del modelo de eventos.

De esta manera se ha utilizado el Modelo de eventos para definir la estructura general del algoritmo que procesa el evento Arribos. De la misma manera se debe proceder para obtener la estructura de la rutina que procesa el evento Partidas. Queda por resolver la lógica identificada como {1} y {2} en la fase anterior (ver Algoritmo 2).

Fase 2 (ver Figura 4): en esta fase se hace uso del Modelo matemático de la siguiente manera, posicionado en cada subdivisión de la estructura general se resuelven las siguientes preguntas:

i) Por cada variable de estado, ¿se requiere que sea actualizada? En caso afirmativo se incorpora una línea de código que actualice tal variable

ii) Por cada variable exógena y por cada contador estadístico, ¿se requiere que sea actualizado? En caso afirmativo se incorpora una línea de código que actualice tal contador

iii) ¿Se ha respetado el orden de actualización de las variables de manera que sean coherentes con los cálculos realizados y respetando el Modelo Matemático?

De esta manera se obtienen los siguientes códigos (ver Algoritmo 3 y Algoritmo 4).

```

Arribos():
    Generar el próximo evento Arribo
    Si está el servidor desocupado hacer:
        Generar el evento Partidas
        Poner al servidor en estado ocupado
        Incrementar en 1 la CantCliCompDemora
        Acumular el Tiempo de Servicio en AcumTiempoServicio
    Sino
        Calcular y acumular el Área Q(t) en AcumArea
        Incrementar en 1 la CantCliCola
        Guardar el tiempo en que el cliente ingresa a la Cola
    Fin Si
Fin Arribos
    
```

Algoritmo 3: Rutina que procesa los eventos arribos.

De igual manera se procede con cada evento identificado en el modelo de eventos. Las preguntas de la fase 2 también pueden ser utilizadas como lista de comprobación o checklist para corroborar que han sido contempladas todas las variables de respuesta y sus contadores estadísticos junto con las variables de estado en el Modelo Algorítmico.

Una vez implementado este algoritmo en un lenguaje de programación es posible obtener los valores de las

```

/* Método o función que procesa los eventos del tipo partidas */
Partidas():

    Si hay clientes en Cola hacer:
        Agendar el evento Partida
        Calcular y acumular el Área Q(t) en AcumArea
        Calcular y acumular la demora del cliente en AcumDemora
        Decrementar en 1 la CantCliCola
        Incrementar en 1 la CantCliCompDemora
    Sino
        Poner al servidor en Desocupado
    Fin Si
Fin Partidas
    
```

Algoritmo 4: Rutina que procesa los eventos partida.

variables exógenas o de salida que serán la base para la etapa de análisis de resultados la cual será abordada en trabajos futuros. Independientemente de lo antedicho el framework puede ser utilizado para la obtención de los datos de producción y de manera externa al mismo se puede hacer el análisis de resultados.

Este algoritmo ha sido implementado en el lenguaje Python, lo que ha permitido obtener los resultados de las variables de respuesta a partir de una tasa de arribos y tasa de servicio determinados, validarlos con la técnica basada en la solución analítica detallada a continuación y cuyos resultados han sido satisfactorios.

3. Mecanismo de validación

Se contempla como mecanismo de validación del método aplicado y de los resultados obtenidos, la solución analítica aplicada sobre el modelo matemático. De esta manera es posible obtener los valores reales de las variables de salida cuyos valores son estimados por el resultado de la simulación. En la Tabla 5 se muestran las fórmulas a aplicar.

Medida de Rendimiento	Fórmula General
Número promedio de clientes en cola	$L_q = \frac{\rho^2}{1 - \rho}$
Tiempo promedio de espera en cola	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$
Tiempo promedio de espera en el sistema	$W = W_q + \frac{1}{\mu}$
Número promedio de clientes en el sistema	$L = \lambda * W$
Utilización del servidor	$U = \rho$

Tabla 5: Fórmulas generales de medidas de rendimiento para sistemas M/M/1 según [15]

Con el objeto de poder correr la simulación del sistema en estudio, además de comprobar los resultados arrojados por la solución analítica recientemente presentada, se desarrolló un pequeño sistema en el lenguaje de programación python.

Este sistema permite ingresar la tasa de arribo de clientes y la tasa de servicio del servidor y en base a las expresiones presentadas en la Tabla 5, calcula las medidas de rendimiento respectivas. En la Figura 7 se presentan los resultados para una tasa de arribo de clientes de 1 cliente por hora y una tasa de servicio de 2 clientes por hora.

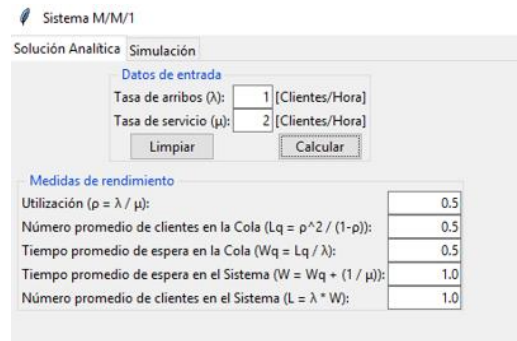


Figura 7: Captura de pantalla del sistema desarrollado en Python (solución analítica).

La sección “Simulación” del sistema desarrollado permite seleccionar diferentes tipos de distribución estadística para los arribos y servicios. Se calcularon los valores utilizando tanto para los tiempos entre arribos como para los tiempos de servicios distribuciones exponenciales. Para ser consistentes con los parámetros ingresados en la sección “Solución Analítica”, se ingresa como tiempo medio entre arribos el valor de 1 hora y para el tiempo medio de servicio el valor 0.5 horas. El sistema permite también la selección del tipo de generador de números aleatorios que se utilizará en la simulación. Se puede seleccionar entre los números aleatorios propios del lenguaje python o números aleatorios generados mediante un generador congruencial lineal que se codificó específicamente para el sistema. Adicionalmente se puede establecer la cantidad de observaciones que se desea obtener y la duración de cada corrida en horas. Se presenta a continuación en la Figura 8 una captura de pantalla de la sección “Simulación” del sistema desarrollado.

Se puede observar que los valores obtenidos mediante la simulación parecen no coincidir con los valores obtenidos mediante la solución analítica. En virtud de ello, para comprobar que la simulación está correctamente desarrollada se procedió a generar un número suficiente de observaciones de las de variables de respuesta (para lograr un intervalo de confianza del 95%) y se graficó la media móvil de las variables de respuesta en función del número de muestras.

A continuación, en las Figuras 9, 10 y 11 se presentan los resultados obtenidos.

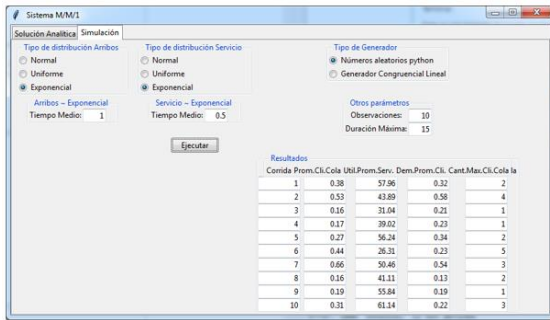


Figura 8: Captura de pantalla sección "Simulación" mostrando 10 resultados con corridas de 15 horas de duración.

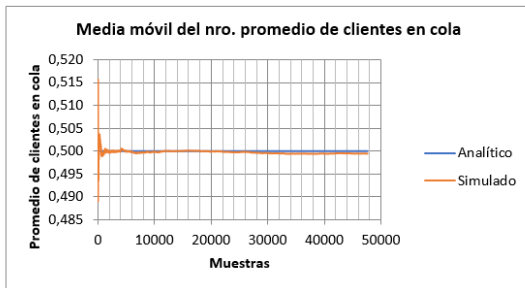


Figura 9: Media móvil del número promedio de clientes en cola (analítico vs. simulado).

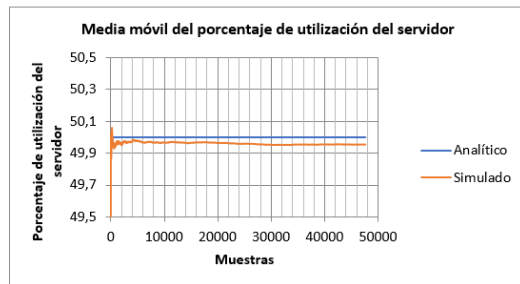


Figura 10: Media móvil del porcentaje de utilización del servidor (analítico vs. simulado).

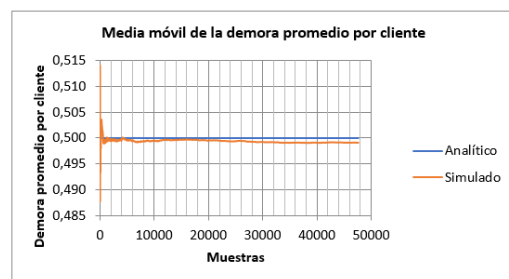


Figura 11: Media móvil de la demora promedio por cliente (analítico vs. simulado).

4. Conclusiones

Se puede concluir que la técnica propuesta es de gran utilidad para elaborar un modelo de simulación completo, haciendo uso de una secuencia de pasos y aplicando una estrategia top-down abarcando primero los aspectos de más alto nivel de abstracción y desarrollando evolutivamente los de menor nivel, de esta manera se obtiene no solo el algoritmo que permite generar observaciones de las variables de salida, sino que se cuenta con un método que permite hacer una verificación de los pasos realizados y por lo tanto aporta un gran valor para que los resultados de la simulación sean creíbles, aspecto este, que ha sido objeto de gran cantidad de trabajos científicos. Adicionalmente se verificó que los valores obtenidos de las variables de respuesta tienden a los valores obtenidos por la solución analítica cuando la cantidad de corridas (muestras obtenidas) tiende a infinito. El análisis de resultados quedó fuera del alcance de este trabajo, planteándose su tratamiento en trabajos futuros vinculados al presente.

5. Referencias

- [1] Schruben, L., "Modeling Systems using discrete event simulation," *Winter Simulation Conference*, 1983, pp. 101-107.
- [2] Som, T.K., Sargent, R.G., "A Formal Development of Event Graphs as an Aid to Structured and Efficient Simulation," *Programs. ORSA J. Comput.*, 1989, 1, pp. 107-125
- [3] Baccelli, F., Cohen G, Oldser G- J. and Quadrat J-P. "Synchronization and linearity: an algebra for discrete event systems," 1992.
- [4] Schruben, L. W., "Building reusable simulators using hierarchical event graphs," *Proceedings of the 27th conference on Winter simulation. IEEE Computer Society*, 1995, pp. 472-475.
- [5] Ingalls, R. G., Morrice, Douglas J. and Whinston A. B., "The implementation of temporal intervals in qualitative simulation graphs," *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)*, 2000, 10 (3), pp. 215-240.
- [6] Sigmawiki.com consultado el 17/10/2018, 2010.
- [7] Furian N., O'Sullivan M., Walker C., Vösner S. and Neubacher D., "A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures," *Simulation modelling practice and theory*, Aug 2015, 56, pp. 82-96.
- [8] Sargent, R.G., "Event Graph Modelling for Simulation with an Application to Flexible

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Manufacturing Systems". *Management Science*, Oct 1988, 34, pp. 1231–1251.

[9] Schruben, L.; Yücesan, E. "Modeling paradigms for discrete event simulation". *Operations Research Letters*, Jun 1993, 13 (5), pp. 265-275.

[10] Yücesan, E., Schruben, L., "Complexity of Simulation Models: A Graph Theoretic Approach," *INFORMS Journal on Computing*, Dec 1998, 10.1, pp. 94–106.

[11] Zeigler B.P., "Hierarchical, modular discrete-event modelling in an object-oriented environment", *Simulation* 49 (5), Nov 1st 1987, pp. 219–230.

[12] Law, A.M. and Kelton, W.D., *Simulation modeling and analysis*, McGraw-Hill, 2000.

[13] Law, A.M., *Simulation Modeling and Analysis*. Fifth Edition - McGraw-Hill, 2015.

[14] Kendall, D. G., "Some problems in the theory of queues," *Journal of the Royal Statistical Society-Series B*, 1951, 13(2) pp.151-185

[15] Kamlesh, N. and Solow D., "Investigación de operaciones: el arte de la toma de decisiones", Prentice-Hall, 1996

Implicit expectations on multiscreen software products

Natalia Andriano, Mauricio Silclir, Diego Rubio

Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Calidad del Software, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Ciudad Universitaria, Maestro M. Lopez esq. Cruz Roja s/n, 5000, Córdoba, Argentina (nandriano, 47920, drubio) @frc.utn.edu.ar

Abstract

The last decade has depicted an exponential growth of software products usage in companies and personal activities. Along with this increased usage, there is also a growing number of users with access to multiple devices and screen types (mobile phones, TVs, computers, smart watches, cars, etc.). This phenomenon generates new software development challenges where Software development companies and engineers need to understand implicit and explicit expectations that this growing base of users have. They also need to respond to this expectation in a cost-effective manner to ensure quality of experience, understanding and developing methods, tools and process capable of achieving such objectives. This paper explores the very first step in this process: understanding the expectations of multiscreen users. This is achieved through bibliographical research on multiscreen development and then validated during interviews designed for assessing this list into real multiscreen product. As a result, a list of implicit expectations was created and validated. The objective of the list is to be an additional input for new projects when defining their scope based on what current multiscreen users expects from multiscreen products.

1. Introduction

The increasing amount of active software users together with the emergence of free access of multi-screen devices to users (being mobile phone the leaders in this area), has started to cause a growing phenomenon on the user requirements.

Software methodologies use requirements as the base for planning and executing the development plans [1] [2]. Nowadays, it doesn't seem to be enough as users have evolved in the way they interact with software products, in tandem with technological advances, causing an evolution

in the expectations these users have of any application: it is not enough for the software to functionally comply with its requirements, but other factors appear such as performance, integration with social networks, and other expectations that have become implicit requirements for almost any software product.

As a result, software development costs tend to grow more and more (even for simple projects), given the increasingly number of implicit requirements, both functional and non-functional, that mark a startup line much higher for software development companies of the industry.

This new user era generates new software development challenges: first, identify their implicit requirements; then, to understand each user and application type; and finally, characterize methods, tools and resources that help reduce development costs and at the same time, to comply with minimum software engineering and user's quality level [3] [4].

2. State of the art

Over the years and since its inception, the software industry has evolved along with new available technologies and devices. A significant amount of great ideas and available knowledge have been identified, about how to effectively develop software, from traditional structured programming [5] to organize work through the best modern development practices, such as agile methodologies [6], iterative models [7], and software development managed by risk and quality [8].

This engineering practices evolution [9] [10] [11] has occurred in: products design, processes and tools that support their creation. Both, processes and products have evolved along with research and invention [12] [13] [14].

Recently, there has been a new technology paradigm shift that presents new challenges for software

development. As mentioned by Business Insider [15] in its recent studies, mobile devices and tablets sale have exceeded computers'. Likewise, Gartner, in its 2018 report, [16] shows the large number of mobile devices sold and the prediction of growth in the industry. In addition, researches have shown that a significant percentage of people use "the mobile web" from the comfort of their home [17] [18] [19] [20].

Thus, user experience offered by each product starts to have more relevance, and for this reason, different development methods and strategies begin to rise new concepts and technologies. One of those concepts is "responsive design".

Ethan Marcotte [21] has introduced the concept of Responsive Web Design (RWD). Responsive web design is an approach to web design that makes web pages render well on a variety of devices and window or screen sizes. Recent work also considers the viewer proximity as part of the viewing context as an extension for RWD. However, certain web designers [22] argue against this approach, suggesting that different devices should always be served different markup. In a lengthy blog post, mobile developer James Pearce [23] questions the merits of responsive design. Jeff Croft [24] puts it much more succinctly: By large, mobile users want different things from your product than desktop users do. If you're a restaurant, desktop users may want photos of your place, a complete menu, and some information about your history. But mobile users just want your address and operating hours.

Responsive Web Design has, in short time, become a common method to create websites that automatically adapt the layout to different screen sizes. The number of mobile devices with web access is constantly increasing and screen sizes are becoming both smaller and larger at the same time [21]. Many companies and organizations have responded to this development by creating mobile-tailored versions of their websites. However, the sheer number of devices makes it difficult to design for all the available screen sizes. There is, therefore, a need for websites that are adaptive and accessible regardless of the device used [25]. Critique brought up is the issue with poor performance and long load times in responsive websites [26][27]. Both Google [28] and Yahoo [29] mentioned that, in order to avoid a dramatic increase in load time, it is important to reduce the number of requests to the server. Users are willing to wait for only about 2 seconds for simple information retrieval tasks on the web [30]. Joel Nandorf [25] has identified the following techniques to cope with poor performance: Image Optimizer, Responsive Images, Optimizing JavaScript and CSS, Lazy Loading.

Gomez [31] reports that 60% of web users expect a website to load on a mobile phone in 3 seconds or less and that 74% are only willing to wait 5 seconds or less before leaving the site. Moreover, half of the mobile web users are unlikely to return to a website that they had trouble accessing.

However, the application's ability to be responsive to every screen the user is accessing to is not the only UI requirement to be considered when designing an application. Tao Dong, Elizabeth F. Churchill, Jeffrey Nichols [32] mention the challenges to design and develop multiscreen applications: The difficulty in designing interactions between devices, the complexity of adapting user interfaces to different platform UI standards, the lack of tools and methods for testing multi-device user experiences.

The increasing availability of mobile technologies also generated a diversification in the way and the contexts in which these mobile devices are used. Nicola Thompson [33] and Luke Wroblewski [18] comment on the diverse use of different devices and the number of users for each of them. They also mention the great growth in the use of these devices when doing almost any activity (shopping, watching TV, shopping, etc.).

Given this diversification, users not only expect to be able to access their applications from different types of devices (expecting the application to adapt to each of those devices, of course), but their expectations evolve requiring the tailoring of it to every screen, not only in size and the way in which the UI is displayed, but also in the functionalities available in each type of device. And of course, they expect that the flow of use of each application is designed to accept different types of uses depending on each device. In Kaavya Seethamraju [34] words, we are faced with the need to have mobile skills to grant users the information requested where and when they request it.

On the other hand, Christophe Stoll [35] mentions 6 different multiscreen-development patterns: coherence: a digital product or service looks and works coherently across devices, features are optimized for specific device characteristics and usage scenarios; synchronization: devices are always in sync; screen sharing: multiple screen share a single source; device shifting: users can shift content from one device to another; complementary: devices are complementary to each other; simultaneity: devices are being used simultaneously. In a similar way Michal Levin [36] proposes 3 terms to take into account for multi-screen applications development: 1) Consistent experience: the experience is replicated in different devices in terms of content, flow, structure and main

behavior, some adjustments are made to accommodate to the specific characteristics of the devices (mainly the size of the screen and the interaction model); 2) Continuous experience: the experience moves between devices, through the same action or following a sequence of actions and 3) Complementary experience: the devices can be completed between them (information / functionality) creating a new type of experience as a connected group, there are two types of relationships: collaboration and control.

3. Methods and Materials

Before starting to study how to make the software process development more efficient to fulfill user's new expectations, it is necessary to understand them. As a result, software products can be planned and designed better using adapted development processes and techniques.

In order to fully understand the user's new expectations, the following steps were followed:

1. Bibliographic research to identify a list of preliminary implicit expectations
2. Research cross-check verification with Multiscreen Technical group
3. Interviews were conducted to subject matter experts to validate the list.

As a starting point, a bibliographic research has been conducted in order to identify which are the user's expectations common factors. The output of this research was a preliminary list of implicit multiscreen expectations. In order to better structure these expectations ISO 9126 [37] and ISO 25000 [38] have been used as framework guidelines.

As a complementary step, we met with the Multiscreen Technical Group [39], which one of the main activities of the is to investigate on the requirements and expectations of multiscreen applications, among others. The objective of the meeting was to review the preliminary list and verify it with the group's investigations and then it was approved.

As a third step, a series of interviews were conducted on some of the multi-screen software products a Software company is working on. The purpose of the interviews is to validate the **preliminary list against real projects**. Interviews elicit detailed information from individuals. In order for them to be applied correctly social communications abilities, listening and interview strategy are needed. Four phases are defined for conducting an interview [40]:

- Step 1: Stakeholders selection for interview: four different projects were selected to be included into this study. All selected projects have the following characteristics: implement multiscreen development; people assigned to the projects work in Cordoba – Argentina; development methodology used to manage these projects is SCRUM [41]; two of them are being developed for local customers and two for foreign ones; two different roles for each project were selected for the interview, a Scrum master and a developer/tester - the scrum master because he is the person that leads the team and needs to make sure that every committed requirement is delivered to the customer in time and within budget and the developer/tester as he is the responsible of implementing the requirement - both roles are aware of the features implemented into the projects and the real need of them; the cycle time of the selected projects is higher than 6 month in every case.
- Step 2: Prepare for the interview: The objective of the interview, as mentioned above, was to identify if the list of implicit expectations applies to real projects or not; in case the expectation applied the objective was to verify if it was implemented or not. The interviews were planned a "Semi-Structured", a series of four contextual questions were made (in order to validate the characteristics of the project) and twenty-two specific questions (one for each implicit expectation identified within the preliminary list) were asked; at the end of the interview the interviewee had a chance to comment on any of the questions or make any clarifications, if needed. The interview duration was planned to be an hour and appointments were sent to assure the interviewee's availability. Before conducting the interviews, a pilot interview was carried out. The CEO of the company was selected for the pilot. During this session all of the identified questions were reviewed and answered, and some suggestions were identified and then added to the interview guide.
- Step 3: Conduct the interview: each interview was held as a semi-structure one, as mentioned previously, were questions were asked and the interviewee responded to them. The series of interviews lasted one month (from the first interview until the last one). Notes were taken as part of each one of them.
- Step 4: Follow-up: All answers were written down and then an email with the responses was sent to each interviewee in order to re validate

their answers. There were some situations where the answers of the scrum master didn't match to the developer/tester's, in those cases a second interview with both roles took place to clarify the answers.

After all interviews took place, analysis of the results was done, and a comparative table was created.

3.1. Implicit Expectations

This section presents the list of implicit expectations identified and validated in real projects.

A. Portability / Adaptability

Characterizes the ability of the system to change to new specifications or operating environments [37] [38].

Table 1. Portability / Adaptability expectations

ID	Implicit Expectation
A.1	The application layout shall adapt to multiple device screens [35] [42] [21] <ul style="list-style-type: none"> • Tablet • Mobile • PC • TV • Smartwatch • Others
A.2	The application shall adapt images that are being showed (show different images, with different sizes) depending on the size of the screen of the current device (i.e. not simply scale down the images to adapt its size to the screen) [32] [43] [20] [19] [42] [21] [44]
A.3	The application shall work in all the main platforms [16]: <ul style="list-style-type: none"> • iOS • Android • MacOS • Windows • Web • Others
A.4	The relevance of the applications shall be high enough, so it shows up within the first pages of the main search engines. It shall comply with the following development good practices [43]: <ul style="list-style-type: none"> • Search Engine Optimization (SEO), keywords, metadata description, tags

A.5	The application shall recommend the download of the mobile application [53]
A.6	The application shall manage advertisements [45]
A.7	The application shall provide the user the ability to analyze data through different filters and queries [46].

B. Functionality / Interoperability

A given software component or system does not typically function in isolation. This sub characteristic concerns the ability of a software component to interact with other components or systems [37] [38]

Table 2. Functionality / Interoperability expectations

ID	Implicit Expectation
B.1	The application shall allow signing in through the main social networks [46] <ul style="list-style-type: none"> • Facebook • Google • Twitter • Others
B.2	The application shall support single sign-on [47]
B.3	The application shall keep user's profile information and keep all user's devices synchronized [3] [4]
B.4	The application shall allow the user to share information within different social networks [48]

C. Usability / Operability

Ability of the software to be easily operated by a given user in a given environment [37] [38]



Table 3. Usability / Operability expectations

ID	Implicit Expectation
C.1	The application shall be accessible to all users, regardless any kind of disability, such as visual impairment, auditory impairment, motor or dexterity impairment [49].
C.2	The application shall be available everywhere, regardless of the location of the user. [35] [34]
C.3	The application shall make recommendations to the user based on the user's specific profile. [50]

D. Usability / Learnability

Learning effort for different users. I.e. novice, expert, casual, etc. [37] [38]

Table 4. Usability / Learnability expectations

ID	Implicit Expectation
D.1	The application shall be self-explained, intuitive enough to allow the user to understand its features and how to use it in a first glance. [43]
D.2	The application shall follow the standard graphic and usability design patterns for each software platform. [21]. For example, sharing icon: <ul style="list-style-type: none"> • iOS sharing icon  • Android sharing icon 

E. Efficiency / Time behavior

Characterizes response times for a given throughput, i.e. transaction rate. [37] [38]

Table 5. Efficiency / Time behavior expectations

ID	Implicit Expectation
E.1	The application shall be accessed within 2 seconds from the user's request. [51] [25] [30]

F. Efficiency / Resources utilization

Characterizes resources used. I.e. memory, CPU, disk and network usage [37] [38]

Table 6. Efficiency / Resource utilization expectations

ID	Implicit Expectation
F.1	The memory consumption of the application shall not exceed a predefined value of the total available memory of the device.
F.2	The battery utilization of the application shall not exceed a predefined value of the total battery consumption of the device.

G. Functionality / Security

This sub characteristic relates the unauthorized access to the software functions.

Table 7. Functionality / Security expectations

ID	Implicit Expectation
G.1	The application shall protect user's data. [52]
G.2	The application shall maintain user's data backup (persistency) [52]

H. Portability / Installability

Characterizes the effort required to install the product [37] [38]

Table 8. Portability / Installability expectations

ID	Implicit Expectation
H.1	The application shall be updatable [53] [54]

3.2. Expectations applied to actual products

The list of expectations was assessed from an industrial point of view, in order to get information about its accuracy. In this step, 4 projects developed by a Software companies with multiple multinational customers was used. Below is a short description of each of the products. Please note that the projects' name are not mentioned on this paper as Confidential Agreements were signed with the corresponding customers.

Project A is a software product developed to provide real-time factory dashboard of process quality and equipment utilization in order to improve the quality and cycle time of manufacturing processes (a.k.a. IIOT – Industrial Internet of Things). It is a platform for creating host-side applications that connect to manufacturing equipment. It features a routing architecture enabling multiple factory applications to access an equipment. Equipment access must be done through different devices i.e.: tablet, pc, phone (chrome and IE11).

Project B is a multiplatform communications tool that delivers mobile voice & video VoIP calling, cellular call integration, rich conferencing, instant messaging, presence, visual voicemail, corporate directory access and enterprise call logs. It is a single compelling, mobile-first user experience with support across mobile, desktop and

browser that delivers enterprise class telephony and persistent, multi-device instant messaging and team collaboration. It has an advanced browser / cloud application integration including full no-software (Web RTC) for voice, video, IM, presence, and team collaboration.

Project C is an app, which can be accessed from a cell phone or tablet, at any time and place of the day, its partners will have access to different functionalities relative to social security and insurance. The aim of the application is to offer to its partners more autonomy, security and speed of response in their dealings. It is developed for Apple iOS Platforms (iOS 10, 11, 12).

Project D is mobile app that allows users to play live-radio. The main objective of this project is to improve audience experience. The improvements refer to the implementation of revolutionary features such as “rewind live” streaming so users revisit their favorite radio shows. This feature also enabled the opportunity of adding new ads into revisited ads opportunities segments. Also, users were allowed to delay live audio some seconds in order to synchronize audio from radio with video from other sources in sport events, this enabled to win a bigger audience share

4. Results

The comparison of each of the selected products against the list of implicit expectations gathered in previous sections is done based on 3 results:

- ✔ Expectation has been identified for the product, and its part of its current scope
- ✘ Expectation is not being tracked as part of the product’s scope, but it could be applied
- ⊘ Expectation does not apply to the product

Table 9. Project results

Implicit Expectation	A	B	C	D
A.1 The application layout shall adapt to multiple device screens	✔	✔	✔	✔
A.2 The application shall adapt images that are being showed depending on the size of the screen of the current device	✔	✔	✔	✔
A.3 The application shall work in all the main platforms	✘	✔	✔	✔

Implicit Expectation	A	B	C	D
A.4 The relevance of the applications shall be high enough so it shows up within the first pages of the main search engines.	⊘	⊘	⊘	✘
A.5 The application shall recommend the download of the mobile application	✘	✔	✘	✘
A.6 The application shall manage advertisements	⊘	⊘	⊘	✔
A.7 The application shall provide the user the ability to analyze data through different filters and queries	✔	✔	✔	✔
B.1 The application shall allow signing in through the main social networks	⊘	✔	⊘	✔
B.2 The application shall support single sign-on	✔	✔	⊘	⊘
B.3 The application shall keep user’s profile information and keep all user’s devices synchronized	✔	✔	✘	⊘
B.4 The application shall allow the user to share information within different social networks	⊘	⊘	⊘	✔
C.1 The application shall be accessible to all users, regardless any kind of disability, such as visual impairment, auditory impairment, motor or dexterity impairment	✘	✔	✘	✘
C.2 The application shall be available everywhere, regardless of the location of the user.	⊘	✔	✔	✔
C.3 The application shall make recommendations to the user based on the user’s specific profile	⊘	⊘	⊘	⊘
D.1 The application shall be self-explained, intuitive enough to allow the user to understand its features and how to use it in a first glance	✔	✔	✔	✔
D.2 The application shall follow the standard graphic and usability design patterns for each software platform	✔	✔	✔	✔

Implicit Expectation	A	B	C	D
E.1 The application shall be accessed within 2 seconds from the user's request	✓	✓	✗	✓
F.1 The memory consumption of the application shall not exceed a predefined value of the total available memory of the device	✓	✓	✗	✓
F.2 The battery utilization of the application shall not exceed a predefined value of the total battery consumption of the device	✓	✓	✗	✓
G.1. The application shall protect user's data.	✓	✓	✓	✓
G.2. The application shall maintain user's data backup (persistency)	✓	✓	✓	✓
H.1 The application shall be updatable	✓	✓	✓	✓

4.1. Additional notes on the results obtained

From the results above, it can be seen that some items are already being considered by all the products assessed. This is the case of expectations A1, A2, A7, D1, D2, G1, G2 and H1.

Then, there are some implicit expectations that, even though they are not already considered in the current product's scope, it was stated that those items would make sense for the product and that would be expected by users of the product. This is the case of expectations A3, A5, C1, E1, F1 and F2.

Finally, there is a group of implicit expectations that would not apply directly to the scope of some products.

For the items A.4 and A.6, it was identified that, even though the expectation exists, the way to find those products is not usually through a wide search, but from targeted advertisement (users coming from related products or tied to certain tools that integrate with the evaluated product). This expectation would apply to certain types of products.

B.1 was gathered as an important expectation. However, its applicability is not evident when the product is not targeted to end users but are designed for the enterprise.

B2, centralize sign in, is usually required on applications providing more than one service. Products C and D only provide one main service, reason why having centralized sign in doesn't make sense for the products.

In the case of B3, the only case where it doesn't apply is for project D. This is mainly because there is no specific request for the user to be logged-in within the app, reason why there is not data or preferences to synchronize.

B4, sharing through social networks, doesn't seem to fit applications used on an enterprise environment. In the case of products A and C, those are products targeted to internal usage, where sharing information to the outside through social networks is not feasible. Product B is available to end users. However, it's designed to be used as part of an enterprise environment, where the sharing rules are also restrictive.

C.2 applied in 3 of the products assessed, and actually is already part of the current product's scope. However, product A is only required to work locally on a factory. Although having access to the product from every place would not hurt, there is no real use case to make the investment.

Finally, even when C.3 was identified as an implicit expectation in several areas, the assessed projects showed that they don't have the need to implement it.

Recommendations based on user profile is seen in products targeted to end users, related to content consumption. From the products analyzed, the only one related to content consumption is product D. However, it's based on a radio station, which service and users targeting is not ruled by the app itself but by the actual radio station services

5. Conclusions

Starting from the user new phenomenon outlined earlier, this paper describes the very first step on the research for software development challenges: the identification of implicit expectations for current contemporary multiscreen software development.

Based on bibliographical reviews a list of expectations was created, then the list was validated over interviews to multiscreen project product owners.

From the analysis done in this research it's possible to conclude that there is a set of implicit expectations that apply not only to multiscreen applications but to almost every general application like A.4, A.5, A.6, A.7;

furthermore, there are implicit expectations that apply to multi-screen products in general, no matter the type of product or type of users targeted. That's the case of items A1, A2, A7, D1, D2, G1, G2 and H1.

In addition, there are items that, even though they apply to a wide range of multi-screen products, they have not been considered as part of the scope of the products assessed. However, for this subset of expectations, it was found out that those items would actually be expected by the product users, so they should've been incorporated to the product. This in fact implies that the presented list can be used by multi-screen product owners as an input to validate that users' expectations are covered.

Finally, there are implicit expectations that did not apply to the evaluated products. The conclusion from that analysis is that some items only apply to certain types of products or certain types of users, opening a new potential research branch, so as to understand what context information would help to determine which expectations apply to each product, forming a taxonomy of implicit requirements based on types of products and types of targeted users.

6. Future work

As part of the new software development challenges stated previously, there are a few new lines of research that could be followed.

There were some areas of expectations that seemed to be more applicable to some products than others. Generating some sort of taxonomy of product types with the subset of implicit expectations that apply to each type of product could be generated, so as to make it easier to apply the list to each particular project.

As another line of investigation, it would be interesting to add some analysis about expectations from a business perspective. One example of this category would be the item "A.6 The application shall manage advertisements", which might not be an important item from an end user's point of view but may be key for making a product profitable.

Finally, based on a list of expectations, there would be room to research on how to actually implement each of the items above, looking for reusable solutions that could be applied to all new products, so as to shorten the time to market and reduce costs. This would include characterizing methods, tools and resources that help reduce development costs and at the same time, complying with minimum software engineering and user's quality level.

7. References

- [1] IEEE, «Standards Coordinating Committee of the Computer Society of the IEEE.» 1998.
- [2] S. E. Institute., «CMMI for Development, Version 1.3. Massachusetts : CMMI Product Team, 2010.» 2010.
- [3] N. Wolfram., «Designing for Multiscreen—Think Multiscreen.» 2014. [En línea]. Available: <https://medium.com/@wolframmagel/title-designing-for-multiscreen-92d14a67749>.
- [4] N. Wolfram, Multiscreen UX Design 1st Edition., ISBN: 9780128027509. Paperback ISBN: 9780128027295, 2016.
- [5] E. W. D. C. A. R. H. Dahl, Structured Programming;Academic Press, 1972.
- [6] S. W. (. Ambler, «Agile Modeling Best Practices,» 2013.
- [7] M. Rouse, «Iterative Development,» 2008. [En línea]. Available: <https://searchsoftwarequality.techtarget.com/definition/iterative-development>.
- [8] SPEM, «Software & Systems Process Engineering Meta?Model Specification,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.omg.org/spec/SPEM/About-SPEM/>.
- [9] J. Humble, «Continuous Delivery,» 2017. [En línea]. Available: <http://continuousdelivery.com/>.
- [10] J. C. Huang, Software and Systems Traceability, ISBN 978447122395, 2012.
- [11] J. Humble y D. Farley, Continuous Delivery: Reliable Software Releases through Build, Test, and Deployment Automation, Addison? Wesley Signature Series (Fowler) ISBN?13: 978?0321601919 ISBN?10:0321601912, 2011.
- [12] D. F. Rico, ROI of Software Process Improvement, (Foreword by Roger S. Pressman). s.l. : J. Ross Publishing, Inc., January 2004. ISBN: 1?932159?24?X., 2004.
- [13] I. Sommerville, Software Engineering (9th Edition)., Madrid: Addison Wesley., 2010.
- [14] M. I. Watts S. Humphrey, Software Process Modeling: Principles of Entity Process Models. Pennsylvania: ACM, 1989.
- [15] B. Insider, 16 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.businessinsider.com/what-the-internet-of-things-will-need-to-really-work-2014-5>.

- [16] «Gartner,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3870783>.
- [17] T. F. Cast, «The Fone Cast,» 2017. [En línea]. Available: <https://thefonecast.com/News/EntryId/3602/Mobile-shopping-is-popular-when-watching-TV-says-Orange-UK-research>.
- [18] L. Wroblewski, «When & Where Are People Using Mobile Devices?,» 02 2011. [En línea]. Available: <https://www.lukew.com/ff/entry.asp?1263>.
- [19] C. S. Aryal, «Design Principles for Responsive Web,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/85995/The%20Design%20Principles%20for%20Responsive%20Web%20Final%20version%203.pdf;jsessionid=D87580A3946A9498954EE87A674A806C?sequence=1>.
- [20] D. Raggett., «Responsive Design,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.w3.org/2013/Talks/responsive-design.pdf>.
- [21] E. Marcotte, «RESPONSIVE WEB DESIGN,» 2011. [En línea]. Available: [https://www.reposol.be/sites/reposol.beta.the-aim.be/files/responsive-webdesign\(ethan-marcotte\).pdf](https://www.reposol.be/sites/reposol.beta.the-aim.be/files/responsive-webdesign(ethan-marcotte).pdf).
- [22] T. Brown, Flexible Typesetting, ISBN: 978-1-937557-70-6, 2018.
- [23] J. Pierce, «Not a mobile web, merely a 320px-wide one,» 10 2010. [En línea]. Available: <http://tripleodeon.com/2010/10/not-a-mobile-web-merely-a-320px-wide-one/>.
- [24] J. Croft, «A list apart,» 2007. [En línea]. Available: <https://alistapart.com/article/frameworksfordesigners>.
- [25] J. Nandorf, «Responsive Web Design,» 2013. [En línea]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/3050/a79337cd73a501cb390f905dde9bcc97dbbf.pdf>.
- [26] J. Grigsby, «CSS Media Query for Mobile is Fool's Gold,» August 3, 2010. [En línea]. Available: <https://cloudfour.com/thinks/css-media-query-for-mobile-is-fools-gold/>.
- [27] Podjarny, «Responsive and fast - Implementing high-performance responsive design,» 2014. [En línea]. Available: <https://www.akamai.com/us/en/multimedia/documents/secure/responsive-and-fast-implementing-high-performance-responsive-design-white-paper.pdf>. [Último acceso: Retrieved April 19, 2013, from].
- [28] Google, «Make the Mobile Web Faster,» Retrieved April 24, 2013,. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/speed/articles/mobile?hl=sv>.
- [29] Yahoo, «Best Practices for Speeding up Your Website,» 2013. [En línea]. Available: <http://developer.yahoo.com/performance/rules.html>.
- [30] N. F., «A Study on Tolerable Waiting Time: How Long are Web Users Willing To Wait? Behaviour & Information Technology,» 2004. [En línea]. Available: http://sighci.org/uploads/published_papers/bit04/bit_nah.pdf.
- [31] Gomez, «What Users Want from Mobile,» Retrieved April 24, 2013. [En línea]. Available: http://www.gomez.com/wpcontent/downloads/19986_WhatMobileUsersWant_Wp.pdf.
- [32] E. F. C. J. N. Tao Dong, «Understanding the Challenges of Designing and Developing Multi-Device Experiences,» 2016. [En línea]. Available: <https://alistapart.com/article/responsive-web-design>.
- [33] N. Thompson, «How mobile-ready are corporate websites?,» 03 2012. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/WebMgrs/how-mobileready-are-corporate-websites>.
- [34] K. Seethamraju., «Offline access to information anywhere, anytime,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.innovapptive.com/blog/offline-access-to-information-anywhere-anytime/>.
- [35] C. Stoll., «Multiscreen Patterns,» 2011. [En línea]. Available: <http://previous.precious-forever.com/2011/05/26/patterns-for-multiscreen-strategies/>.
- [36] L. Michal, «Designing Multi-Device Experiences,» 2017.
- [37] ISO/IEC, «ISO9126 Software engineering –Product quality,» 2002.
- [38] I. 25000, «Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Guide to SQuaRE,» 2014.
- [39] M. T. Group, «www.simtlx.com,» 2017. [En línea]. Available: http://www.simtlx.com/wp-content/uploads/2017/11/SimTLiX_Multiscreen_Development-261017.pdf.
- [40] WordPress, «REQUIREMENTS TECHNIQUES,» 2018. [En línea]. Available: <https://requirementstechniques.wordpress.com/elicitation/interview/>.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [41] S. Alliance, «What is scrum?,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.scrumalliance.org/>.
- [42] E. Marcotte, «Responsive Web Design,» 2010. [En línea]. Available: <https://alistapart.com/article/responsive-web-design>.
- [43] C. Petterson, Learning Responsive Web Design., O'Reilly Media ISBN: 144936294X / 9781449362942, 2014.
- [44] J. Karlsson, «Responsive web design with CSS frameworks - Thesis.,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:721576/FULLTEXT01.pdf>.
- [45] Apple, «Apple App Store Review Guidelines,» 2018. [En línea]. Available: <https://developer.apple.com/app-store/review/guidelines/#performance>.
- [46] I. P. Elmqvist Niklas, «Ubiquitous Analytics: Interacting with Big Data Anywhere, Anytime.,» IEEE, 2013. [En línea].
- [47] D. Drinkwater, «What is single sign-on? How SSO improves security and the user experience,» [En línea]. Available: <https://www.csoonline.com/article/2115776/authentication/what-is-single-sign-on-how-sso-improves-security-and-the-user-experience.html>.
- [48] «Facebook,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.facebook.com/workplace/partners#integrations>.
- [49] D. G. A. B. R. D. Meggin Kearney, «Web fundamentals,» 2018. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/web/fundamentals/accessiblebility/>.
- [50] N. Wolfram, Multiscreen UX Design: Developing for a Multitude of Devices., ISBN-13: 978-0128027295. ISBN-10: 0128027290, 2015.
- [51] W3C, «Mobile Web Best Practices .,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.w3.org/TR/mobile-bp/>. 29 July 2008.
- [52] ENISA, «Privacy and data protection in mobile applications.,» www.enisa.europa.eu, 2017.
- [53] J. L. Dan Osterberg, «Rethinking Software Updating; Concepts for Improved Updatability. TUCS Technical Reports 550.,» Turku Centre for Computer Science, 2003., 2003. [En línea]. Available: http://tucs.fi/publications/view/?pub_id=tOsJ03a.
- [54] BuildFire, «Mobile App Development Blog,» [En línea]. Available: <https://buildfire.com/how-often-should-you-update-your-app/>. [Último acceso: 10 09 2018].

Expressing Early Behavior Specifications with Branching Visual Scenarios

Fernando Asteasuain^{1,2}, Federico Calonge¹, Federico D'Angiolo¹, Federico Diaz¹, Pablo Gamboa²
{fasteasuain,fcalonge,fediaz,fdangiolo}@undav.edu.ar, pablodaniel.gamboa@alumnos.uai.edu.ar
¹Universidad Nacional de Avellaneda, España 350, Avellaneda, BsAs.
²UAI-CAETI

Abstract

Branching logics enable the software engineer to express interesting type of properties and feature more efficient algorithms for model checking than linear logics. In this work we present an extension of the FVS language (based on a linear representation of systems' execution) in order to contemplate branching properties. The formal semantics of this extension, named Branching FVS, is also introduced in this work. As a case of study we model the behavior of a FLASH memory test chip, a classical hardware verification example. This is a particular domain where branching logics are heavily used to specify the expected behavior of systems.

1. Introduction

Early specification of behavior has been pinpointed by the community as one of the main problems to be addressed to consolidate the transference of software formal validation and verification techniques such as model checking [5] from the academic to the industrial world [11, 10]. In this context, the specification language chosen to describe the expected behavior of the system is a key factor. Most of the approaches rely on temporal logics as the formalism used to specify behavior. However, usability and expressivity of temporal logics have been challenged by several approaches. A plethora of extensions have been proposed [1-4] in order to provide more expressive or more user friendly formalisms. Among them, FVS [4-5] results in an attractive option. FVS is a declarative language based on graphical scenarios and features a flexible and expressive notation with clear and solid language semantics. FVS expressivity is a distinguished characteristic among declarative approaches since it is able to denote Ω -regular properties, being for example, more expressive than LTL (Linear Temporal Logic) [4]. In [5] all the specification patterns [6] were modeled in FVS, and their specification was compared against other notations. The results showed that FVS specification turn out to be more succinct and easier to manipulate and validate. Furthermore, a tool named GTxFVS was developed

giving support to all FVS's features [7]. However, FVS only contemplates linear specifications leaving out the possibility to denote branching properties. Branching flavored specifications represents an important way of reasoning when dealing with early behavior of systems. As explained in [8] one of the major aspects of all temporal languages is their underlying model of time. In linear temporal logics, time is treated as if each moment in time has a unique possible future. Thus, linear temporal logic formulas are interpreted over linear sequences and we regard them as describing a behavior of a single computation of a program. In branching temporal logics, each moment in time may split into various possible futures. Accordingly, the structures over which branching temporal logic formulas are interpreted can be viewed as infinite computation trees, each describing the behavior of the possible computations of a nondeterministic program. In the linear temporal logic LTL, formulas are composed from the set of atomic propositions using the usual Boolean connectives as well as the temporal connective G ("always"), F ("eventually"), X ("next"), and U ("until"). These temporal connectives can be seen as state quantifiers. The branching temporal CTL augments LTL by the path quantifiers E ("there exists a computation") and A ("for all computations"). So, in CTL every temporal connective is preceded by a path quantifier [8].

Although in terms of expressiveness linear and branching temporal logics are not comparable (there are properties specified in LTL that cannot be expressed in CTL and vice versa) [8] specific aspects in where one of the two outlines the other one can be stated. Most of the specifications and formal validations in domains such as hardware design are done through the use of branching logics [3, 8-10]. In addition, branching logics result in more efficient model checking given the complexity of the algorithms involved. Suppose we are given a transition system of size n and a temporal logic formula of size m . For the branching temporal logic CTL, model-checking algorithms run in time $O(nm)$ [12], while, for the linear temporal logic LTL, model-checking algorithms run in time $n2^{O(m)}$ [11]. Since LTL model

checking is PSPACE-complete [13], the latter bound probably cannot be improved [8].

Given this context in this work we present an extension of FVS named Branching FVS based on branching temporal logics. A new branching semantic of the language is introduced and Branching FVS specifications are given in the hardware design world modeling the behavior of a FLASH memory test chip, an example taken from the literature [3].

The rest of the paper is structured as follows. Section 2 describes Branching FVS main features whereas Section 3 introduces the formal semantics of the language. Section 4 analyzes the case of study and Section 5 presents the conclusions of the work. Finally, Section 6 mentions Future Work and Section 7 discusses Related Work.

2. Branching FVS Main Features

In this section we will informally describe the standing features of Branching FVS, a simple branching extension of the FVS language [4-5]. The reader is referred to the next section for a formal characterization of the language. FVS is a graphical language based on scenarios. Scenarios are partial order of events, consisting of points, which are labeled with a logic formula expressing the possible events occurring at that point, and arrows connecting them. An arrow between two points indicates precedence of the source with respect to the destination: for instance, in Figure 1-a A-event precedes B-event. We use an abbreviation for a frequent sub-pattern: a certain point represents the next occurrence of an event after another. The abbreviation is a second (open) arrow near the destination point. For example, in Figure 1-b the scenario captures the very next B-event following an A-event, and not any other B-event. Conversely, to represent the previous occurrence of a (source) event, there is a symmetrical notation: an open arrow near the source extreme. For example, in Figure 1-c the scenario captures the immediate previous occurrence of a B-event from the occurrence of the A-event, and not any other B-event. Events labeling an arrow are interpreted as forbidden events between both points. In Figure 1-d A-event precedes B-event such that C-event does not occur between them. FVS features aliasing between points. Scenario in 1-e indicates that a point labeled with A is also labeled with $A \wedge B$. It is worth noticing that A-event is repeated on the labeling of the second point just because of Ω -FVS formal syntaxes [15]. Finally, two special points are introduced as delimiters to denote the beginning and the end of an execution. These are shown in Figure 1-f.

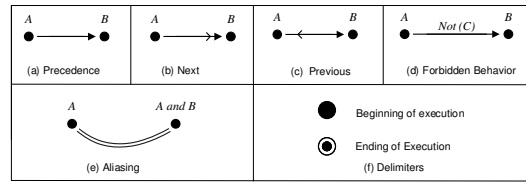


Figure 1. Basic Elements in Branching FVS

We now introduce the concept of FVS rules, a core concept in the language. Roughly speaking, a rule is divided into two parts: a scenario playing the role of an antecedent and at least one scenario playing the role of a consequent. In Branching FVS two types of rules can be defined: rules defining behavior with an existential path quantifier (FVS-E rules) and rules defining behavior with a for all path quantifier (FVS-A) rules. For the FVS-E rules the intuition is that if **at least one time** the trace “matches” a given antecedent scenario, then it must also match at least one of the consequents. For the FVS-A rules the intuition is that **every time** the trace “matches” a given antecedent scenario, then it must also match at least one of the consequents. In both cases, rules take the form of an implication: an antecedent scenario and one or more consequent scenarios. Graphically, the antecedent is shown in black, and consequents in grey. Since a rule can feature more than one consequent, elements which do not belong to the antecedent scenario are numbered to identify the consequent they belong to. In addition, FVS-E rules are denoted with a letter **E** whereas FVS-A rules are denoted with a letter **A**, in order to distinguish both types of rules.

Two examples are shown in Figure 2 modeling the behavior of a client-server system with FVS-A rules. That is, these properties must be satisfied for all possible computations. The rule in the top of Figure 2 establishes that every request received by a server must be answered, either accepting the request (consequent 1) or denying it (consequent 2). The rule at the bottom of Figure 2 dictates that every granted request must be logged due to auditing requirements.

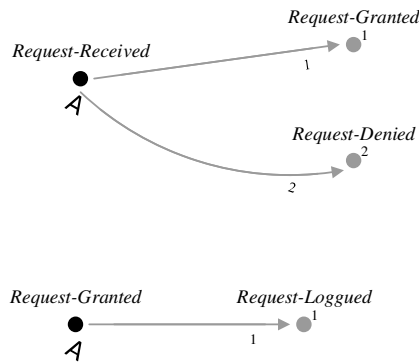


Figure 2. FVS-A rules' examples with a For All Path Quantifier

An additional requirement for the server-client system is added next featuring an existential path quantifier. The requirement is the following: It is possible to get to a state where *started* holds, but *ready* does not hold, where *started* and *ready* denote two possible states of the system. The CTL formula modeling this behavior is the following one: $EF (started \wedge \neg ready)$, where E stands for the existential path quantifier and F stands for the *future* operator. Figure 3 shows a Branching FVS specification for this requirement through an FVS-E rule. The rule demands that at least one time since the beginning of the trace both events *started* and $\neg ready$ must hold simultaneously.



Figure 3. FVS-E rule example with an Existential Path Quantifier

3. Branching FVS Semantics

The semantics of Branching FVS is based on the formal definition of the FVS language detailed in [4,5]. In few words, morphisms between scenarios are defined in order to establish when a certain trace of the system satisfies a given rule. Then, the semantics of a system in FVS is given by the set of traces that satisfies all the specified rules modeling the behavior of the system. Based on these concepts and following the two types of path quantifiers introduced in CTL semantics of Branching FVS is tackled providing definitions of scenarios, morphisms, rules and satisfiability for the **path quantifier E** and also for the **path quantifier A**. Finally, the semantics of a system in Branching FVS is denoted by those traces satisfying both types of rules. Section 3.1 introduces the semantics for path quantifier E, Section

3.2 introduces the semantics for path quantifier A whereas Section 3.3 exhibits the semantics of Branching FVS combining both type of rules.

3.1. Branching FVS: Existential Path Quantifier

An FVS scenario is described by the following definition.

Definition 1. (FVS-E) An FVS scenario for the path quantifier E or simply an FVS-E scenario is a tuple $\langle \Sigma, P, l, \equiv, \neq, <, \partial \rangle$ where:

- Σ is a finite set of propositional variables standing for types of events;
- P is a finite set of points;
- $l : P \rightarrow PL(\Sigma)$ is a function that labels each point with a given formula precisely and PL is the set of propositional formulas that can be obtained from the alphabet Σ ;
- $\equiv \subseteq P \times P$ is an equivalence relation;
- $\neq \subseteq P \times P$ is an asymmetric relation among points;
- $< \subseteq P \oplus \{0\} \times P \oplus \{\infty\} \setminus \{(0, \infty)\}$ is a precedence relation between points, where 0 and ∞ represent the beginning and the end of execution, respectively;
- $\partial : (\neq \cup <) \rightarrow PL(\Sigma)$ assigns to each pair of points, related by precedence or separation, a formula which constrains the set of events occurrences that may occur between the pair.

We now formally define morphisms between scenarios. Intuitively, we would like to obtain a matching between scenarios, i.e., a mapping between their points exhibiting how a scenario "specializes" another one.

Definition 2 (FVS-E Morphism) Given two *FVS-E* scenarios S_1, S_2 (assuming a common universe of event propositions), and f a total function between P_1 and P_2 we say that f is a morphism from S_1 to S_2 (denoted $f: S_1 \rightarrow S_2$) if and only if:

- $l_2(a) \Rightarrow l_1(p)$ is a tautology for all $p \in P_1$ and all $a \in P_2$ such that $a \equiv_2 f(p)$;
- $\partial_2(f(p), f(q)) \Rightarrow \partial_1(p; q)$ is a tautology for all $p; q \in P_1$;
- if $p \equiv_1 q$ then $f(p) \equiv_2 f(q)$ for all $p; q \in P_1$;
- if $p \neq_1 q$ then $f(p) \neq_2 f(q)$ for all $p; q \in P_1$;
- if $p <_1 q$ then $f(p) <_2 f(q)$ for all $p; q \in P_1$.

We now formally define FVS-E rules as a rule scenario playing the role of the antecedent, one or more consequents scenarios and finally, morphisms from the antecedent to the consequents. More formally:

Definition 3 (FVS-E Rule) Given a scenario S_0 (antecedent) and an indexed set of scenarios and morphisms from the antecedent $f_1 : S_0 \rightarrow S_1; f_2 : S_0 \rightarrow S_2; \dots; f_k : S_0 \rightarrow S_k$ (consequents), we call $R \langle S_0, \{f_i; S_i\}_{i=1..k} \rangle$ an FVS-E Rule.

Finally, we can state when a trace satisfies a given rule. Intuitively, the rule will be satisfied if at least one time the antecedent is “matched” at least one of the consequents is matched. Since an existential path quantifier is being defined, it is enough to check if the rule is satisfied at least one time, and not every time. This is why the definition requires consequent(s) to be matched if some morphism (and not all of them) from the antecedent to the scenario is found.

Definition 4 (FVS-E rules’ semantics) A scenario S satisfies an FVS-E rule $R (S \models R)$ iff **for some morphism** $m: S_0 \rightarrow S$ there exists $m_i: S_i \rightarrow S$, for some $i \in \{1..k\}$ such that $m = m_i \circ f_i$.

3.2. Branching FVS: For All Path Quantifier

For the path quantifier A (“for all computations”) FVS semantics is given as follows. The exact same definitions for scenarios, morphisms and rules that were introduced for the path quantifier E (“there exists a computation”) apply for this quantifier. So, FVS-A scenarios, FVS-A morphisms and FVS-A rules are trivially defined. The only difference is given in the **rules’ semantics definition**. For the path quantifier E the rule is satisfied if at least one time the antecedent is “matched” at least one of the consequents is matched. However, for the path quantifier A **every time** the antecedent is matched at least one of the consequents must be matched. The formal definition establishing the rule satisfiability for the path quantifier A in Branching FVS is given next.

Definition 5 (FVS-A rules’ semantics) A scenario S satisfies an FVS-A rule $R (S \models R)$ iff **for every morphism** $m: S_0 \rightarrow S$ there exists $m_i: S_i \rightarrow S$, for some $i \in \{1..k\}$ such that $m = m_i \circ f_i$.

Note that the only difference between this definition (**Definition 5**) and the previous one (**Definition 4**) is the amount of morphisms needed to be satisfied (at least one for the path quantifier E and all of them for the path quantifier A).

3.3. Branching FVS Semantics

Now that the semantics for both kinds of path quantifiers are defined we can establish the formal semantics of the system based on the definitions 4 and 5: **The semantic of the system is given by those traces satisfying the set of FVS-A and FVS-E rules.** More formally:

Definition 6 (Branching FVS Semantics) The semantics of a system S specified in Branching FVS is given by the set of traces T such that $T \models ER \wedge T \models AR$ where ER denotes the set of all the FVS-E rules and AR the set of all the FVS-A rules.

4. Case Study

Our case of study is based on one example introduced in [3]. In few words, the subject of the case study is the “Tricky” technology FLASH memory test chip in 0.13 μ s process developed in *ST Microelectronics*. In particular, imitating the methodology introduced in [3] we focused on modeling some requirements for its external interface. The memory cell can be in one of the programming, reading or erasing modes. The correct functioning of the design at its analog level of abstraction in a given mode is determined by the behavior of the following interface signals: **bl**: the matrix bit line terminal; **pw**, the matrix p-well terminal; **wl**, the matrix word line; **s**: the matrix source terminal; **vt** the threshold voltage of cell and **id**, the drain current of cell.

The specification in Branching FVS for the case of study takes some considerations. Our language does not feature timing constructors such as clocks variables or other similar strategies. A typical way to introduce them is to consider the instants when a signal changes its value, since it can be interpreted as instantaneous events [3]. To this end we propose events representing changes on the signals such as: *vt_threshold* (the *vt* signal crosses the threshold) or *wl_below* (the *wl* signal is below its acceptable minimum). Given this context we modeled four properties describing the correct behavior of the cell in the programming mode and one property to detect the start of the erasing mode.

The first property modeling the programming mode requires that whenever the *vt* signal crosses its threshold, both *vt* and *id* have to remain continuously steady until the *id* signal falls below its threshold. Events *vt_threshold*, *vt_steady*, *id_steady* and *id_falls* are introduced to model this behavior in Branching FVS. The *vt_threshold* event represent the moment the signal crosses its threshold, steady and unstable events models different states of the given signals and finally *id_falls* represents the moment *id* signal falls below its threshold. This requirement is modeled in the figure 4. Since this property must be satisfied in all moments the for all path

quantifier is used. Every time the *vt_threshold* event occurs followed by the *id_falls* event then *id* and *vt* steady events must occur in the middle, and they should remain in that state until *id_falls* event occurs (this is modeled by requiring the absence of the events *id_unstable* and *vt_unstable*).

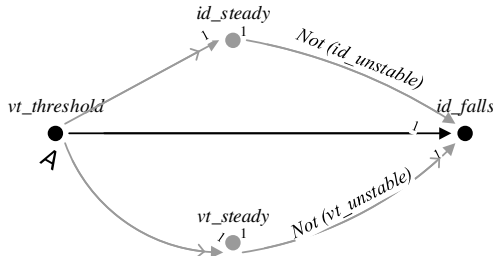


Figure 4. An FVS-A rule for the first property of interest.

The second property requires that whenever the wordline *wl* is below its threshold (represented by the event *wl_below*) but there exists a moment in the future where *wl* will jump to above its threshold (*wl_up* event) and the cell is not in the programming mode (represented by the *ProgMode* event) then the bitline signal *bl* should cross its threshold (represented by the *bl_up* event) before the end of the simulation. Figure 5 shows an FVS-E rule modeling this behavior using the mentioned events. The *bl_up* event (the consequent scenario) must occur when the conditions required by the antecedent scenario are matched.

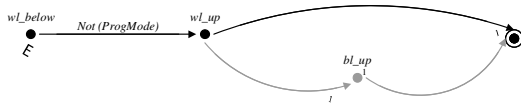


Figure 5. An FVS-E rule for the Programming Mode.

The third property specifies that whenever the programming procedure starts, the bitline signal *bl* should not fall below its threshold until the signal *vt* becomes up a certain value and the absolute value of the source current *id* goes below its threshold. The following events are introduced to shape this requirement: *ProgMode*, *bt_down*, *vt_up* and *id_below* as shown in the FVS-A rule in figure 6.

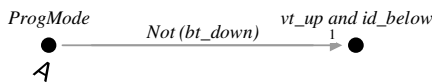


Figure 6. An FVS-A rule for the Programming Mode.

Finally, we modeled a fourth property describing the expected behavior of the programming mode. This property requires that whenever the bitline *bl* and wordline *wl* signals are above their thresholds, the p-well signal *pw* has to be below its threshold. The required events for this property are: *bl_up*, *wl_up* and *pw_below*. Figure 7 shows the FVS-A rule for this requirement. In this rule the consequent demands that every time events *bl_up* and *wl_up* occur the *pw_below* should also simultaneously occur.

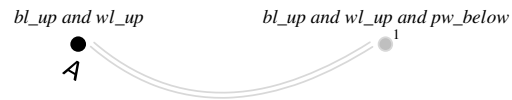


Figure 7. The fourth rule for the Programming Mode.

Regarding the erasing mode, we introduce one property which aims to detect when the erasing mode should begin (represented by the *ErasingMode* event). According to the specification detailed in [3] this occurs if there exists a computation where wordline signal *wl* is lower than a certain value (represented by the *wl_down* event) and p-well *pw* is above its threshold (represented by the *pw_up* event). Figure 8 shows the existential FVS rule modeling this property.

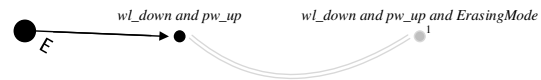


Figure 8. An FVS-E rule detecting the Erasing Mode

Summing up, we showed a Branching FVS specification modeling the behavior of a FLASH memory test chip. Four rules were introduced shaping the behavior in the *programming mode* plus one additional rule to detect the beginning of the *erasing mode*. Three rules were expressed with the path quantifier *A* and two with the path quantifier *E*.

5. Conclusions

In this work we present an extension of the FVS language named Branching FVS which aims to cope with properties expressed in branching temporal logic. Branching logics enable the software engineer to express interesting properties and it is heavily used for hardware design and formal validation, besides being more efficient in terms of execution time when used as input into model checkers than linear temporal logics. Branching FVS features two different types of rules: rules preceded with a universal path quantifier and rules preceded with an existential path quantifier. Branching FVS was shown in action modeling a case of study in the

hardware design world. The formal semantics of the language is also presented in this work. Although further work is needed to consolidate our approach, we consider this extension a solid first step for FVS in the branching logic world.

6. Future Work

There are several lines of research which may continue this work. First of all, we would like to use Branching-FVS specifications as input to formal validation tools like model checkers. In order to accomplish this objective, we need to revisit the tableau algorithm that translates FVS scenarios into Büchi automata [4] so that Branching-FVS scenarios can be translated too. We consider that this will be shortly achieved since Branching-FVS is a simple extension of FVS. This line of research also includes incorporating Branching FVS features into our tool GTxFVS [7] which currently holds FVS features only.

Secondly, we would like to compare Branching FVS with other known notations such as Petri Nets or other CTL extensions like [3,15] taking into account issues like usability, flexibility and expressive power. We also would like to continue exploring Branching-FVS in the hardware verification domain considering case of studies such as [16].

Finally, inspired in the work of [15] we would like to explore Branching-FVS and formal verification in the Artificial Intelligence domain.

7. Related Work

The language PSL [17-18] is widely used by chip design and verification engineers across the hardware verification community. Hardware properties can be specified in PSL in order to verify the expected behavior. The language originated as the Sugar language and later evolved into an IEEE standard. It is heavily based on temporal logics (LTL), augmented with regular expressions. We share some objectives with PSL. In the same spirit of our work, they acknowledge the need and value of reviewing and validating properties specification. However, this feature is achieved by introducing tools build on the top of PSL [19-20]. So, contrary to Branching-FVS, validation capabilities require tool support and cannot be obtained directly from PSL specifications.

On the top of SPL work in [3] introduces Signal Temporal Logic (STL) specification language, and is implemented in a stand-alone monitoring tool (AMT), which constitutes a solid approach for hardware verification purposes. Timed requirements can be denoted in STL Logics since timed constructors are available in the language. However, specifications in

STL resemble programming languages constructions which may lead to premature operational decisions. In this sense, graphical and declarative notations such as Branching FVS might be closer to the way requirements are expressed [21], which make easier the behavioral exploration and specification of systems.

Real-time monitoring of the timed LTL (TLTL) logic is studied in [9]. TLTL specifications are interpreted over finite traces with the 3-valued semantics. The extensions of temporal logics that deal with richer properties were also considered in monitoring tools such as LOLA [10]. Other known realtime extensions of LTL are Temporal logics MTL [23] and MITL [22]. Branching FVS is yet only a specification language and needs further work in order to incorporate Branching-FVS specifications into validations tools such as model checkers [24-25]. Clearly, the road taken by these approaches from specification languages to formal validation tools will inspire our future work.

Work in [14] presents a technique based on Petri Nets which focuses on the design and verification methods of distributed logic controllers supervising real life processes. We believe comparing usability, flexibility and expressivity of Petri Nets, temporal logic and other approaches like Branching FVS constitutes an appealing line of research to address in the mid-term future.

Among branching logics extensions with formal verification purposes in other domains it is worth mentioning [15] and MCK [26]. They define some CTL extensions focused in the Artificial Intelligence and multi agent system domain. We share with these and other similar approaches the need for more expressive specification languages. In this sense, we believe that there is an opportunity for Branching FVS in this domain given its flexibility and expressive power.

8. Acknowledgements

This work was supported in part by a grant from UNDAVCYT 2014 and UAI-CAETI founding.

9. References

- [1] Bouajjani A, Lakhnech Y, Yovine S (1996) Model checking for extended timed temporal logics. In: Formal techniques in real-time and fault-tolerant systems. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 306–326
- [2] Vardiy M, Wolperz P (1994) Reasoning about infinite computations. *Information & Computation*, 115(1), 1-37.
- [3] Maler, O., & Ničković, D. (2013). Monitoring properties of analog and mixed-signal circuits. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 15(3), 247-268.
- [4] Asteasuain, F., & Braberman, V. (2017). Declaratively building behavior by means of scenario clauses. *Requirements Engineering*, 22(2), 239-274.

- [5] Asteasuain, F., & Braberman, V. (2015). Specification patterns: formal and easy. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 25(04), 669-700.
- [6] Dwyer, M. B., Avrunin, G. S., & Corbett, J. C. (1999, May). Patterns in property specifications for finite-state verification. In *Proceedings of the 21st international conference on Software engineering* (pp. 411-420). ACM.
- [7] F. Asteasuain, f. Tarulla & P. Gamboa. Using the power of abstraction to express high-level behavior in aspect oriented approaches. In CONAIISI, 2017. Congreso Nacional de Ingeniería Informática – Sistemas de Información.
- [8] Vardi, M. Y. (2001, April). Branching vs. linear time: Final showdown. In *International Conference on Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems* (pp. 1-22). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [9] Andreas Bauer, Martin Leucker, and Christian Schallhart. Monitoring of Real-Time Properties. In *FSTTCS*, pages 260–272, 2006.
- [10] Ben D'Angelo, Sriram Sankaranarayanan, César Sánchez, Will Robinson, Bernd Finkbeiner, Henny B. Sipma, Sandeep Mehrotra & Zohar Manna. LOLA: Runtime Monitoring of Synchronous Systems. In *TIME*, pages 166–174, 2005.
- [11] O. Lichtenstein and A. Pnueli. Checking that finite state concurrent programs satisfy their linear specification. In *Proc. 12th ACM Symp. on Principles of Programming Languages*, pages 97–107, New Orleans, January 1985.
- [12] E.M. Clarke, E.A. Emerson, and A.P. Sistla. Automatic verification of finite-state concurrent systems using temporal logic specifications. *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, 8(2):244–263, January 1986.
- [13] A.P. Sistla and E.M. Clarke. The complexity of propositional linear temporal logic. *Journal ACM*, 32:733–749, 1985.
- [14] Grobelna, I., Wiśniewski, R., Grobelny, M., & Wiśniewska, M. (2017). Design and verification of real-life processes with application of Petri nets. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 47(11), 2856-2869.
- [15] Lomuscio, A., Pecheur, C., & Raimondi, F. (2007). Automatic verification of knowledge and time with NuSMV. In *Proceedings of the Twentieth International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 1384-1389). IJCAI/AAAI Press.
- [16] D'Angiolo, Federico Gabriel; Suarez Martene, Juan Cruz , Lipovetzky José. Memoria SRAM de 1 kbit integrada en un proceso CMOS estándar. Congreso de Microelectrónica Aplicada. 2010. Buenos Aires.
- [17] Eisner C, Fisman D (2006) A practical introduction to PSL (series on integrated circuits and systems). Springer, Secaucus.
- [18] IEEE-Commission et al (2005) Ieee standard for property specification language (psl). Tech. rep., Technical report, IEEE, 2005. IEEE Std 1850-2005
- [19] David S, Orni A (2005) Property-by-example guide: a handbook of psl/sugar examples-prosyd deliverable d1. 1/3
- [20] Bloem R, Cavada R, Eisner C, Pill I, Roveri M, Semprini S (2004) Manual for property simulation and assurance tool (deliverable 1.2/4–5). In: Technical report, PROSYD Project, Technical Report.
- [21] Van Lamsweerde, A. (2001). Goal-oriented requirements engineering: A guided tour. In *Requirements Engineering*, 2001. Proceedings. Fifth IEEE International Symposium on (pp. 249-262). IEEE.
- [22] Rajeev Alur, Tomás Feder, and Thomas A. Henzinger. The Benefits of Relaxing Punctuality. *J. ACM*, 43(1):116–146, 1996.
- [23] Ron Koymans. Specifying Real-Time Properties with Metric Temporal Logic. *Real-Time Systems*, 2(4):255–299, 1990.
- [24] Holzmann, G. J. (2004). *The SPIN model checker: Primer and reference manual* (Vol. 1003). Reading: Addison-Wesley.
- [25] Cimatti, A., Clarke, E., Giunchiglia, F., & Roveri, M. (1999, July). NuSMV: A new symbolic model verifier. In *International conference on computer aided verification* (pp. 495-499). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [26] Gammie, P., & Van Der Meyden, R. (2004, July). MCK: Model checking the logic of knowledge. In *International Conference on Computer Aided Verification* (pp. 479-483). Springer, Berlin, Heidelberg.

Gestão da Qualidade em Ecossistemas de Software: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Laysa Santos Souza
Universidade Tiradentes
Aracaju, Sergipe, Brasil
santoslay3@gmail.com

Guillermo Rodríguez
ISISTAN (CONICET-UNICEN)
Tandil, Buenos Aires, Argentina
guillermo.rodriguez@isistan.unicen.edu.ar

Fabio Gomes Rocha
Universidade Tiradentes
Aracaju, Sergipe, Brasil
gomesrocha@gmail.com

Resumo

O Ecossistema de Software (ECOS) atua como a união das entidades do ecossistema que gerencia todos os aspectos que envolvem desde o planejamento até a execução. Seu surgimento ocorreu através do contexto de desenvolvimento de software distribuído no qual, em uma mesma plataforma, as tecnologias são atendidas e as empresas de software. Por este motivo, a área de qualidade dos ECOS é uma questão que merece muita atenção. Para garantir o sucesso de um ecossistema, é necessário verificar a qualidade da plataforma, produtos disponíveis, além de sua estrutura, saúde e prosperidade. O presente estudo tem como objetivo apresentar um mapeamento sistemático da literatura referente à análise realizada na área de qualidade em ECOS, investigando suas principais características.

1. Introdução

O Ecossistema de Software (ECOS) é composto de várias organizações e indivíduos com diferentes funções e interesses. Os quais objetivam a eficiência do ecossistema, sua capacidade de enfrentar e resistir às interrupções, e principalmente de criar uma diversidade significativa. Bosch [1] define que um ecossistema de software é especificamente um ecossistema comercial e, portanto, os bens e serviços são as soluções de software e estes serviços permitem apoiar ou automatizar as atividades e transações. Os atores ou stakeholders são empresas, fornecedores e clientes; os fatores são bens e serviços; e as transações incluem transações financeiras, informações, partilha de conhecimentos, inquéritos e contatos pós e pré-venda.

Entretanto, esse cenário traz desafios, e.g., garantir a qualidade dos produtos e da plataforma de software. Com a vasta atuação dos atores é necessário que a plataforma tenha uma organização para construir, manter e evoluir a qualidade de um ECOS. Desse modo, surgiu a Keystone, uma empresa mantenedora da plataforma ECOS.

Santos et al. [2] em referência a Keystone afirmam que esta não possui total controle sobre os processos e modelos desenvolvidos por empresas externas, consequentemente não consegue atuar diretamente na garantia da qualidade dos produtos desenvolvidos sobre a plataforma.

A qualidade de software deve ser aplicada e gerenciada ao longo do desenvolvimento do software sendo relacionada a conceitos de avaliação de processo através de padrões e modelos. Estes correspondem ao desempenho, aos requisitos e as características. Alves et al. [3] demonstram que vários aspectos definidos no gerenciamento garantem a qualidade e estimulam a participação dos stakeholders nas discussões a fim de identificar, consolidar e representar as melhores práticas para as soluções dos modelos de capacidade de processo, e.g., comunicação, confiança, cooperação, conhecimento e colaboração.

Visto que a garantia de qualidade depende diretamente dos requisitos e dimensões do sistema é possível realizar a sua verificação com base no Modelo de Qualidade de Produto da norma ISO/IEC 25010 [4]. Esta norma define que um Modelo de Qualidade de Produto de Software é composto de características e sub-características que se manifestam quando o software é utilizado como parte de um sistema e também é resultado dos atributos obtidos.

Este estudo apresenta um mapeamento sistemático da literatura característico para a área de qualidade em ECOS visando apresentar a direção das pesquisas empreendidas nessa área, e constatando as possíveis deficiências e necessidades.

O restante deste estudo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, é exposto o referencial teórico. Na Seção 3, são exibidos os trabalhos relacionados. Na Seção 4, é descrito o mapeamento sistemático de literatura. Na Seção 5, são apresentados os resultados e discussões. E por fim, na Seção 6, são explanados a conclusão e trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

De acordo com o conteúdo apresentado na introdução, o ecossistema é um conjunto de negócio, empresas ou entidades que funcionam como uma unidade e interagem como um mercado compartilhado para fornecer software e serviços.

Desse modo, a qualidade de software pode ser definida como um conjunto de atributos que devem ser satisfeitos de modo que o software atenda às necessidades do usuário. Sua medição é feita através dos requisitos (explícitos e implícitos) e padrões que necessitam ser relevantes para o domínio da aplicação,

das tecnologías utilizadas, das características específicas do projeto, das necessidades do usuário e da organização.

Para garantir a qualidade é necessário revisar o produto e as atividades atestando que os processos estejam equivalentes aos requisitos especificados e similares aos planos estabelecidos.

Como o ecossistema estabelece dependências entre a plataforma e as organizações associadas, podemos dizer que satisfazer todos os requisitos assegura a qualidade do produto, processo e sistema.

Logo, os requisitos podem ser analisados e classificados por meio do Modelo de Qualidade de Produto da norma ISO/IEC 25010 [4]. Wazlawick [5] declara que essa norma é um modelo de qualidade aplicado tanto ao produto quanto ao processo, que consiste em características e sub-características que permitem identificar quais fatores são importantes para a qualidade do ECOS.

A ISO/IEC 25010 [4] estabelece a qualidade de um sistema como medida de satisfação das necessidades declaradas pelos stakeholders. Apesar de ter como foco softwares convencionais, sua aplicação ao ecossistema acontece por meio do processo de qualidade. Esta norma substitui a norma ISO/IEC 9126, dessa forma, expande as definições de qualidade.

Assim, a norma passou a ter características e sub-características referentes à qualidade de uso e de produto. São determinadas oito características de qualidade de produto exibidas na Tabela 1 e cinco de qualidade de uso mostradas na Tabela 2, cada com um propósito específico.

Características	Sub-características	Definição
Adequação Funcional	Completude funcional, Funcionalidade apropriada, Corretude funcional	Reconhece se as funcionalidades do software respondem aos requisitos
Eficiência de desempenho	Comportamento em relação ao tempo, Utilização de recursos, Capacidade	Confere se o software mantém o desempenho para atender os requisitos
Compatibilidade	Coexistência, Interoperabilidade	Verifica se o software realiza a troca de informações com outros sistemas de forma eficiente compartilhando o mesmo ambiente operacional

Usabilidade	Apropriação reconhecível, Inteligibilidade, Operabilidade, Proteção contra erro de usuário, Estética de interface com usuário, Acessibilidade	Observa se o software pode ser usado por pessoas específicas com níveis determinados de eficácia, eficiência e satisfação
Confiabilidade	Maturidade, Disponibilidade, Tolerância a falhas, Recuperabilidade	Analisa se o software através de determinadas condições (inconsistências, falhas) executa de forma transparente as suas funcionalidades
Segurança	Confidencialidade, Integridade, Não repúdio, Rastreabilidade de uso, Autenticidade	Supervisiona se o software protege os dados e informações através das autorizações do software
Manutenibilidade	Modularidade, Reusabilidade, Analisabilidade, Modificabilidade, Testabilidade	Demonstra se o software pode ser preservado ou substituído com eficácia e eficiência
Portabilidade	Adaptabilidade, Instabilidade, Substituibilidade	Examina se o software pode ser adaptado através dos seus requisitos de forma eficaz e eficiente para hardware, software ou outros ambientes operacionais

Tabela 1. Características e sub-características relacionadas à qualidade de uso da norma ISO/IEC.

Características	Sub-características	Definição
Efetividade	Efetividade	Examina a precisão e integridade com as quais os usuários representam os

		requisitos especificados
Eficiência	Eficiência	Examina os recursos gastos em relação à precisão e totalidade com que os usuários alcançam os requisitos
Satisfação	Utilidade, Prazer, Conforto, Confiança	Analisa o prazer dos usuários de acordo com a utilização do software
Uso sem riscos	Migração de risco econômico, Migração de risco a saúde e segurança, Migração de risco ambiental	Reconhece os tipos de riscos (financeiros, pessoais e ambientais) que o software deve reduzir
Cobertura de contexto	Compleitude de contexto, Flexibilidade	Inspeciona se o software pode ser usado com eficiência, eficácia, liberdade de risco e satisfação em diferentes contextos

Tabela 2. Características e sub-características relacionadas à qualidade de uso da norma ISO/IEC.

Todas essas características e sub-características dos requisitos podem ser distribuídas conforme mostra a Tabela 3 com o intuito de garantia de qualidade.

Requisitos	Utilidade na garantia de qualidade
Funcionalidade, Confiabilidade, Usabilidade, Eficiência, Manutenibilidade e Portabilidade	Definição de métricas no desenvolvimento do produto
Corretude, Confiabilidade, Eficiência, Integridade e Usabilidade	Avaliação do cliente quanto a execução.
Manutenibilidade, Flexibilidade e	Revisão do produto para mudanças no software.

Testabilidade	
Portabilidade, Reusabilidade e Interoperabilidade	Transição do sistema quanto a mudança de ambiente (questões de hardware, sistema operacional).
Usabilidade, Confiabilidade, Desempenho e Suportabilidade	Descrição da funcionalidade quanto ao conjunto de características diferentes do sistema.

Tabela 3. Características e sub-características relacionadas à qualidade de uso da norma ISO/IEC.

Em conformidade com as Tabelas 1, 2 e 3 apresentadas, testemunhamos a importância das características e sub-características da norma ISO/IEC 25010 a fim de alcançar um nível satisfatório de qualidade e dos requisitos para a garantia da qualidade através da composição das evidências estabelecidas no que foi planejado, proporcionando a compatibilidade dos requisitos com os padrões e atestando se todas as atividades planejadas estão sendo executadas.

3. Trabalhos Relacionados

Nesta seção, é descrito um breve histórico de alguns trabalhos relacionados a respeito de ECOS e sua garantia de qualidade. A qualidade de qualquer ecossistema de software é essencial para assegurar sua eficiência e evolução.

No mapeamento sistemático de literatura apresentado em [6], os autores retratam uma visão de como deve ser realizada a verificação da arquitetura de software, discutindo os atributos de qualidade para que o sistema cumpra as necessidades e requisitos oferecidos pelos atores.

Como solução, Jakob e Mats [6] mostram que combinar componentes de extensão, apoiar a interação entre os agentes e o sistema, reduzir a complexidade, realizar manutenções durante o processo de desenvolvimento garantem a qualidade do software e crescimento da produtividade a longo prazo do ecossistema.

Mesmo que [6] tenha demonstrado uma possível garantia de qualidade no ecossistema analisando a arquitetura e a interação dos agentes com o sistema, deixa a desejar com relação aos requisitos que devem ser seguidos para garantir de forma eficiente a gerência apresentando somente o requisito de portabilidade como requisito necessário.

Dessa forma, apesar do mapeamento sistemático de literatura apresentado neste trabalho não relatar como a arquitetura que deve ser seguida, este aborda todos os

requisitos necesarios para garantizar la gerencia de calidad a través de las características y sub-características correspondientes al Modelo de Calidad de Producto de la norma ISO/IEC 25010.

No estudio presentado por da Silva et al. [7] es analizado como el impacto de los stakeholders en relación a la calidad y el éxito del ECOS interfiere en la gestión y el mantenimiento del equilibrio de la calidad a través de la capacidad de enfrentar y sobrevivir a rupturas, eficiencia con la que convierte insumos en salidas y a la capacidad de crear diversidad significativa.

Esos factores son importantes para mantener el equilibrio después de un desastre, e.g., pérdida de stakeholders que componen la organización principal o que poseen creatividad, apareamiento de nuevas e/ou mejores tecnologías que afectan a la plataforma o comunidad, y el involucramiento de diferentes desarrolladores al proveer una plataforma que ofrezca soporte a diferentes perfiles, lenguajes y productos.

Mesmo que [7] aborde el impacto de los stakeholders en la gestión y el mantenimiento de la calidad de un ECOS y los indicadores de desempeño global necesarios para un software, no manifiesta de forma clara cuáles son las características relacionadas a la gerencia de calidad que se asemejan a la confiabilidad, funcionalidad, usabilidad, eficiencia y portabilidad. Las que quedan claras en este trabajo después de ser demostradas a la definición y utilidad de cada una con relación a la calidad tanto del software como a su uso.

La arquitectura de software puede causar efectos directos en la calidad llevando en consideración el equilibrio de todo el ECOS. De acuerdo con [8] la calidad debe ser abordada con base en diferentes perspectivas, alineadas con nuevas suposiciones y formas de pensar.

Como resultado, fueron expuestos tres aspectos que son responsables directamente por influenciar la calidad a través de la arquitectura, e.g., seleccionar indicadores de calidad adecuados pueden ayudar a entender y controlar la calidad arquitectónica contribuyendo para el establecimiento de prácticas más eficientes; las acciones de los actores pueden ser analizadas a partir de diferentes perspectivas por presentar diferentes papeles e intereses, esto demuestra la complejidad de la evaluación de la calidad por medio de varias dimensiones de análisis; y los cambios arquitectónicos pueden impactar negativamente, pues la dinámica de la arquitectura procura mantener un constante alineamiento con estrategias para preservar los indicadores de desempeño de calidad.

Por consiguiente, [8] también deja a desejar por abordar solamente los requisitos funcionales que no fueron relatados y que estaban relacionados a la creación y construcción de la arquitectura visando el control de todas las

prácticas para satisfacer la excelencia de comportamiento e interacciones de las varias estructuras proyectadas. Este trabajo aborda todos los requisitos necesarios para garantizar la gerencia de calidad a través de las características y sub-características correspondientes al Modelo de Calidad de Producto de la norma ISO/IEC 25010.

Manikas e Hansen [9] presentan en su trabajo una estructura conceptual para la calidad del ecosistema de software considerando diferentes conceptos, e.g., un componente puede traer beneficios para la plataforma aumentando su capacidad de transparencia con otros sistemas, servicios o al mismo tiempo, el componente puede no tener éxito con el modelo e influenciar negativamente a la calidad del ECOS.

El presente trabajo complementa el [9] por presentar las características y sub-características correspondientes al Modelo de Calidad de Producto de la norma ISO/IEC 25010, las que manifiestan cuando el software es utilizado como parte de un sistema y también es resultado de los atributos obtenidos constatando las posibles deficiencias y necesidades.

Santos and Werner [10] en su investigación definen una visión arquitectural compuesta por la dimensión arquitectural, de negocio y social. La dimensión arquitectural se centra en el mercado, tecnología, infraestructura o organización a través del proceso de ingeniería de dominio donde el ciclo de vida es establecido y ocurre la definición de similitudes, variabilidades de las características y la arquitectura es desarrollada relacionando su plataforma. La dimensión de negocio se centra en el flujo del conocimiento, e.g., recursos e informaciones por medio de metas y planes del proyecto realizando la lección del ECOS en el mercado. Y por fin, la dimensión social se centra en la comunidad que interactúa, amplía y modifica el conocimiento uno con los otros promoviendo recursos e involucramientos de las partes interesadas. Estas dimensiones permiten recopilar, manipular y presentar indicadores de sustentabilidad y diversidad transformando las informaciones que indiquen lo más saludable es el ECOS.

Por consiguiente, este trabajo agrega en [10] con la posible relación a los requisitos necesarios para gerenciar la garantía de calidad a través de la norma ISO/IEC 25010 con las dimensiones del sistema dejando claro lo que es importante en un ecosistema de software.

En vista de esto, el mapeo sistemático mostrado a seguir tiene como objetivo averiguar cómo es verificada y analizada la calidad a partir de requisitos y procesos para identificar los factores utilizados para mantener o mejorar la calidad del ECOS.

Além disso, este mapeamento foi considerado completo e sólido quando comparado as publicações selecionados ao final por apresentar abordagens diferentes demonstrando todos os requisitos necessários para que um ecossistema de software além de qualidade consiga apresentar uma gerência eficiente e funcional.

4. Mapeamento Sistemático de Literatura

Este trabalho teve como propósito oferecer o resumo do estado atual da pesquisa baseado na análise dos métodos e técnicas empregados a qualidade dos ecossistemas de software. Dessa maneira, o resultado pode constatar as possíveis deficiências e necessidades auxiliando nos trabalhos futuros.

O método adotado para o desenvolvimento do trabalho foi o mapeamento sistemático de literatura que tem como objetivo mostrar a frequência de publicações por categoria dentro de um específico esquema. O protocolo de pesquisa foi executado com apoio da ferramenta StArt[11].

Dessa maneira, o objetivo da pesquisa foi formalizado usando parte do modelo GQM (Goal-Question-Metric) [12]: **Analisar** casos de ecossistemas de software, **com o propósito de** caracterizá-lo **com respeito** ao gerenciamento da qualidade **do ponto de vista** de pesquisadores **no contexto de** pesquisas teóricas e aplicadas. Para a realização dos estudos foram definidos 2 pesquisadores, P1 e P2, onde ocorreu a interação dos pesquisadores em todas as etapas.

Para atender o protocolo foram definidos critérios especificados pelo PICO (população, intervenção, comparação e resultados) [13].

Como este mapeamento visa a garantia da qualidade foram apenas utilizados os atributos de população, intervenção e resultados, de outra maneira, um extrato do PICO exibido na Tabela 4. À vista disso, foram elaboradas uma questão e duas sub-questões como seguem:

Q1 - Como ocorre o gerenciamento de qualidade em plataformas de ecossistema de softwares?

Sub-Q1 - O que a literatura científica diz sobre gerência de qualidade em ecossistemas de software?

Sub-Q2 - Quais são as necessidades de pesquisa relacionadas à gerência de qualidade em ecossistemas de software?

Crítérios PICO	Descrição
População	Ecossistemas de software
Intervenção	Gerência de qualidade, gerenciar qualidade, controle de qualidade
Comparação	Não se aplica

Resultados	Métodos/ Técnicas/ Modelos/ Soluções/ Características de garantia da qualidade
------------	--

Tabela 4. Crítérios PICO

4.1. Estratégia de busca

A estratégia de busca tem como meta encontrar termos que satisfaçam às questões principais recomendadas pela pesquisa. Inicialmente, foi realizada a busca automática por meio das fontes de busca nas bibliotecas digitais ACM, IEEE, Scopus, Science Direct e Engineering Village.

Neste trabalho não foi definido uma faixa temporal. Sendo assim, quando a string de busca foi executada pelas bases bibliográficas, elas retornaram resultados transparentes aos pesquisadores.

Na Figura 1, é possível visualizar a quantidade de trabalhos encontrados na primeira etapa da revisão sistemática. Na biblioteca digital ACM obtivemos 87,2%, Science Direct com 7,2%, Engineering Village com 2,6%, Scopus com 2,1% e IEEE com 0,9%. Estes foram selecionados por abranger, e.g., revistas e conferências.

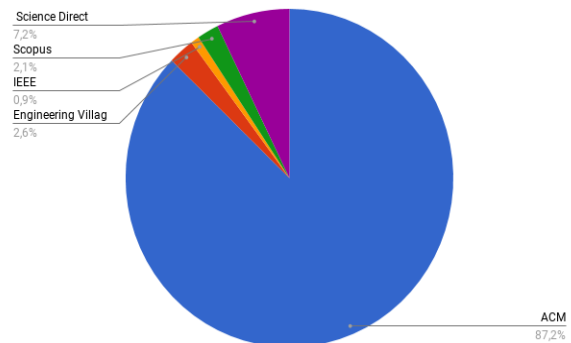


Figura 1. Resultado da Seleção – Primeira Etapa.

A Figura 2, representa a estratégia de busca que é dividida nas etapas a seguir:

- (i) Definição dos critérios, extração dos termos de busca e realização das pesquisas nas bibliotecas digitais. Sendo selecionados 205 publicações na ACM, IEEE com 6, Science Direct com 2, Scopus com 5 e Engineering Village com 17 publicações totalizando 235 publicações;
- (ii) Extração dos dados resultantes da etapa 1, marcados automaticamente pelo StArt os artigos duplicados. Sendo selecionados 201 publicações na ACM, IEEE com 6, Science Direct com 1, Scopus com 0 e Engineering

- Village com 17 publicações totalizando 225 publicações;
- (iii) Realização da primeira análise qualitativa dos resultados com base nos critérios de inclusão e exclusão. Sendo selecionados 5 publicações na ACM, IEEE com 0, Science Direct com 1, Scopus com 0 e Engineering Village com 3 publicações totalizando 9 publicações;
 - (iv) Realização da segunda análise qualitativa mais examinada dos resultados. Sendo selecionados 5 publicações na ACM, IEEE com 0, Science Direct com 1, Scopus com 0 e Engineering Village com 3 publicações totalizando 9 publicações;
 - (v) Extração dos dados para respostas às questões. Sendo selecionados 4 publicações na ACM, IEEE com 0, Science Direct com 1, Scopus com 0 e Engineering Village com 1 publicações totalizando 6 publicações.

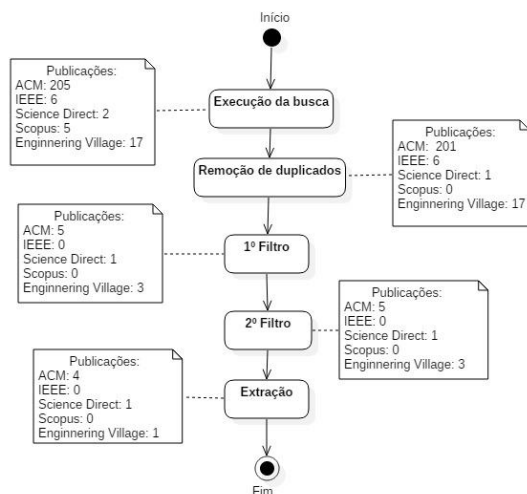


Figura 2. Estratégia de busca

4.2. Termos de pesquisa

Os termos de pesquisa foram agrupados a partir das palavras-chaves quality management, manage quality, quality control, software ecosystem e software ecosystems em uma String de busca, um conjunto com operadores booleanos para a realização da pesquisa.

A seguinte String utilizada foi: ("quality management" OR "manage quality" OR "quality control") AND ("software ecosystem" OR "software ecosystems").

Essa Strings foi testada duas vezes para melhorar os resultados. Esses termos foram escritos na língua inglesa pelo fato de a maioria das revistas e conferências adotarem o idioma inglês no tema pesquisado.

4.3. Critérios de seleção do estudo

Para os artigos selecionados foram sugeridos critérios de seleção e exclusão dos artigos retornados pela busca. Não foi definida restrição de tempo de busca. Portanto, a Tabela 5, demonstra os critérios definidos no mapeamento.

ID	Critérios de Inclusão
CI01	O artigo analisa a gerência ou controle de qualidade em plataformas de ecossistemas de software
CI02	O artigo apresenta os fatores condicionadores do processo de gerência ou controle de qualidade em plataformas de ecossistemas de software
ID	Critérios de Exclusão
CE01	Artigos duplicados
CE02	Artigos que não estão escritos em inglês
CE03	Artigos publicados apenas como resumos ou prefácio de periódicos e eventos
CE04	Falta de disponibilidade do artigo para download
CE05	Teses, dissertações e monografias de conclusão de curso

Tabela 5. Critérios de Inclusão e Exclusão

4.4. Processo de seleção de estudos

A primeira etapa da seleção de estudos foi dividida em processos realizados por P1 e P2. Nesses processos foram analisados títulos e resumos dos artigos para verificar se eram adequados ao estudo.

Sendo selecionados no processo inicial 235 artigos, destes 10 eram duplicados, 211 foram rejeitados de acordo com os critérios definidos, e 9 foram selecionados para o processo final.

No processo final, foram feitas as leituras e a partir delas encontramos soluções para os questionamentos

feitos no protocolo da pesquisa. Sendo selecionados neste processo 9 artigos, 3 foram rejeitados, e 6 foram aceitos por apresentarem os critérios de inclusão e responderem as questões.

4.5. Procedimento de extração de dados dos artigos selecionados

O StArt é uma ferramenta gratuita desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da UFScar que possibilita uma certa facilidade nessa categorização.

A ferramenta está dividida em Planning que compreende “protocolo” onde será especificado os objetivos, a pergunta problema, as palavras-chave, os critérios de inclusão e exclusão, as línguas dos trabalhos, quais os buscadores, o classificador qualitativo, e.g., ruim, regular, bom e ótimo; Execution, tela para definir quais trabalhos serão aceitos ou rejeitados, para isso é preciso preencher um formulário com as palavras-chave de cada trabalho, resumos e alguns dos critérios definidos no protocolo; e em Summarization é possível visualizar em forma de grafos, redes e fluxogramas as informações categorizadas.

A ferramenta foi utilizada para a organização dos estudos para que as questões de pesquisa possam ser respondidas a partir dos dados extraídos de cada estudo incluído.

Este mapeamento pode ser confiável contendo apenas 6 artigos selecionados ao final por até o momento não existir nenhum estudo que comprove a quantidade mínima de artigos que devem ser selecionados.

Também foi possível comprovar a sua validação, de acordo com Felizardo et al. [17] em um mapeamento sistemático não é obrigatório a validação da qualidade dos artigos selecionados, ainda que esta seja uma boa opção.

5. Resultados

Os artigos selecionados são apresentados na Tabela 6. Para melhor identificação estes foram classificados com os rótulos A1, A2, A3, A4, A5 e A6.

ID	Título	Autores	Ano de publicação	Veículo de publicação
A1	A Quality Perspective of Software Evolvability Using Semantic Analysis [14]	Philipp Schugerl, Juergen Rilling, René Witte,	2009	Revista IEEE

		Philippe Charland		
A2	Brazilian Public Software: beyond Sharing [3]	A. M. Alves, Marcelo Pessoa	2010	Revista ACM
A3	Identifying Actors to Support Software Ecosystem Health [7]	Rebeca T. da Silva, F. Luiz Gustavo, Edneuci D. Audacio, Elias C. Genvigir	2017	Revista IEEE
A4	Proposed Metrics on Ecosystem Health [15]	J. Yates Monteith, John D. McGregor, John E. Ingram	2014	Revista ACM
A5	Quality assurance in software ecosystems: A systematic literature mapping and research agenda [6]	Jakob Axelsson and Mats Skoglund	2016	Jornal Elsevier
A6	Software Ecosystems' Architectural Health Another [8]	Simone da Silva Amorim, John D. McGregor, Eduardo Santana de Almeida, Christina von Flach G. Chavez	2017	Revista IEEE

Tabela 6. Artigos Selecionados após o mapeamento

Os resultados visam responder a uma pergunta principal e duas sub-perguntas que são:

Q1 - Como ocorre o gerenciamento de qualidade em plataformas de ecossistema de softwares?

RQ1 - De acordo com a pesquisa, em [7] o gerenciamento de qualidade ocorre através da gestão e manutenção do cenário da aplicação utilizando a comunicação, os recursos humanos, a infraestrutura, os processos e os requisitos de software, além das características e sub-características do Modelo de Qualidade de Produto da norma ISO/IEC 25010 [16].

Sub-Q1 - O que a literatura científica diz sobre gerência de qualidade em ecossistemas de software?

RSub-Q1 - De acordo com a pesquisa, foi possível perceber em [3] que os atores interferem diretamente na gestão e manutenção do equilíbrio da qualidade garantindo o crescimento da produtividade a longo prazo do ecossistema. Assim como definir os requisitos e objetivos [14], compartilhar conhecimento, organizar práticas para manter a diversidade das contribuições dos envolvidos, englobar todas as práticas relacionadas à tomada de decisões técnicas, controlar as práticas para regular a estrutura do produto a fim de gerar resultados sobre o estado da qualidade [5].

Sub-Q2 - Quais são as necessidades de pesquisa relacionadas à gerência de qualidade em ecossistemas de software?

RSub-Q2 - De acordo com a pesquisa, em [8] podemos elaborar um quadro contendo as listas de atividades, práticas e serviços fornecidos ao ecossistema, combinar componentes de extensão para apoiar a interação entre os stakeholders, reduzir a complexidade do sistema e o custo do ciclo de vida global do ECOS, realizar manutenções durante o processo de desenvolvimento [6], apresentar maior confiabilidade, funcionalidade, usabilidade, eficiência e portabilidade, e principalmente adquirir confiança, cooperação, conhecimento e colaboração da comunidade [3].

6. Discussões

Neste mapeamento sistemático encontramos limitações quanto a ausência de estudos publicados a respeito de como é analisada a qualidade de ECOS, métodos, técnicas, modelos, soluções, e características visando a garantia da qualidade. Outro fator relevante foi o risco da ausência de publicações para esta pesquisa, por não declarar nenhuma das palavras chaves da string de busca. Outro obstáculo foi a extração de dados das publicações por não mencionarem de forma direta os aspectos fundamentais para responder às questões de pesquisa.

Um meio para contornar esta ausência é a aplicação do Modelo de Qualidade de Produto da norma ISO/IEC 25010, que de acordo com Herrera et.al [16], define a qualidade de um sistema como medida de satisfação das necessidades declaradas e implícitas de seus vários stakeholders. Isso evidencia a razão de encontrarmos apenas seis estudos a respeito da gerência de qualidade de ECOS.

Em A1, os autores afirmam que as organizações precisam apresentar uma concepção ontológica unificada a fim de satisfazer todos os tipos de requisitos obtendo confiabilidade, qualidade de execução, evolução de qualidade, qualidade comportamental e adaptabilidade através da gestão de conhecimento dos stakeholders.

Os pesquisadores em A2 expõem que para identificar, consolidar e caracterizar as melhores práticas para soluções dos modelos de processo é preciso que os stakeholders sejam estimulados a participarem das discussões.

Em A3, os autores declaram que para obter uma maior clareza de como os stakeholders interferem na gestão e manutenção do equilíbrio da qualidade é necessário analisar o impacto destes nos indicadores de desempenho global.

Em A4, os pesquisadores expressam que criar um quadro contendo as atividades, técnicas e serviços fornecidos pela Keystone pode ajudar na quantificação da qualidade de um ECOS.

Como complemento em A5 os autores afirmam que para gerenciar melhor um ECOS é necessário verificar a sua arquitetura para que o mesmo cumpra as necessidades e requisitos definidos, dessa forma, garante qualidade, redução da complexidade e crescimento da produtividade a longo prazo.

Em A6 os pesquisadores apontam os desafios que a arquitetura pode trazer em relação a portabilidade, variabilidade, extensibilidade, como também aos indicadores de desempenho global gerando resultados sobre o estado da qualidade do ECOS.

Dentre os resultados obtidos foi possível perceber que os estudos relatam que tanto as keystones quanto os stakeholders influenciam diretamente na gerência da qualidade do produto e demonstram sua preocupação quanto à manutenção da qualidade através do gerenciamento do projeto e do produto observando as dimensões do sistema. Por conseguinte, mostram que a continuação deste estudo é relevante para a prosperidade do ECOS.

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste estudo, foi apresentado um resumo do mapeamento sobre como garantir a qualidade de ecossistemas de software, conduzido a partir da proposta de um protocolo e este pode ser um método eficiente de pesquisa. Porém é necessário ter uma grande disponibilidade de tempo para análise e síntese de publicações para obter respostas às questões de pesquisa. Este trabalho também teve limitações quanto a quantidade de publicações encontradas sobre o assunto.

Os estudos encontrados neste mapeamento foram de grande importância para responder às questões levantadas no protocolo evidenciando que tanto as keystones quanto os stakeholders influenciam diretamente na gerência de qualidade do ECOS.

Deste modo, podemos afirmar que a pesquisa foi concluída sobre o ponto de vista científico e agrega valor científico ao demonstrar que através da junção da norma ISO/IEC 25010 com as dimensões do sistema é possível

caracterizar os fatores utilizados para manter ou melhorar a qualidade do ECOS.

Em trabalhos futuros, é relevante continuar a pesquisa sobre como a qualidade dos ECOS podem trazer consequências, como também descobrir novas técnicas, modelos e métodos para que esta continue sendo importante para as novas tendências de ecossistemas, e posteriormente, pretende-se elaborar um survey com comunidades de pesquisa e de profissionais, a fim de analisar os achados obtidos no mapeamento.

8. Referências

- [1] Jan Bosch. From Software Product Lines to Software Ecosystem. In: Proceedings of 13th International Software Product Line Conference, pp. 1-10, San Francisco, CA, USA, August. 2009.
- [2] Rodrigo Pereira dos Santos, George Valença, Davi Viana, Bernardo Estácio, Awdren De Lima Fontão, Sabrina Marczak, Claudia Maria Lima Werner, Carina Alves, Tayana Conte, Rafael Prikladnicki. Qualidade em ecossistemas de software: Desafios e oportunidades de pesquisa. In Proceedings of VIII Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems, pages 41-44. P. Schugerl, J. 2014.
- [3] A. M. Alves, Marcelo Pessôa. Brazilian Public Software: Beyond Sharing. Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems. 2010.
- [4] ISO/IEC 25010. Systems and software engineering—systems and software quality requirements and evaluation (SQuARE) —system and software quality models. 2011.
- [5] Raul Sidnei Wazlawick. Análise e projeto de sistemas de informação orientados a objetos: modelagem com UML, OCL e IFML (3 ed.). 2015.
- [6] Jakob Axelsson and Mats Skoglund. Quality assurance in software ecosystems: A systematic literature mapping and research agenda. Journal of Systems and Software. 2016.
- [7] Rebeca T. da Silva, F. Luiz Gustavo, Edneuci D. Audacio, Elias C. Genvigir. Identifying Actors to Support Software Ecosystem Health. Proceedings of the Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems. 2017.
- [8] Simone da Silva Amorim, John D. McGregor, Eduardo Santana de Almeida, Christina von Flach G. Chavez. Software Ecosystems' Architectural Health: Another View. Proceedings of the Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems. 2017.
- [9] Konstantinos Manikas and Klaus Marius Hansen. Software ecosystems A systematic literature review. Journal of Systems and Software, vol. 86, no. 5, pp. 1294-1306. 2013.
- [10] Rodrigo Pereira dos Santos and Cláudia Maria Lima Werner. A proposal for software ecosystems engineering. In: IWSECO@ ICSSOB. [S.l.:s.n.], p.40-51. 2011.
- [11] Zamboni, A. B.; Thommazo, A. D.; Hernandes, E. C. M.; Fabbri, S. C. P. F. StArt (State of the Art through Systematic Review). http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool. 2010.
- [12] Victor R Basili and David M Weiss. A methodology for collecting valid software engineering data. IEEE Transactions on software engineering 6, 728-738. 1984.
- [13] Barbara Kitchenham and Stuart Charters. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. Staffordshire, UK. 2007.
- [14] Philipp Schugerl, Juergen Rilling, René Witte, Philippe Charland. A quality perspective of software evolvability using semantic analysis. ICSC 2009 - 2009 IEEE International Conference on Semantic Computing. 2009.
- [15] J. Yates Monteith, John D. McGregor, John E. Ingram. Proposed Metrics on Ecosystem Health. Proceedings of the 2014 ACM International Workshop on Software-defined Ecosystems. 2014.
- [16] Mayte Herrera, Ma Ángeles Moraga, Ismael Caballero, and Coral Calero. Quality in Use Model for Web Portals (QiUWeP). In: Daniel F., Facca F.M. (eds) Current Trends in Web Engineering. (ICWE 2010), Vol. 6385. Springer, Berlin, Heidelberg, 89-93. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16985-4_9. 2010.
- [17] Felizardo, K. E.; Silva, I. D.; Nunes, M. A. S. N.; Nakagawa, E. Y.; Ferrari, F. C.; Fabbri, S. C. P. F.; JúnioR, J. H. S. Almanaque para popularização de ciência da computação Série 6: Metodologia Científica e Tecnológica; Volume 7: Mapeamento Sistemático - PARTE 1. 1. ed. Porto Alegre: SBC, 2018. v. 7. 36p.

Un Análisis inicial de APIs REST de Aplicaciones basadas en Microservicios

Gonzalo del Corro
ISISTAN (UNICEN-CONICET)
Tandil, Argentina
gonzalo.delcorro@isistan.unicen.edu.ar

J. Andrés Díaz Pace
ISISTAN (UNICEN-CONICET)
Tandil, Argentina
andres.diazpace@isistan.unicen.edu.ar

Guillermo Rodríguez
ISISTAN (UNICEN-CONICET)
Tandil, Argentina
guillermo.rodriguez@isistan.unicen.edu.ar

Ariel Monteserín
ISISTAN (UNICEN-CONICET)
Tandil, Argentina
ariel.monteserin@isistan.unicen.edu.ar

Resumen

En los últimos años, el uso de microservicios ha crecido considerablemente por parte de las empresas, con fines de modernizar sus productos y aprovechar beneficios tales como: agilidad, escalabilidad, integración continua, entre otros. Paralelamente, las tareas de despliegue y puesta en producción de los servicios de forma rápida se han vuelto de relevancia para los equipos de IT. En esta línea, una práctica actual es la utilización de tecnologías de contenedores, por consumir pocos recursos, ser escalables y permitir una rápida migración entre infraestructuras heterogéneas. Sin embargo, aún no existe un modelo estándar para la implementación de una infraestructura que integre microservicios con contenedores. Una forma de analizar y recabar conocimiento sobre dicha integración es a través de la información presente en las especificaciones de los microservicios. En este trabajo se presenta un primer análisis en este sentido que, mediante técnicas de procesamiento de texto en lenguaje natural, busca extraer y sistematizar guías sobre requerimientos no funcionales y despliegue, de forma tal de contribuir a lograr despliegues de arquitecturas de microservicios más eficientes usando tecnologías de contenedores. El análisis fue realizado sobre un corpus de 1026 especificaciones de APIs REST, y se obtuvieron indicios interesantes sobre prácticas actuales de despliegue para microservicios.

1. Introducción

El uso de microservicios en aplicaciones ha crecido considerablemente en los últimos años. Sin embargo, la falta de consenso en la definición de lo que comprende

un microservicio [11] y en aspectos metodológicos de adopción/migración hacia arquitecturas basadas en microservicios plantea aún varios desafíos a los desarrolladores de software.

Dado que los proyectos de software poseen tiempo y recursos cada vez más escasos, disponibilizar los servicios (o microservicios) de forma rápida y efectiva se ha vuelto esencial en los modelos de ciclo de vida [14]. En esta línea, una práctica recomendada es la utilización de tecnologías de contenedores, ya que consumen pocos recursos computacionales, son escalables y brindan un buen soporte para infraestructuras heterogéneas [7]. Una buena integración entre una arquitectura basada en microservicios y la tecnología de contenedores promete entregar un ambiente de forma ágil y escalable. Esta visión apunta a lograr plasticidad para atender tanto demandas básicas de las empresas como también demandas de escala global, como por ejemplo las ciudades inteligentes [15]. Si bien los microservicios se conocen en la industria del software desde hace varios años, existen todavía varias líneas de investigación que precisan ser abordadas en este temática [2]. Si bien se han reportado algunos estudios recientes sobre microservicios y contenedores [2, 21], generalmente los esfuerzos han estado relacionados a evaluaciones de rendimiento [14, 22]. En esta línea, se evidencia una escasa investigación sobre prácticas de integración adecuadas para arquitecturas de microservicios con contenedores.

Por un lado, los microservicios son servicios de granularidad fina, que modelan una capacidad de negocio individual, y cada uno ejecutando en su propio proceso y comunicándose con otros microservicios a través de mecanismos livianos (por ej., HTTP) [17]. Una característica clave de los microservicios es su modalidad

de despliegue, ya que pueden desplegarse independientemente unos de otros. Por otro lado, un contenedor funciona como un proceso aislado en el espacio de usuario, que utiliza menos recursos que una máquina virtual, y con un proceso de inicio casi instantáneo. Al prescindir de una capa de virtualización de hardware, la sobrecarga de los contenedores es baja. Adicionalmente, esta tecnología promueve un aumento del rendimiento y optimización del uso del hardware. Esto representa una notable ventaja para los desarrolladores, ya que no tienen que preocuparse por cómo sería la máquina host de la aplicación. También se reduce la necesidad de realizar extensas pruebas en los ambientes de producción, ya que un contenedor puede ser fácilmente transferido a otros equipos, fomentando una mejor productividad durante el desarrollo [1].

Sin embargo, toda esta disponibilidad de nuevas arquitecturas y de tecnologías tiene un costo, y en el caso de los microservicios y contenedores, se refiere a la ausencia de modelos o prácticas estándar para la implementación de una infraestructura donde sea posible integrar microservicios y contenedores. Por el lado de los microservicios, éstos son a menudo especificados usando descripciones como OpenAPI o Swagger [8], mientras que para los contenedores, Docker se ha constituido como la tecnología de facto [22].

En este contexto, el presente artículo reporta un análisis exploratorio de especificaciones de microservicios aplicando técnicas de minería de texto escrito en lenguaje natural [24], con el objetivo de identificar aspectos comunes de despliegue de microservicios en contenedores. La hipótesis que conduce el análisis es que existen estructuras textuales (por ej., tópicos, indicios, relaciones) en las especificaciones de microservicios que pueden brindar información para inferir cómo un microservicio se despliega actualmente en un contenedor y qué aspectos son relevantes para ello. Conceptualmente, el enfoque de minería utilizado se organizó en 4 etapas, a saber: generación de un corpus, pre-procesamiento, construcción del modelo, e identificación de tópicos. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó un corpus de especificaciones de 1026 APIs REST de microservicios, contenidas en documentos OpenAPI y Swagger. El análisis de este corpus detectó un número interesante de indicios sobre el despliegue de los microservicios en contenedores.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma. La Sección 2 introduce los conceptos principales de microservicios y contenedores. La Sección 3 enumera diversos trabajos abocados a integración de microservicios y tecnologías de contenedores. La Sección 4 explica el enfoque propuesto para minar aspectos de interés a partir de especificaciones de microservicios. La Sección 5 discute los resultados de la evaluación

experimental. Finalmente, la Sección 6 presenta las conclusiones del trabajo y enumera líneas de trabajo futuro.

2. Marco Conceptual

El paradigma de microservicios puede considerarse como un enfoque o patrón arquitectónico para desarrollar una aplicación en base a un conjunto de pequeños servicios, los cuales son altamente cohesivos y bajamente acoplados entre sí [17], y adicionalmente se despliegan independientemente. A diferencia de una arquitectura de servicios monolítica, los microservicios promueven capacidades independientes (es decir, por servicio) para atender aspectos de despliegue y escalabilidad, y pueden ser desarrollados usando diferentes tecnologías. En términos del modelo de ciclo de vida, es posible implementar un nuevo microservicio que pueda coexistir, evolucionar, o sustituir a un microservicio anterior, de acuerdo con las necesidades del negocio [26]. Generalmente, los microservicios son soportados por una estructura de despliegue y orquestación [20]. La Figura 1 ejemplifica una vista de ejecución (runtime) de una aplicación construida en base a 4 microservicios (y repositorios), cada uno desplegado en forma independiente en un contenedor, y luego orquestados por un motor de contenedores (por ej., Kubernetes o Rancher).

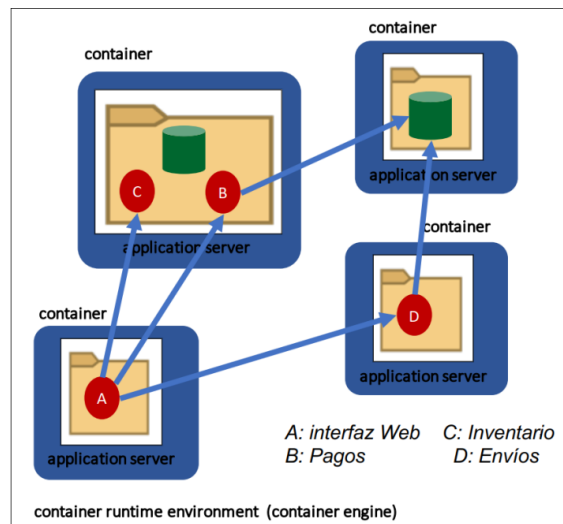


Figura 1. Despliegue típico de microservicios y contenedores

El uso conjunto de microservicios y contenedores es un camino natural para mejorar la productividad y calidad en la atención a las crecientes demandas del mercado. Cada contenedor funciona como un proceso

aislado en el espacio de usuario, utilizando menos recursos que una máquina virtual y con un proceso de inicio casi instantáneo. Como no existe la capa de virtualización de hardware, la sobrecarga de los contenedores es mínima. En esta línea, herramientas como Docker se construyen alrededor de motores de contenedores donde los contenedores funcionan como medios portátiles para empaquetar aplicaciones. Esto resulta en la necesidad de administrar dependencias entre contenedores en aplicaciones de varias capas. Para ello, un plan de orquestación puede describir componentes, sus dependencias y su ciclo de vida. Por ejemplo, una nube tipo PaaS (Platform as a service) puede ejecutar los flujos de trabajo del plan a través de agentes (como un motor de contenedor). La orquestación se refiere aquí a su construcción coordinada, implementación y administración continua. Herramientas como Kubernetes es un caso de orquestación de contenedores [19]. Kubernetes posibilita una implementación basada en contenedores dentro de nubes tipo PaaS, centrándose específicamente en sistemas basados en clústers. Kubernetes puede proporcionar una aplicación nativa de la nube, y hasta un sistema distribuido y escalable horizontalmente compuesto de microservicios, con capacidades operativas tales como soporte de elasticidad y resiliencia. Por esta razón, la adopción de arquitecturas de microservicios basados en contenedores está cambiando el paradigma de diseño de aplicaciones [9].

De acuerdo con un informe de Forrester¹ de 2015, el término “microservicio” ya se presentaba como un tema relevante tanto en el contexto académico como en el contexto de la industria del software, motivado por la facilidad y agilidad en la entrega, resiliencia y escalabilidad operacional, y es empleado por empresas como Google, NetFlix y eBay. Según IDC², el crecimiento en la utilización de microservicios está vinculado a la tecnología de contenedor. Los contenedores son una tecnología para virtualizar aplicaciones de una manera ligera, que produce ahorros significativos en la administración de aplicaciones en nube. Desde el año 2008, la tecnología de contenedores forma parte del kernel de Linux. Esta tecnología permite aislar y rastrear la utilización de recursos, promoviendo ganancias de rendimiento y optimización del uso del hardware.

Las prácticas de construcción y despliegue de contenedores, ya sea individualmente y en ambientes de tipo cluster, se ha convertido en un desafío para muchas organizaciones [22], que naturalmente afecta al desarrollo basado en microservicios. Si bien el uso de contenedores aporta varias ventajas, toda esta

disponibilidad de nuevas arquitecturas y tecnologías generalmente se implementa de manera ad-hoc, debido a la ausencia de un modelo estándar para la implementación de una infraestructura donde sea posible integrarlas, entregando un ambiente estable y ágil para los equipos de desarrollo.

3. Trabajos Relacionados

Los microservicios han tenido un notable crecimiento vinculado a la tecnología de contenedores. En [25], Stubb et al. analizan la tecnología de contenedores y el desafío del descubrimiento de servicios en arquitecturas de microservicios. Los autores presentan una solución de sincronización del sistema de archivos entre contenedores de Docker usando Git. En [9], los autores coinciden en que los microservicios pueden simplificar la orquestación de aplicaciones en nubes heterogéneas y micro-datacenters emergentes. Sin embargo, la creación de tales aplicaciones (por ejemplo, nubes de IoT para ciudades inteligentes) requiere profundizar investigaciones en algoritmos y plataformas de programación y administración de recursos para gestionar micro-sistemas altamente distribuidos y en red. Por otro lado, Garriga et al. han definido una estructura de análisis preliminar en la forma de una taxonomía de conceptos, abarcando el ciclo de vida de microservicios, así como aspectos organizacionales [4]. Esta estructura es necesaria para permitir la evaluación y selección de modelos y herramientas basadas en microservicios. En esta línea, los autores [22] identificaron, clasificaron taxonómicamente y compararon el cuerpo de investigación existente en contenedores y su orquestación y, específicamente, la aplicación de esta tecnología en la nube.

Siguiendo la línea del análisis de las especificaciones textuales de microservicios, Haupt et al. aplicaron análisis estructural de APIs REST, resultando en un conjunto de métricas básicas y agregadas que caracterizan un conjunto de API y también guía otras tareas de gobernanza. Las ventajas de este enfoque es que se puede aplicar en tiempo de diseño (ya que solo requiere modelos de APIs pero no sus implementaciones) y que es fácilmente aplicable a grandes conjuntos de API [12]. En un trabajo posterior, los autores presentaron un *framework* para el análisis estructural de APIs REST basado en las descripciones de los documentos. Habiendo estudiado 286 descripciones de APIs disponibles como documentos Swagger, derivaron en un meta-modelo canónico para APIs REST. Mediante análisis de métricas y características estructurales, se analizó si dichos documentos cumplían con el estilo arquitectónico REST [11]. Gamez-Díaz et al. presentaron un análisis sistemático de 69 especificaciones tipo XaaS (Anything as a Service) que ofrecen API RESTful como parte de su

¹ <https://www.forrester.com/report/Microservices+Have+An+Important+Role+In+The+Future+Of+Solution+Architecture/-/E-RES123031>

² <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US42652317>

modelo de negocio. Específicamente, los autores revisaron en detalle los planes que son parte de las descripciones expuestas de XaaS que podrían ser utilizadas como un primer paso para identificar los requerimientos para la creación de un modelo de gobernanza de APIs REST. Adicionalmente, los autores proporcionan un conjunto de datos abiertos para enriquecer el análisis en trabajos futuros [10].

A pesar de los esfuerzos anteriormente mencionados, el aprovechamiento del conocimiento presente en las especificaciones de microservicios y en las configuraciones de contenedores sigue siendo un área poco explorada. Actualmente, algunos autores están llevando a cabo investigaciones para contemplar aspectos no funcionales que puedan contribuir a mejores prácticas de despliegue [3, 4], pero solamente se han reportado resultados iniciales más que prácticas concretas.

4. Enfoque de Análisis

El enfoque de análisis desarrollado en este trabajo parte de la premisa de que las descripciones y especificaciones de APIs REST podrían contener información referida a prácticas de despliegue y aspectos no funcionales de una aplicación. En consecuencia, se hace necesario aplicar técnicas que permitan recuperar y analizar el contenido de dichas especificaciones.

En particular, la especificación OpenAPI (anteriormente conocida como Swagger) ha tenido una considerable atención en los últimos años [16]. OpenAPI es una API de documentación para especificar servicios web RESTful. Siguiendo el formato YAML, OpenAPI permite crear descripciones de interfaz legibles por una computadora para documentar, producir, consumir y visualizar API basadas en HTTP. OpenAPI cuenta con un amplio apoyo en la comunidad Web con varios proyectos de código abierto construidos a su alrededor. La Tabla 1 provee una visión general de las propiedades de un documento OpenAPI.

Cuadro 1. Propiedades de un documento OpenAPI

Propiedad	Descripción
openapi	Versión de OpenAPI
info	Título y versión del documento
servers	Lista de endpoints URL concretos
security	Opciones de autenticación y autorización
paths	Lista de paths de APIs prefijados por un servidor de URLs
tags	Grupos de paths identificados por una categoría
component	Detalles reusables como esquemas
summary	Descripción de una operación definida dentro de un path
description	Descripción general de la especificación OpenAPI

Específicamente, el enfoque propuesto analiza las propiedades *description* y *summary*, por ser secciones estructuradas que se componen de texto escrito en lenguaje natural, a través del cual se podría extraer conocimiento sobre aspectos relacionados al despliegue de microservicios en tecnología de contenedores. La Figura 2 muestra un extracto de un documento OpenAPI donde se puede apreciar un servicio que expone un libro de direcciones. Dentro de sus operaciones, se puede ver la propiedad “get” con el path “/contacts” para la cual la propiedad “description” indica que se obtienen todos los contactos del libro de direcciones.

```

---
openapi: 3.0.0
servers:
  - description: Development Server
    url: http://127.0.0.1:3000
info:
  version: 1.0.0
  title: Address Book Service
  description: The API of the Address Book Service.
tags:
  - name: contact
    description: Everything about contacts.
paths:
  "/contacts":
    get:
      tags:
        - contact
      description: Returns all contacts.
      operationId: getContacts
      responses:
        '200':
          description: All the contacts.
  
```

Figura 2. Extracto de un documento OpenAPI

Existen diversos métodos de extracción de información a partir de documentos de texto que pueden aplicarse a las descripciones y especificaciones de APIs. En particular, nuestro enfoque se basa en el “modelado de tópicos” utilizando el modelo Latent Dirichlet Allocation (LDA) definido por Blei et al. [6], con el objetivo de lograr una primera aproximación en la búsqueda de conocimiento relevante relativo a microservicios y contenedores. El modelado de tópicos es un conjunto de algoritmos que utiliza modelos probabilísticos para descubrir la estructura semántica subyacente a todos los documentos que existen en un determinado corpus [5]. Un tópico consiste en un conjunto de palabras que tienden a aparecer con frecuencia juntas en un determinado contexto. Usando indicios del contexto, el modelado de tópicos puede conectar palabras con significado similar y distinguir entre el uso de palabras con múltiples significados [18].

LDA es un modelo probabilístico generativo de tópicos. Los documentos de un corpus se representan como una combinación aleatoria sobre tópicos latentes, donde cada tópico está caracterizado por una distribución de probabilidades sobre un vocabulario fijo de palabras [13]. En LDA, el proceso de modelado gira en torno a tres elementos, a saber: el corpus de texto, su colección de documentos, y las palabras en los documentos. Por lo tanto, el algoritmo intenta descubrir K tópicos de este corpus de la siguiente manera:

Para cada documento en un corpus:

1. Seleccionar aleatoriamente una distribución de tópicos.
2. Para cada palabra del documento:
 - Seleccionar un tópico aleatoriamente sobre los tópicos generados en el paso 1.
 - Seleccionar una palabra aleatoria sobre su correspondiente vocabulario.

Al finalizar el proceso se obtendrá la probabilidad de pertenencia de cada palabra de cada documento a cada tópico [6, 5]. El contar con un inicio aleatorio hace que cada vez que se utilice el modelo sobre un corpus, los resultados puedan mostrar cierta variación.

El flujo de trabajo propuesto para la detección de los tópicos se muestra en la Figura 3, y consta de cuatro etapas: i) generación del corpus, ii) pre-procesamiento, iii) construcción del modelo, y iv) identificación de tópicos. Puede ajustarse la salida (los tópicos) variando el pre-procesamiento o modificando los parámetros de entrada al modelo LDA. A continuación se brindan detalles de cada etapa.

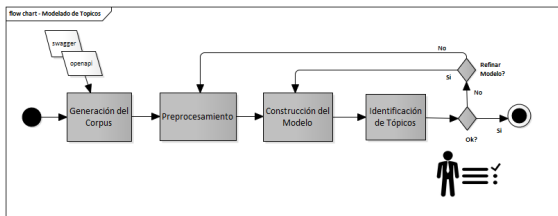


Figura 3. Flujo de trabajo propuesto

Generación del Corpus

Esta primera etapa consiste en generar el corpus de referencia. Debe estar formado por una colección de documentos de texto plano que, una vez procesados, el algoritmo tomará como entrada para la construcción del modelo LDA. En nuestro caso, los documentos son especificaciones textuales de APIs REST.

Pre-procesamiento

En casi todas las áreas de procesamiento del lenguaje natural (ya sea modelado de tópicos, agrupamiento de palabras, o clasificación de texto de documentos), se tiene que someter el texto en bruto de entrada a algunos pasos de procesamiento y limpieza, para convertirlo a un formato legible e interpretado por un programa de software. El pre-procesamiento de texto generalmente involucra los siguientes pasos [24]:

- **Tokenización:** es el proceso de tomar una secuencia de caracteres de un documento dado y dividir la secuencia en sus partes constitutivas o “tokens”.
- **Filtro de stopwords:** son palabras que por su frecuencia y/o semántica no poseen valor discriminatorio para el análisis, es decir no permiten distinguir un documento de otro en una colección. Habitualmente se trata de artículos, pronombres, preposiciones, verbos muy frecuentes, adverbios, etc.
- **Lematización:** consiste en reducir palabras basadas en un diccionario o vocabulario real (el lema). A diferencia del *stemming*, que corta palabras en formas derivadas que suelen no tener significado léxico, el lematizador solo elimina el final de la palabra si la palabra resultante se encuentra en el diccionario.
- **Vectorización:** representando el texto en formato vectorial. Uno de los métodos más simples es el enfoque de *bags of words*, donde se crea una matriz (para cada documento o texto en el corpus) que almacena frecuencias de términos (recuentos de palabras).

Construcción del Modelo

Para un modelo LDA estándar hay varios parámetros que se deben tener en cuenta antes de utilizar el modelo. Estos parámetros incluyen:

- **n_topics:** el número de tópicos específico para el modelo.
- **alpha:** representa la densidad documento-tópico. Cuanto mayor sea el valor de alfa, los documentos se componen de más tópicos, y cuanto menor sea el valor de alfa, los documentos contienen menos tópicos.
- **beta:** representa la densidad palabra-tópico. Si el valor de beta es alto, los tópicos se componen de un gran número de palabras en el corpus, mientras que para menores valores de beta, se componen de pocas palabras.

Identificación de Tópicos

La identificación de tópicos se efectúa mediante la invocación al modelo LDA generado en el paso anterior. Comúnmente, cada tópico es evaluado para intentar inferir un tema en particular desde el conjunto de palabras que conforman el tópico, pero los resultados no siempre son fáciles de interpretar ni evidentes. Adicionalmente, no siempre es posible asignar un nombre único a un tópico. Debido a esto, como se observa en la Figura 3 el enfoque planteado contempla una actividad de evaluación de la salida con el objetivo de mejorar la calidad de los tópicos. La evaluación consiste en:

1. Refinar el pre-procesamiento: se busca eliminar palabras intrusas (no relacionadas) y palabras “aburridas” (genéricas).
2. Ajustar el modelo: se realizan diversos experimentos, con diferentes configuraciones de parámetros, hasta hallar los mejores tópicos posibles.

5. Experimentos y Resultados

La hipótesis experimental es que la técnica de LDA es capaz de detectar aspectos no funcionales en especificaciones textuales de microservicios que puedan dar indicios sobre cómo esos microservicios son desplegados en contenedores. Dichos indicios podrían ser utilizados por los equipos de TI para guiarlos hacia un despliegue más automático de los microservicios. Para poner esta hipótesis a prueba, como así también guiar el análisis de resultados, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Es posible hallar aspectos no funcionales y de despliegue en especificaciones de microservicios escritas en lenguaje natural?
2. ¿Qué proporción de las especificaciones arquitectónicas representa los aspectos no funcionales y aspectos de despliegue de microservicios?

El experimento consistió en aplicar el enfoque de análisis propuesto a las especificaciones de APIs REST³ bajo dos técnicas (implementaciones) muy conocidas en el área de modelado de tópicos: *SKLearn*⁴ y *Gensim*⁵.

El repositorio analizado está formado por 326 aplicaciones (adobe, instagram, amazon, github, entre otras) que contienen 1418 archivos “swagger.yaml” y “openapi.yaml” y, de estos últimos, 1026 (72,35%) contienen las propiedades *description* y *summary* que fueron usadas para formar los documentos. El flujo de

etapas de procesamiento del experimento está disponible en: <https://github.com/gondelcorro/Modelling-Topic>.

De acuerdo con la Figura 3, el primer paso fue crear el corpus de referencia a partir de las especificaciones de APIs de nuestro repositorio de estudio. El proceso consistió en recorrer el repositorio y, para cada uno de los archivos swagger y openapi que se encuentran en los distintos directorios de las aplicaciones, se generó un documento con la información presente en los tags *description* y *summary* (para cada operación http del path correspondiente). Finalmente, se obtuvo un corpus con un total de 1026 documentos.

5-A. Técnica I - SKLearn

El primer experimento se realizó empleando SKLearn, una herramienta simple y eficiente para el minado y análisis de datos en Python.

Para la etapa de pre-procesamiento, como se definió en la sección anterior, se realizaron 4 actividades, a saber:

- Tokenización: a partir del corpus obtenido se generaron los tokens usando la biblioteca *nlk* (Natural Language Toolkit) mediante la invocación al método *word_tokenize()*.
- Filtro de *stopwords*: la eliminación de *stopwords* se realizó chequeando el contenido del documento contra un listado disponible. Por lo tanto, para ambas técnicas, se construyó una única lista de *stopwords* con *nlk* considerando, además de las *stopwords* que proporciona la propia biblioteca (para el idioma inglés), una serie de palabras propias del contexto, tales como: *api*, *rest*, *service*, *http*, *url*, entre otras.
- Lematización: dado que *SKLearn* no trae ningún lematizador incorporado, se extendió la clase *CountVectorizer* sobrescribiendo el método *build_analyzer()*, a fin de implementar el lematizador en cada documento del corpus.
- Vectorización: aquí se inicializó un objeto de frecuencia de término a través de la función *CountVectorizer* de *SKLearn*. En particular, el parámetro “*min_df*” se refiere a la frecuencia mínima (umbral) del documento y el vectorizador simplemente descarta todas las palabras que ocurran por debajo de ese valor umbral. Finalmente se aplica el método *fit_transform()* para transformar el texto sin formato a su forma vectorial (matriz de términos).

Para construir el modelo LDA en *SKLearn*, basta con crear una instancia de la clase *LatentDirichletAllocation* invocando al método *LatentDirichletAllocation()*. Afortunadamente, *SKLearn* ofrece una clase *GridSearchCV* que se puede

³ <https://github.com/APIs-guru/openapi-directory>

⁴ <http://scikit-learn.org>

⁵ <https://radimrehurek.com/gensim>

usar para realizar una búsqueda del mejor conjunto de parámetros a evaluar sobre el modelo. Esto simplifica el proceso de prueba y ajuste de los parámetros del modelo. Para este caso, los parámetros evaluados fueron:

- **n_components**: [3, 5, 10, 15]
- **learning_decay**: [.5, .7, .9]
- **max_iter**: [10, 20, 30]

GridSearchCV construye una cantidad de modelos LDA que es igual al número de combinaciones posibles entre los parámetros de búsqueda. El mejor modelo generado se puede obtener con el atributo *best_estimator_*, y con *best_params_* tomamos los mejores parámetros del modelo LDA. Los resultados obtenidos fueron:

```
Mejores parámetros para el modelo:
'learning_decay': 0.9, 'max_iter': 30,
'n_components': 3
Log Likelihood Score: -135016.4714
Perplexity: 858.5186
```

La Figura 4 representa la elección óptima de los parámetros del modelo LDA. Para una ejecución de 30 iteraciones se observa cómo, a medida que el número de tópicos crece, el valor de la función de verosimilitud⁶ (expresado en logaritmo) disminuye y la tasa de aprendizaje (controlada por *learning_decay*) se deteriora. *Perplexity* es una métrica ampliamente usada en el modelado de tópicos para medir el grado de cohesión de una palabra dentro de un tópico. Claramente los mejores valores para el modelo son número de tópicos = 3 y *learning_decay* = 0.9.

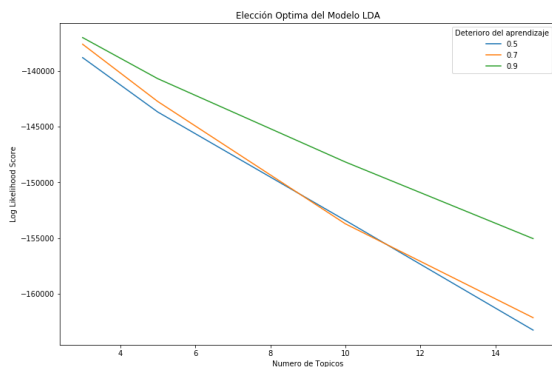


Figura 4. Elección óptima del modelo mediante grid search

⁶ función de los parámetros de un modelo estadístico que permite realizar inferencias acerca de su valor a partir de un conjunto de observaciones.

Para mostrar los tópicos, se definió una función que retorna las 30 palabras de cada tópico generados en el modelo LDA. Esta función recibe los siguientes parámetros:

- **best_lda_model**: El mejor modelo obtenido con *GridSearchCV*.
- **tf_feature_names**: Las características de la matriz de términos.
- **n_top_words**: El número de palabras por tópico.

Los tópicos detectados se muestran en la Figura 5.

Topics in LDA model:

```
Topic #0:specified subscription get azure
network resource retrieve group entity
microsoft fabric management event provides
node operation manage update cluster
deletes database account container
associated creates application information
interact version certificate
=====
Topic #1:search send entry single return
information order given invoice parameter
product url retrieve specific field date
object item detail query project result
player available time header file href
category number
=====
Topic #2:subscription item operation invoice
revenue payment entity version credit
account schedule retrieve field charge minor
preview order method refund cancel oauth
multi event accounting product specify
tenant authentication journal access
```

Figura 5. Salida del modelo LDA con SKLearn

Para clasificar un documento como perteneciente a un tópico en particular, el enfoque usado consiste en ver qué tópico tiene la mayor contribución a ese documento y asignarlo. En la Tabla 2 se listan los primeros 20 documentos junto con la proporción de contribución a cada tópico. El tópico predominante (marcado con color rojo) se detalla aparte en su propia columna. Finalmente, haciendo una distribución cruzada de los datos se obtiene el número de documentos por tópico (Tabla 3).

Una forma de visualización muy común son las *word clouds* (nube de palabras). Éstas son imágenes compuestas por una combinación de palabras distintas que pueden constituir un texto y donde el tamaño de cada palabra es proporcional a la frecuencia de la palabra en ese texto. Como ejemplo, la Figura 6 muestra la *word cloud* para el tópico 0 (tópico dominante).

Cuadro 2. Tópico dominante por documento

	Topic0	Topic1	Topic2	TopicDom
Doc0	0.03	0.94	0.03	1
Doc1	0.09	0.77	0.14	1
Doc2	0.08	0.92	0	1
Doc3	0.08	0.86	0.06	1
Doc4	0.22	0.4	0.39	1
Doc5	0.22	0.4	0.39	1
Doc6	0.22	0.4	0.39	1
Doc7	0.5	0.01	0.49	0
Doc8	0.5	0.01	0.49	0
Doc9	0.61	0.02	0.37	0
Doc10	0.61	0.02	0.37	0
Doc11	0.36	0.14	0.51	2
Doc12	0.92	0.08	0	0
Doc13	0.06	0.89	0.06	1
Doc14	0	1	0	1
Doc15	0.36	0.63	0.01	1
Doc16	0.88	0.11	0.01	0
Doc17	0	1	0	1
Doc18	0.33	0.33	0.33	0
Doc19	0.04	0.92	0.04	1

Cuadro 3. Número de documentos por tópico

Topico	#Doc
0	626
1	390
2	10



Figura 6. Word cloud tópico dominante

5-B. Técnica II – Gensim

En el segundo experimento se utilizó *Gensim*, que es una biblioteca robusta, eficiente y sin problemas para realizar modelos semánticos en Python a partir de texto sin formato.

Los datos se pre-procesaron de la siguiente manera:

- Tokenización: en este caso se generaron los tokens usando el método *simple_preprocess()* que nos brinda *Gensim*.
- Filtro de *stopwords*: se llevó a cabo empleando la misma lista de *stopwords* definida para la Técnica I.
- Lematización: para la lematización se usó la biblioteca *Spacy*, seleccionando solamente las palabras que eran sustantivos, adjetivos, verbos y adverbios mediante *pos-tagging*, proceso que asigna (o etiqueta) a cada una de las palabras de un texto su categoría gramatical.
- Vectorización: *Gensim* crea una identificación única para cada palabra en el documento. El corpus (o matriz de términos) producido es un mapeo de (palabra_id, palabra_frecuencia). Por ejemplo, (0, 1) implica que la palabra id 0 aparece una vez en el documento. Esto se usa como entrada para el modelo LDA.

En *Gensim*, la construcción del modelo LDA se realiza instanciando la clase *gensim.models.ldamodel* e invocando al método *LdaModel()*. Nuevamente, para evitar la tarea manual de prueba y evaluación de los parámetros del modelo, se implementó una función que genera modelos LDA según una lista de parámetros. En este experimento el parámetro evaluado fue *num_topics* en un rango de valores del 1 al 10. Como se puede observar en la Figura 7, el valor de la función de verosimilitud alcanza su valor máximo (-462279.036) cuando el número de tópicos es 3, mientras que la *perplexity* del modelo es 124.457.

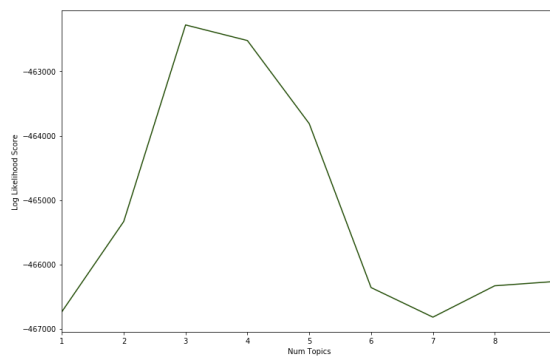


Figura 7. Elección óptima del modelo

La clase *ldamodel* de *Gensim* contiene el método *print_topics((num_words=30))* al cuál al ser invocado muestra las 30 primeras palabras de los tópicos de nuestro modelo LDA. La salida luego de la invocación se representa en Figura 8.

Topic 0:
0.015*"use" + 0.013*"com" + 0.009*"subscription"
+ 0.009*"would" + 0.009*"product" + 0.009*"retrieve" +
0.007*"account" + 0.007*"item" + 0.007*"search" +
0.007*"new" + 0.007*"order" + 0.007*"key" +
0.006*"developer" + 0.006*"add" + 0.006*"payment" +
0.006*"fetch" + 0.005*"version" + 0.005*"access" +
0.005*"give" + 0.005*"operation" + 0.005*"return" +
0.005*"page" + 0.005*"group" + 0.005*"single" +
0.005*"information" + 0.005*"event" + 0.005*"invoice" +
0.005*"query" + 0.005*"client" + 0.004*"header"
=====

Topic 1:
0.018*"return" + 0.017*"get" + 0.014*"fabric" +
0.011*"information" + 0.011*"use" + 0.010*"give" +
0.010*"cluster" + 0.009*"search" + 0.009*"player" +
0.008*"endpoint" + 0.008*"date" + 0.008*"report" +
0.008*"would" + 0.008*"application" + 0.007*"br" +
0.007*"li" + 0.006*"type" + 0.006*"detail" +
0.006*"specify" + 0.006*"facility" + 0.006*"find" +
0.006*"specific" + 0.006*"stat" + 0.006*"object" +
0.005*"result" + 0.005*"name" + 0.005*"echo" +
0.005*"health" + 0.005*"com" + 0.005*"node"
=====

Topic 2:
0.031*"azure" + 0.025*"specify" + 0.022*"network" +
0.019*"resource" + 0.016*"get" + 0.016*"microsoft" +
0.014*"entry" + 0.014*"retrieve" + 0.014*"management" +
0.014*"web" + 0.012*"type" + 0.012*"group" +
0.011*"search" + 0.010*"project" + 0.010*"set" +
0.010*"manage" + 0.009*"job" + 0.009*"provide" +
0.009*"app" + 0.008*"entity" + 0.008*"file" +
0.008*"delete" + 0.007*"certificate" + 0.007*"key" +
0.007*"database" + 0.007*"security" + 0.007*"container" +
0.007*"associate" + 0.006*"update" + 0.006*"template"

Figura 8. Salida del modelo LDA con Gensim

De la misma manera que en el experimento anterior, se determinó de qué tópico trata cada documento. Los resultados se exponen en la Tabla 4 para los primeros 10 documentos, mientras que en la Tabla 5 se muestra el número de documentos asignados a cada tópico. Por último, se generó también la *word cloud* para el tópico dominante.

Cuadro 4. Tópicos dominantes por documento

	TopicDom	%Contribución
Doc0	0	0.93
Doc1	0	0.81
Doc3	0	0.80
Doc4	1	0.90
Doc5	1	0.98
Doc6	1	0.98
Doc7	1	0.99
Doc8	1	0.99
Doc9	1	0.98

Cuadro 5. Número de documentos por tópico

Tópico	#Doc
0	351
1	307
2	368

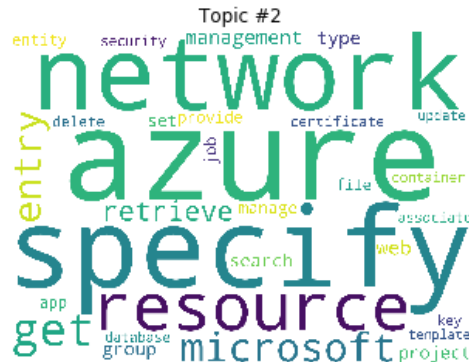


Figura 9. Word cloud del tópico dominante

Análisis de Resultados

El análisis se realizó sobre el conjunto de palabras presentes en cada uno de los tópicos obtenidos en los dos experimentos. Básicamente, se revisó el contenido de cada tópico y se seleccionaron aquellas palabras que co-ocurren (es decir, tienden a aparecer en los mismos contextos) y que creemos podrían dar indicios acerca de la documentación de aspectos no funcionales y despliegue de microservicios en las especificaciones de las APIs. En primer lugar, se analizan las palabras agrupadas según *SKLearn*:

Topic_0: subscription azure network microsoft container certificate

Topic_1: available time

Topic_2: subscription oauth tenant authentication access

Como se puede apreciar, existen palabras dentro de los tópicos que efectivamente aluden a cuestiones relacionadas con requerimientos no funcionales y tecnologías que intervienen en el despliegue de los microservicios en contenedores. Por ejemplo, tópicos como "azure", "Microsoft" y "container" indican que el microservicio en cuestión es desplegado en un contenedor de Azure. Por otro lado, tópicos como "available time" denotan que el requerimiento no funcional de disponibilidad es importante en la aplicación y que requiere ser tenido en cuenta. Finalmente, tópicos como "oauth", "authentication", "subscription" y "Access" indican el requerimiento no funcional de seguridad podría ser un aspecto clave en la aplicación.

En segundo lugar, se analizan las palabras agrupadas según *Gensim*:

Topic_0: orange subscription access

Topic_1: endpoint

Topic_2: azure specify network microsoft management web certificate security container

Similar al análisis realizado con *SKLearn*, se puede observar que, si bien se usó otra implementación de LDA, se evidencia igualmente la hipótesis de que las especificaciones de los microservicios contienen información de requerimientos no funcionales y de despliegue. Por ejemplo, los tópicos “subscriptions”, “Access”, “security”, “certificate” aluden al requerimiento no funcional de seguridad. Por otra parte, tópicos como “azure”, “Microsoft” y “container” dan indicios que el despliegue de la aplicación se realiza en un contenedor de Azure.

De un análisis manual de las especificaciones se observaron relativamente pocas referencias a aspectos no funcionales y de despliegue. Por ejemplo, resulta llamativo que no aparezcan aspectos de performance. Se observó también que las descripciones estaban muy orientadas a aspectos funcionales de los servicios, lo cual puede ser una práctica heredada de SOA (bajo la visión monolítica). Esta situación puede llevar a problemas en el despliegue al abordar los servicios solamente desde su funcionalidad. Por eso es importante que la información faltante se vuelque efectivamente en la documentación de las APIs, como una buena práctica de desarrollo.

Si bien ambas técnicas *SKLearn* y *Gensim* coinciden en proporcionar indicios que denoten aspectos no funcionales relacionados con el despliegue, también fue posible contrastar estos resultados utilizando métricas del área de modelado de tópicos, como *likelihood* y *perplexity*. Otras métricas como cantidad de tópicos encontrados (“Num_Topics”), cantidad de tópicos dominantes (“Topic_Dom”) y cantidad de palabras detectadas (“Words_detected”), también fueron consideradas. A modo de resumen, se contrastaron estos valores en la Tabla 6.

Cuadro 6. Comparación de implementaciones

	SKLearn	Gensim
Num_Topics	3	3
Topic_Dom	0	2
Likelihood	-135016.471	-463593.792
Perplexity	858.518	124.457
Words_detected	13	12

El desempeño de ambas técnicas en función de la detección de tópicos y palabras es similar. No obstante, la diferencia radica en los valores de las métricas *likelihood* y *perplexity*. Un modelo de tópicos es mejor que otro si

se maximiza *likelihood* y se minimiza *perplexity*⁷. Se observa que la implementación con *SKLearn* es mejor que *Gensim* en términos de *likelihood*, es decir, el modelo tendrá mejor capacidad de predicción, mientras que *Gensim* es mejor que *SKLearn* en términos de *perplexity*, lo que significa que los tópicos detectados tienen un mayor grado de coherencia (mayor cohesión entre las palabras que co-ocurren en un tópico).

Finalmente, luego de haber analizado los resultados estamos en condiciones de dar respuesta a nuestras preguntas de investigación anteriormente planteadas. Con respecto a la primera pregunta, podemos afirmar que es posible extraer aspectos no funcionales y de despliegue en especificaciones de microservicios escritas en lenguaje natural. Por otro lado, en cuanto a la segunda pregunta, efectivamente los aspectos no funcionales y aspectos de despliegue representan una proporción baja de las especificaciones arquitectónicas.

6. Conclusiones

En este trabajo se presentó un análisis de especificaciones de microservicios utilizando técnicas de minería de texto en lenguaje natural para encontrar indicios de cómo los microservicios son desplegados en un contenedor. Para llevar adelante el análisis de las especificaciones, se utilizó un corpus de 1026 APIs REST de microservicios contenidas en documentos OpenAPI y Swagger.

Si bien el enfoque presentado arrojó indicios interesantes que aportan información valiosa sobre aspectos no funcionales y de despliegue de microservicios en contenedores, existen algunas limitaciones que precisan ser consideradas. En primer lugar, se observó que el hecho de que un conjunto de palabras co-ocuran, no necesariamente significa que compartan un mismo tema desde una perspectiva semántica. En segundo lugar, si los datos no son procesados adecuadamente, el análisis no siempre identifica tópicos útiles, independientemente del algoritmo utilizado.

Asimismo, existen otras limitaciones externas al enfoque. Una limitación está relacionada con la ausencia de componentes en las especificaciones OpenAPI o Swagger claves para nuestro análisis como *summary*, como así también la presencia de texto no procesable computacionalmente que puede introducir ruido. Otra limitación es que una API REST puede tener exceso de documentación, mientras que otras posean escasa o nula documentación. Esto se relaciona con la falta de estandarización en las especificaciones. Finalmente, las especificaciones analizadas no mencionan componentes que indiquen explícitamente aspectos no funcionales (o

⁷ <http://qpleple.com/perplexity-to-evaluate-topic-models>

relacionados con atributos de calidad) o despliegue del microservicio. Se requiere un estudio más detallado para entender las razones de estos problemas de falta de información, y proponer en consecuencia lineamientos de mejoras.

Como trabajos futuros, creemos que es posible automatizar la detección de estructuras recurrentes en APIs REST. Por ejemplo, es posible analizar automáticamente un conjunto de modelos de APIs REST para estructuras frecuentes. En este sentido, las estructuras recurrentes podrían ser analizadas por expertos en REST, lo que finalmente podría dar como resultado la detección de patrones estructurales de APIs REST que estén vinculados en el despliegue de microservicios en contenedores. Para validar estos patrones, se planifica compararse con patrones existentes en APIs REST [23].

Se han reportado también experiencias interesantes de aplicación de técnicas de *machine learning* en la identificación de microservicios a partir de sus especificaciones de interfaces en lenguaje natural [4]. En consecuencia, las técnicas de procesamiento de texto en lenguaje natural y de *machine learning* podrían combinarse para extraer y sistematizar conocimiento a partir de las especificaciones de microservicios. Este conocimiento podría considerar tanto aspectos funcionales como no funcionales, y cómo ese conocimiento puede contribuir a agilizar el despliegue usando contenedores. Para ello, se hace necesario construir con una base de conocimiento sobre arquitecturas de microservicios, como así también conocimiento de despliegue en contenedores, que tienda a fomentar buenas prácticas para los equipos de desarrollo.

Referencias

- [1] Federico Aguirre, Alfredo Edey, and Edgardo Hames. A strategy for container lifecycle management. In *Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE) JAIIO 46 (Córdoba, 2017)*, 2017.
- [2] Nuha Alshuqayran, Nour Ali, and Roger Evans. A systematic mapping study in microservice architecture. In *Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2016 IEEE 9th International Conference on*, pages 44– 51. IEEE, 2016.
- [3] Luciano Baresi, Sam Guinea, Alberto Leva, and Giovanni Quattrocchi. A discrete-time feedback controller for containerized cloud applications. In *Proceedings of the 2016 24th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering*, pages 217–228. ACM, 2016.
- [4] Luciano Baresi, Martin Garriga, and Alan De Renzis. Microservices identification through interface analysis. In *European Conference on Service-Oriented and Cloud Computing*, pages 19–33. Springer, 2017.
- [5] David Blei, Lawrence Carin, and David Dunson. Probabilistic topic models. *IEEE signal processing magazine*, 27(6):55–65, 2010.
- [6] David M Blei, Andrew Y Ng, and Michael I Jordan. Latent dirichlet allocation. *Journal of machine Learning research*, 3(Jan):993–1022, 2003.
- [7] Lianping Chen. Microservices: Architecting for continuous delivery and devops. In *IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, 2018.
- [8] Hamza Ed-douibi, Javier Luis Canovas Izquierdo, and Jordi Cabot. Openapitouml: A tool to generate uml models from openapi definitions. In *International Conference on Web Engineering*, pages 487–491. Springer, 2018.
- [9] Maria Fazio, Antonio Celesti, Rajiv Ranjan, Chang Liu, Lydia Chen, and Massimo Villari. Open issues in scheduling microservices in the cloud. *IEEE Cloud Computing*, 3(5):81–88, 2016.
- [10] Antonio Gamez-Diaz, Pablo Fernandez, and Antonio Ruiz-Cortes. An analysis of restful apis offerings in the industry. In *International Conference on ServiceOriented Computing*, pages 589–604. Springer, 2017.
- [11] Florian Haupt, Frank Leymann, Anton Scherer, and Karolina Vukojevic-Haupt. A framework for the structural analysis of rest apis. In *Software Architecture (ICSA), 2017 IEEE International Conference on*, pages 55–58. IEEE, 2017.
- [12] Florian Haupt, Frank Leymann, and Karolina VukojevicHaupt. Api governance support through the structural analysis of rest apis. *Computer Science-Research and Development*, 33(3-4):291–303, 2018.
- [13] Antonio Hernández, David Tomás, Borja Navarro Colorado, et al. Una aproximación a la recomendación de artículos científicos según su grado de especificidad. 2015.
- [14] Hui Kang, Michael Le, and Shu Tao. Container and microservice driven design for cloud infrastructure devops. In *Cloud Engineering (IC2E), 2016 IEEE International Conference on*, pages 202–211. IEEE, 2016.
- [15] Rida Khatoun and Sherali Zeadally. Smart cities: concepts, architectures, research opportunities. *Communications of the ACM*, 59(8):46–57, 2016.
- [16] Istvan Koren and Ralf Klamma. The exploitation of openapi documentation for the generation of web frontends. In *Companion Proceedings of the The Web Conference 2018, WWW '18*, pages 781–787, Republic and Canton of Geneva, Switzerland, 2018. International World Wide Web Conferences Steering Committee. ISBN 978-1- 4503-5640-4. doi: 10.1145/3184558.3188740. URL <https://doi.org/10.1145/3184558.3188740>.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [17] James Lewis and Martin Fowler. Microservices: a definition of this new architectural term. *Mars*, 2014.
- [18] Andrew Kachites McCallum. Mallet: A machine learning for language toolkit. <http://mallet.cs.umass.edu>, 2002.
- [19] Victor Medel, Rafael Tolosana-Calasan, José Angel Banares, Unai Arronategui, and Omer F Rana. Characterising resource management performance in kubernetes. *Computers & Electrical Engineering*, 68:286–297, 2018.
- [20] Sam Newman. *Building microservices: designing finegrained systems*. “Reilly Media, Inc.”, 2015.
- [21] Claus Pahl and Pooyan Jamshidi. Microservices: A systematic mapping study. In *CLOSER (1)*, pages 137– 146, 2016.
- [22] Claus Pahl, Antonio Brogi, Jacopo Soldani, and Pooyan Jamshidi. Cloud container technologies: a state-of-the-art review. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 2017.
- [23] Cesare Pautasso, Ana Ivanchikj, and Silvia Schreier. A pattern language for restful conversations. In *Proceedings of the 21st European Conference on Pattern Languages of Programs*, page 4. ACM, 2016.
- [24] Bhargav Srinivasa-Desikan. *Natural Language Processing and Computational Linguistics: A practical guide to text analysis with Python, Gensim, spaCy, and Keras*, volume 1. Packt Publishing Ltd, 2018.
- [25] Joe Stubbs, Walter Moreira, and Rion Dooley. Distributed systems of microservices using docker and serfnode. In *Science Gateways (IWSG), 2015 7th International Workshop on*, pages 34–39. IEEE, 2015.
- [26] Markos Viggiano, Ricardo Terra, Henrique Rocha, Marco Tulio Valente, Eduardo Figueiredo, and Belo Horizonte-MG-Brazil. Microservices in practice: A survey study.

Calidad de Datos Como Valor Estratégico de la Información

Marta Cabrera Villafañe; Alejandra Espinosa; Sandra Rodríguez

Centro de Investigación y Desarrollo Informático (CIDI)
Departamento Académico de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de La Rioja
Av. Luis María De La Fuente S/N - Ciudad de La Rioja
marta.cabreravilla@gmail.com

Resumen

Actualmente es una necesidad trabajar con datos que tengan niveles adecuados de calidad, por ser clave para numerosas decisiones. Los sistemas de información son responsables de gestionar dichos datos, por lo que deberían también de encargarse de gestionar adecuadamente su nivel de calidad. Debido a esto, es lógico pensar en la necesidad de incorporar requisitos específicos de calidad de datos desde las fases más tempranas de su desarrollo. Este artículo presenta la metodología utilizada para alcanzar la calidad del dato como valor estratégico de la Información, creando una ontología para tal fin.

1. Introducción

En la actualidad la información es uno de los motores más potentes que existen en la sociedad; esta información está constituida por datos como materia prima, el dato es una variable que influye en la toma de decisiones [1], en la vida cotidiana, y en el funcionamiento de una empresa. Por esa razón, es fundamental que ese dato (siempre en continuo movimiento), tenga una calidad óptima cuando llega hasta el destinatario de la información.

Existe abundante investigación relacionada con el concepto de la Información. En este contexto, muchos autores, se basan en Calidad de la Información como “La adecuación al uso de esa información” [2], esto implica que: La calidad de información es “dependiente de la tarea”. Es decir, una información se puede considerar de buena calidad para una tarea y sin embargo, insuficiente y pobre para otra.

La calidad de información es “subjetiva”, pues donde un sujeto puede considerar una calidad baja, otro puede considerar una buena calidad, siendo la misma tarea y la

misma información para ambos. Cuando se habla de calidad baja o alta se piensa en calidad completa o incompleta, para lo cual, para algunos usuarios esa calidad es suficiente o insuficiente según sus requerimientos de información. La calidad de la información es “dependiente del tratamiento que un usuario, desarrollando una tarea concreta, dé a una determinada dimensión de calidad”. Esta calidad no es solamente insuficiencia o suficiencia, sino también exactitud, variabilidad, relevancia, objetividad, fiabilidad, consistencia precisión, [3], etc.

Es necesario destacar la estructura de los datos, para poder definir donde se aplicará la calidad de los mismos. Por esta razón, se pretende construir una ontología que permita medir la calidad de los datos con el propósito de desarrollar métricas válidas para esta dimensión, utilizando una metodología madura como lo es Methontology, debiéndose contemplar que los datos pueden ser estructurados y semi-estructurados.

Teniendo en cuenta la motivación principal de los investigadores sobre conceptos definidos en el área de métricas, estándares internacionales, que se respalda en las definiciones de estándares, es posible observar la necesidad de especificar y crear una ontología, que defina un glosario de conceptos y las interrelaciones semánticas entre dichos conceptos. Asimismo, permita analizar los conceptos, para identificar las partes comunes a dos o más conceptos y decidir si las partes comunes son a su vez conceptos e incluirlos en el glosario de conceptos, identificar los atributos uniformes de todos los conceptos e incorporarlos en una tabla de atributos de conceptos.

Cabe destacar la importancia que tiene, contar con una ontología para el ámbito de la calidad del Dato en la Web Semántica ya que provee una base conceptual para compartir, reusar y organizar toda la información relacionada a la calidad del dato.

Desde el punto de vista de la implementación, es importante acentuar que la ontología implementada con lenguaje para la Web semántica, representa una tecnología muy útil al propósito de proveer conocimiento entendible en forma automática por computadora.

La metodología utilizada para la obtención de una ontología para la Web semántica pretende servir como base conceptual para compartir y organizar información obtenida como resultado de diversos trabajos de investigación, en el área de medición y evaluación de software, de una forma extensible, interoperable y automáticamente procesable.

El artículo está organizado como sigue. La sección 2 presenta una descripción de la metodología propuesta, que incluye la metodología de trabajo y los objetivos planteados. La sección 3 describe la especificación y los resultados obtenidos. La sección 4 comprende la representación de la ontología por medio del diagrama de clase UML. La sección 5 se expone las conclusiones arribadas. La sección 6 se agradece a la institución universitaria por el apoyo brindado en esta investigación y por último en la sección 7 es de referencias de toda la bibliografía consultada.

2. Metodología Empleada

La metodología descrita en este trabajo para la construcción de la ontología que nos permitirá la obtención de datos de calidad, es la metodología Methontology [4], por ser una de las metodologías más difundida y madura que cuenta con actividades y técnicas para el proceso de desarrollo de ontologías.

El principal objetivo de esta ontología es proveer las bases conceptuales para desarrollar métricas válidas para esta dimensión.

Esta metodología incorpora los aspectos que se detallan: 1) Identificar el propósito de la ontología: El objetivo de esta etapa es dejar claro por qué se construye la ontología y que uso se le pretende dar. También es útil en este momento identificar y caracterizar el rango de posibles usuarios y aplicaciones de la ontología; 2) Construir la Ontología: En esta etapa se distinguen tres sub-tareas, ellas son: Capturar, Evaluar y Documentar la Ontología. La captura se basa en: Identificar los conceptos claves y relaciones en el dominio de interés; con la producción de definiciones textuales precisas y carentes de ambigüedad que describan tales conceptos y relaciones y con identificar los términos para referirse a tales conceptos y relaciones; 3) Evaluar los ambientes de software asociados y la documentación con respecto al marco de referencia relacionado con la ontología y por último en el 4to punto se estudia el establecimiento de pautas para documentar la ontología construida teniendo presente el propósito de la misma.

3. Especificación y Creación de la Ontología

Para desarrollar la ontología se empleó la metodología Methontology, referida en la sección anterior, que proporciona guías para especificar ontologías en un nivel de conocimiento, especialmente provee técnicas para especificar la conceptualización.

Los principales pasos propuestos por esta metodología son: Identificar el propósito de la ontología, Construcción de la ontología, Implementación y Evaluación. Como se muestra a continuación: 1) Se define los principales requerimientos de la ontología elaborados en la etapa de Especificación; 2) Se detalla la etapa de Conceptualización y se define los términos de la ontología y sus relaciones mostrándose las representaciones semiformales y los axiomas obtenidos en esta etapa; 3) Se procede a analizar aspectos técnicos de la etapa de implementación de la ontología y finalmente se expone algunas conclusiones sobre el desarrollo de la ontología obtenida.

3.1. Especificación

En esta etapa se debe tener en cuenta los principales requerimientos de la ontología, como son: el dominio modelado, propósito, alcance y las fuentes de conocimiento utilizadas. A continuación se detalla cada uno de estos puntos para la ontología.

Dominio modelado: son elementos para la medición y/o estimación de artefactos de software (procesos, productos y recursos) que permiten satisfacer distintas necesidades de información.

Propósito de la ontología: esta ontología persigue distintos propósitos, siendo los más importantes: a) Suministrar el intercambio de información relacionadas a métricas e indicadores de software; b) Satisfacer la base de conocimiento para el diseño y construcción de ontología de medición de calidad del dato, que facilite la documentación, recuperación y búsqueda semántica de la información relacionada, sirviendo de apoyo a los procesos de aseguramiento de la calidad definiendo y especificando requerimientos no funcionales, implementando test de calidad entre otros y c) Esta ontología puede ser útil como sub-ontología de una ontología de proceso de evaluación y medición más amplio.

Alcance: comprende todo los conceptos, atributos y relaciones necesarios para la catalogación y explotación de la información relacionadas a métricas en el ámbito de la Ingeniería de Software e Ingeniería Web.

3.2. Conceptualización

A continuación se muestra la conceptualización del dominio de métricas, presentando primero estrategias

y técnicas utilizadas para este fin, y una descripción detallada del dominio para facilitar su comprensión.

Técnicas empleadas en el dominio de Conceptualización: En esta etapa se utilizaron técnicas y estrategias como las tablas sugeridas por la metodología Methontology, y diagramas UML. La utilización de UML, como lenguaje de representación de ontologías ha sido propuesta por el autor Cranefield [6].

Se utilizó UML para modelar artefactos de Ingeniería de Software más declarativos como son las ontologías propuesta por Kogut P. [7]. Existen otras razones para la utilización del lenguaje UML, como notación para la conceptualización de una ontología que es necesario conocer: I) UML es una notación gráfica que surge con el aporte de la práctica de varios años en análisis y diseño de software de diversas compañías en un amplio campo de industria y dominio; II) Es un estándar abierto, administrado por el Object Management Group (OMG); III) Provee mecanismos para definir extensiones de aplicaciones específicas como es el modelo de ontología; IV) Las ontologías incluyen taxonomías de conceptos (comprendiendo jerarquías, clases y subclases), relaciones entre conceptos (asociaciones) y definiciones de atributos de conceptos. Pudiéndose modelar con el lenguaje UML esta información de la ontología, más precisamente con diagramas de clase; V) Está soportado por la utilización de herramientas CASE, ampliamente difundidas y accesibles para los profesionales del software, a comparación con herramientas más específicas para ontología como Ontolingua y Protege, requiriendo experiencia en la representación del conocimiento.

La elaboración de esta ontología ha sido realizada teniendo en cuenta los siguientes pasos: 1°) Definición del glosario de conceptos partiendo de la fuente de conocimiento citadas, teniendo en cuenta los objetivos y el alcance de la ontología; 2°) Definir las interrelaciones semánticas entre dichos conceptos representándolas mediante diagrama de clases del lenguaje UML, elaborando una tabla de clases y relaciones con las diferentes clases que se van identificando, por ejemplo Clase: Atributo de calidad, Unidad de medida, Seguridad, etc.; 3°) Examinar los conceptos relacionados para identificar las partes comunes entre dos o más conceptos. Decidir si estas partes son conceptos, si así lo fuere, incluirlos en el glosario de conceptos; 4°) Identificar los atributos de cada concepto para construir la tabla de atributos, incluyéndolos en el diagrama de clase de UML.; 5°) Identificar los axiomas estructurales que aporten conocimiento adicional a la ontología y por último demostrar la completitud y corrección de toda la tabla, analizando el modelo conceptual UML, los objetivos y alcances de la ontología.

3.2.1. Descripción Conceptual de la Medición y Evaluación

En esta sección, se presenta una descripción conceptual mostrando que se entiende por métrica, indicador, medición y otros conceptos de la ontología, para una mejor interpretación de los términos. Para llevar a cabo esta tarea se muestran las estructuras y relaciones existentes entre las necesidades de información de un proyecto de evaluación y los elementos relevantes: entidades, atributos, métricas, métodos de cálculo y de medición, etc., que permiten obtener los informes que satisfagan dichas necesidades de información.

Un atributo es una propiedad medible de una entidad. Donde se sabe que una entidad puede tener muchos atributos, pero sólo algunos de ellos podrían ser de interés para evaluar un concepto calculable. Un atributo de una entidad puede ser cuantificado por una o varias métricas. Donde cada observación o medición consiste en asignar (obtener) el valor de un atributo en un determinado instante del tiempo, usando la definición de una de sus métricas asociadas. El valor del atributo obtenido es llamado medida.

Se podría decir que una métrica m representa una correspondencia $m: A \rightarrow X$, siendo la flecha, la función de correspondencia y que conlleva homomorfismo. A corresponde al atributo del mundo empírico; X es la variable (representa el mundo formal), a la cual se le asigna el valor categórico o numérico que cuantifica al atributo. Para poder llevar a cabo esta correspondencia, se necesita una definición precisa de una actividad de medición específica, que establezca explícitamente un método y una escala (se necesita la definición de métricas).

Las métricas están asociadas a una determinada escala. Las escalas se clasifican en cinco tipos: Absoluta, Nominal, Ordinal, Intervalo y de Proporción.

Para poder evaluar o estimar un concepto calculable se utiliza un indicador. Siendo necesario realizar la distinción semántica entre métricas e indicador, una métrica representa una correspondencia (mapeo), entre un atributo del mundo empírico y una variable en el mundo formal. El indicador representa un nuevo mapeo que comprende desde el valor de una métrica (mundo formal), a otra variable de un nuevo mundo formal, a la cual se le asigna valores numéricos que representan la interpretación de dicho valor de métrica y que soporta criterios de decisión para una necesidad o requerimiento específico de usuario. Por lo tanto, la correspondencia para indicadores elementales va de $X \rightarrow I_e$ (donde X es el valor de la métrica; I_e es la variable que contendrá el valor del Indicador Elemental).

3.2.2 Definición de Conceptos y sus Relaciones

En esta sección se definen a modo de ejemplo algunos de los conceptos de la ontología de métricas e indicadores ilustrando cada concepto con un ejemplo y mostrando su relación con otros conceptos.

Atributo: es una propiedad mensurable, físico o abstracta, de una entidad.

Relaciones: Uno o más atributos se asocian a una o más entidades que caracterizan; Un atributo es cuantificado por una o más métricas y Uno o más atributos se combinan en un concepto calculable.

Ejemplos de atributos de la entidad: “Página Web”, pueden ser: Tamaño de Imágenes, Tamaño del código HTML.

Concepto Calculable: es una relación abstracta entre atributos de entidades y necesidades de información.

Relaciones: Un concepto calculable combina uno o más atributos de entidades; Uno o más conceptos calculables son definidos con el objetivo de satisfacer una necesidad de información concreta; Un concepto calculable es especificado por uno o más modelos de conceptos; Un concepto calculable es evaluado o estimado por un indicador. **Ejemplos de concepto calculable:** Usabilidad (de un producto de software), productividad (por ejemplo de un grupo de desarrollo), Calidad, Costo.

Cálculo: es la actividad que utiliza una definición de indicador para producir un valor de indicador.

Relaciones: Cada cálculo produce un valor de indicador específico; Cada cálculo está relacionado a la descripción de un indicador que emplea para llevar a cabo la actividad.

Ejemplos: Actividad que consiste en usar la especificación del indicador “Preferencia en actividad de desarrollo” para obtener un valor en el campo numérico (formal), que estime o evalúe el atributo Calidad del dato en una página web. Esta acción dará como resultado un valor de indicador.

Métricas Directas: es una métrica de un atributo que no depende de una métrica de otro atributo.

Relaciones: Una métrica directa incluye un método de medición específico.

Ejemplos: Cantidad de línea de código fuente y Cantidad de enlaces rotos internos.

Comentario: En el estándar [8], se encuentra definido “medidas directas” y no “métricas directas”.

Indicador Elemental: es un indicador que no depende de otros indicadores para evaluar o estimar un concepto calculable.

Relaciones: Un indicador elemental puede interpretar una métrica específica. Y Un indicador elemental es modelado por un modelo elemental.

Ejemplos: Nivel de Productividad y Nivel de Completitud de desarrollo **Comentario:** Este concepto

no se encuentra especificado hasta el momento en ninguno de los estándares consultados.

Indicador Global: es un indicador que deriva de otros indicadores para evaluar o estimar un concepto calculable.

Relaciones: Un indicador global se puede componer en base a otros indicadores relacionados y Un indicador global es modelado por un modelo global.

Ejemplos: Calidad y Costo.

Comentario: Este concepto no se encuentra especificado hasta el momento en ninguno de los estándares consultados, si está introducido en tesis doctoral de Olsina L. [9].

Concepto	Descripción
Atributo	Una propiedad mensurable, física o abstracta, de una entidad [ISO 14598].
Concepto Calculable	Relación abstracta entre atributos de entidades y necesidades de información [ISO 15939].
Cálculo	Actividad que usa una definición de indicador para producir un valor de indicador.
Método de Cálculo	Una particular secuencia de operaciones lógicas especificadas, para permitir la ejecución de una fórmula y descripción de indicador a través de un cálculo.
Escala Categórica	Son escalas donde se miden o calculan los valores, son categorías y no se pueden expresar en unidades en un sentido estricto.
Modelo Conceptual	El conjunto de sub conceptos y las relaciones entre ellos, que proveen la base para especificar el requerimiento de conceptos y su evaluación o estimación como un todo.
Criterios de Decisión	Valores umbrales, objetivos o patrones, usados para determinar la necesidad de una acción o investigación posterior, o para describir el nivel de confianza de un resultado dado.
Métrica Directa	Es una métrica de un atributo que no depende de una métrica de otro atributo.

Tabla 1. Diccionario de Conceptos de la Ontología de la Medición de la Calidad del Dato

Nombre	Descripción
describe	Uno o más conceptos calculables se definen para satisfacer una necesidad de información concreta. De esta manera, un concepto calculable describe una necesidad de información concreta
Evalúa / estima	Un indicador evalúa o estima un concepto calculable.
cuantifica	Una o más métricas cuantifican un atributo
se refiere a	Una actividad de medición se relaciona a una métrica. Se pueden realizar cero o varias mediciones basándose en la misma métrica.
incluye	Un indicador incluye un método de cálculo específico.
interpreta	Un indicador elemental puede interpretar cero o una métrica.
modelado por	Un indicador elemental (o global) se modela por medio de un modelo elemental (o global).
produce	Una actividad de medida (o cálculo) origina un valor de medida (o indicador) específico.

Tabla 2. Tabla de Nombre de Relaciones de la Ontología de la Medición de la Calidad del Dato

5. Conclusión y Futura Extensión

En los últimos años los portales Web se han establecido como uno de los principales recursos de información en Internet, permitiendo a una gran cantidad de personas acceder a todo tipo de datos. No obstante, las personas que buscan información necesitan asegurarse que está tiene un nivel de calidad de datos adecuado para el propósito que ellos requieren. Por este motivo se ha definido la ontología de la Calidad del Dato, resultante de un arduo trabajo de investigación; para llegar a obtener la mencionada ontología.

Cabe destacar la importancia que tiene, contar con una ontología para el ámbito de la calidad del Dato aplicado a la Web Semántica ya que provee una base conceptual para compartir, reusar y organizar toda la información relacionada a la calidad del dato.

La ontología de la Calidad del Dato en la Web Semántica que se presenta se basó (tratando de acercarse lo más posible) a los términos definidos por International Organization for Standardization [9]. Esta ontología pretende servir como base conceptual para compartir y organizar información obtenida como resultado de diversos trabajos de investigación, en el área de medición y evaluación de software, de una forma extensible, interoperable y automáticamente procesable.

Como futura extensión se piensa utilizar/elaborar una metodología para la clasificación automática de documentos XML según su calidad de datos asociada usando principios de soft computing (término utilizado que engloba diversas técnicas empleadas para solucionar problemas que manipulan información incompleta, con incertidumbre e inexacta).

6. Agradecimiento

El presente trabajo de investigación fue aprobado y financiado.

Está integrado por docentes investigadores (3) y 5 alumnos que cursan el último año de la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información.

7. Referencias

- [1] Harold Lasswell, The Decision Process: Seven Categories Of Functional Analysis.(College Park, University of Maryland Press), 1956
- [2] Neumann F.; Quality Driven Query Answering for Integrated Information Systems, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 2002, ISBN:3-540-43349x.
- [3] Camison, C; Gestión de Calidad, Estrategia y Competitividad, Madrid, Ed. Prentice Hall. 2006
- [4] Methontology, desarrollada en el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad Politécnica de Madrid Gómez-Pérez y otros, 2004.-

[5] Gómez Perez A., Fernandez Lopez M.; *Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies*, In: ECAI96 Workshop on Ontological Engineering, Budapest, 1996.

[6] Cranel Field, S and Purvis M, UML as an Ontology Modelling Language, In Proceedings of the Workshop on Intelligent Information, 16th International Joint Conference of artificial Intelligence (IJKI-99). 1999.

[7] Kogut, P.; Granefield, S.; Hart, L; Dutra, M; Blaclawski, K; Kokar, M. and Smith, UML for Ontology Development. <http://www.sandsoft.com/doc/Ker4>. 2003.

[8] ISO (International Organization for Standardization)/ IEC Comisión electrotécnica Internacional Comisión. Suiza. 1999.

[9] Olsina, Luis. Quantitative Methodology for Evaluation and comparison of Web Site Quality. Doctoral Thesis. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.

Un Enfoque semi-automático para generar Diagramas de Casos de Uso aplicando Técnicas de Minería de Textos

Laureano López, María Guadalupe Gramajo, Luciana Ballejos, Milagros Gutiérrez, Mariel Ale

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Santa Fe

Lavaisse 610

{glopez, mgramajo, lballejo, mmgutier, male} @utn.frsf.edu.ar

Resumen

Las técnicas de modelado en Ingeniería de Software permiten representar un sistema mediante notaciones gráficas, lo que reduce el nivel de abstracción y mejora su comprensión. Cada modelo presenta una perspectiva diferente del sistema a desarrollar. Uno de los más utilizados es el diagrama de casos de uso. Éstos son utilizados para describir las interacciones entre el sistema y su entorno, identificando los actores principales, relaciones y escenarios. La generación de este modelo es fundamental para la fase de diseño del software y requiere de una correcta comprensión del dominio donde estará inmerso el sistema y de las declaraciones de requisitos obtenidas de los stakeholders. Considerando este contexto, en este trabajo se propone el desarrollo de una herramienta para derivar de forma semi-automática los elementos que conforman los diagramas de caso de uso, a partir del análisis de las declaraciones expresadas en lenguaje natural, obtenidas de las tareas de educación, aplicando de técnicas de minería de textos. Esta propuesta tiene por objetivo ser implementada a futuro como un microservicio de un sistema recomendador, e integrada al conjunto de funcionalidades ofrecidas.

1. Introducción

La recuperación y el análisis de datos a partir de recursos textuales para extraer información relevante, es una tarea desafiante en la Ingeniería del software. Recientemente, la minería de textos ha surgido como un medio prometedor para abordar este desafío debido principalmente a la disponibilidad de grandes volúmenes de datos y la variedad de técnicas que promueven explorar su uso y aplicación [1].

La extracción de conocimiento a partir de documentos es abordada mediante la aplicación de técnicas de minería de texto, un área de investigación multidisciplinaria que intenta resolver el problema de la sobrecarga de información a través del uso de técnicas de minería de datos,

aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural, recuperación de la información y gestión del conocimiento [2].

Particularmente, en la Ingeniería del Software, los requisitos y características del sistema son capturados en una amplia variedad de documentos, resultado de la aplicación de diversas técnicas de educación. El texto utilizado para elaborar dicha documentación, se utilizan transversalmente en las diferentes etapas del desarrollo de software, y se encuentra contenido en especificaciones formales, modelos de diseño e incluso código [3]. La disponibilidad de diversos tipos de documentos durante el ciclo de vida del software, permite la aplicación y exploración de las técnicas de minería de textos. El uso de estas técnicas favorece el análisis de la documentación disponible con el objetivo de contribuir en las diversas tareas vinculadas al desarrollo del software.

Especialmente, durante las tareas de educación de requisitos es posible obtener información semántica valiosa transmitida por los stakeholders, que permite derivar el comportamiento del sistema y sus funcionalidades. La visualización de estas funcionalidades es posible mediante la representación del diagrama de casos de uso, un artefacto intermedio valioso, que permite identificar los principales actores, escenarios de casos de uso y sus relaciones. En relación a este contexto, este trabajo propone una herramienta para derivar de manera semi-automática la construcción de diagramas de casos de uso, a partir de declaraciones de requisitos, escritos en lenguaje natural aplicando técnicas de minería de textos y procesamiento de lenguaje natural.

Los elementos que constituyen los diagramas de caso de uso son identificados a partir de las especificaciones funcionales. Esta identificación se basa en el análisis de las construcciones gramaticales de las oraciones que conforman la descripción textual. Esta contribución brinda soporte a las tareas de analistas e ingenieros de requisitos durante la generación de artefactos en los proyectos de software. Al automatizar la creación de los diagramas de caso de uso, el analista puede centrar su atención en las

declaraciones de los stakeholders y su análisis, en lugar de la creación y perfeccionamiento del modelo. Por otro lado, se propone la futura implementación de la herramienta como un microservicio de un sistema recomendador en el que los autores se encuentran trabajando y su integración al conjunto de funcionalidades ofrecidas.

El contenido de este trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera. La Sección 2 introduce los conceptos principales de las técnicas de minería de textos y una breve descripción de los elementos que conforman los diagramas de caso de uso a modo de establecer un marco introductorio. La Sección 3 describe trabajos relevantes que apuestan a la aplicación de técnicas de minería de textos en la Ingeniería del Software, a los fines de detectar antecedentes en el área. La Sección 4 describe la metodología aplicada para desarrollar la herramienta propuesta. La Sección 5 presenta un caso de estudio con la intención de ilustrar la aplicación de la herramienta. Finalmente, la Sección 6 presenta las conclusiones y futuras líneas de investigación.

2. Motivación y Marco Teórico

El paso de la fase de análisis de requisitos a la fase de diseño es considerado una de las actividades más complejas y difíciles en el desarrollo del software. Los errores causados durante esta actividad pueden ser costosos de arreglar en fases posteriores de desarrollo de software. Una de las principales razones de este problema se debe a la especificación de los requisitos de software redactada en lenguaje natural, que se caracteriza por ser ambiguo y subjetivo. Para superar este desafío, este trabajo propone un enfoque semi-automático a los fines de proporcionar asistencia a los analistas e ingenieros de requisitos para generar modelos UML, específicamente diagramas de casos de uso, a partir de lenguaje natural normalizado aplicando técnicas de procesamiento de lenguaje natural y técnicas de minería de textos. Al automatizar la creación de los diagramas de caso de uso, el analista puede centrar su atención en las declaraciones de los stakeholders y su análisis, en lugar de la creación y perfeccionamiento del modelo por lo que esta propuesta resulta una herramienta de apoyo y de gran valor durante las fases de diseño.

Esta sección introduce una breve descripción de los elementos que conforman los diagramas de casos de uso, a modo de establecer un marco teórico introductorio. Posteriormente, se detallan conceptos preliminares de la minería de textos y las actividades involucradas en su flujo de trabajo.

2.1. Diagramas de Casos de Uso

El lenguaje unificado de modelado (UML) es utilizado como un lenguaje estándar para modelar sistemas de información. Esta técnica de modelado, ha sido aplicada a diferentes propósitos, tales como el análisis de dominio

[4], las actividades de flujo de trabajo [5] y el desarrollo de aplicaciones [6]. Un modelo es una vista simplificada de un sistema, muestra sus aspectos esenciales desde una perspectiva concreta, ocultando los detalles no importantes, pueden formar parte de la documentación del sistema y contribuye a mejorar la comprensión de las partes interesadas. Un modelo posible de generar con UML es el diagrama de casos, utilizados para presentar una descripción gráfica de la funcionalidad proporcionada por un sistema en términos de actores, objetivos (representados como casos de uso) y cualquier dependencia entre esos casos de uso [7].

Los diagramas de casos de uso son fundamentales para modelar el comportamiento de una aplicación, constituyen una herramienta que permite visualizar, especificar y documentar el comportamiento previsto durante la captura y el análisis de requisitos [8]. Su construcción requiere de tres elementos básicos: (1) casos de uso, (2) actores y (3) las relaciones entre ellos, la Figura 1 ilustra un diagrama de casos de uso y los principales elementos que lo conforman.

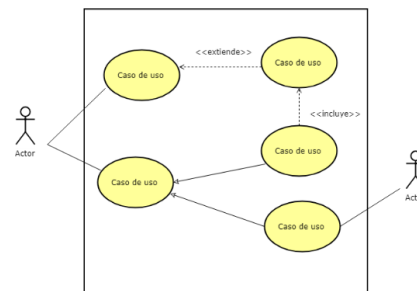


Figura. 1. Ilustración de un diagrama de casos de uso.

Los actores pueden ser personas o sistemas. Un actor se vincula a un caso de uso por una asociación (representado gráficamente como una línea sólida) lo que indica que el actor y el caso de uso pueden comunicarse entre sí, intercambiando mensajes. Existen tres tipos de relaciones posibles entre los casos de uso: (a) una relación de generalización, significa que el caso de uso hijo puede heredar el comportamiento del caso de uso padre; el caso de uso hijo puede añadir o anular el comportamiento de su padre; y el caso de uso hijo puede ser sustituido en cualquier lugar donde se encuentre el caso de uso padre. Gráficamente, la relación de generalización se representa como una línea sólida dirigida con una flecha de punta abierta; (b) una relación de inclusión entre casos de uso, significa que el caso de uso base incorpora explícitamente el comportamiento de otro caso de uso; (c) mientras que una relación de extensión entre casos de uso, significa que el caso de uso base incorpora implícitamente el comportamiento de otro

caso de uso. Gráficamente, ambas relaciones se representan como una dependencia, estereotipada como «include» y «extend» respectivamente.

2.2. Minería de Textos

La minería de textos implica un conjunto de técnicas que permiten organizar, clasificar y extraer información relevante a partir de colecciones de texto. Estas prácticas forman parte de un proceso general de descubrimiento de conocimiento en bases de datos (KDD), que constituye el proceso semiautomático de extracción de datos relevantes, con el objetivo de descubrir conocimientos válidos y potencialmente útiles [9]. Un elemento clave en la minería de textos, es la vinculación de la información extraída para

formar nuevos hechos o nuevas hipótesis, lo que permite su análisis y exploración en otros medios y herramientas [10]. La minería de textos es un campo de estudio multidisciplinario que se nutre de la minería de datos, aprendizaje automático, estadísticas y la lingüística computacional. El mayor desafío en el proceso de descubrimiento de conocimiento a partir del texto es la extracción de conceptos explícitos e implícitos y las relaciones semánticas entre éstos. La Figura 2 representa el flujo de trabajo genérico para aplicar técnicas de minería de textos.

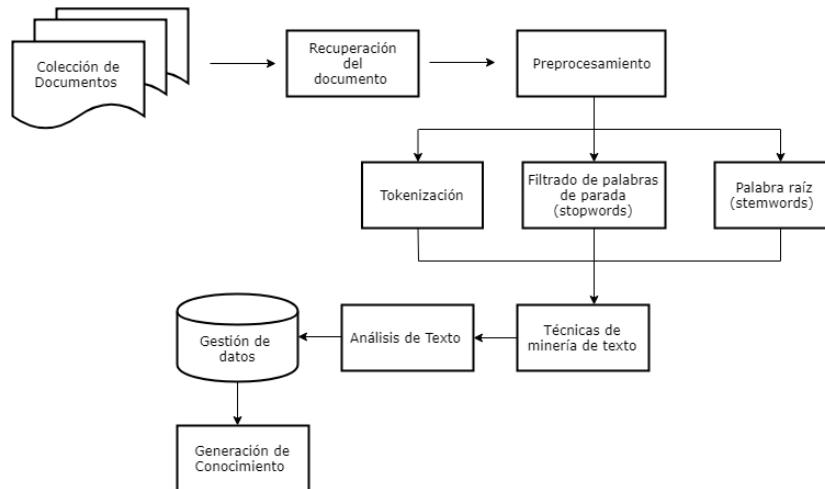


Figura. 2. Flujo de trabajo genérico de minería de texto.

La Figura 2 muestra el flujo de trabajo genérico para aplicar técnicas de minería de textos. El proceso inicia con la recopilación de recursos y documentos candidatos al análisis. A continuación, los documentos seleccionados son sometidos a la fase de preprocesamiento, con el objeto de identificar el contenido y extraer las características representativas. El preprocesamiento consiste en tokenizar los datos de entrada, es decir, dividir el texto en entidades significativas (palabras, oraciones, etc.) dados los espacios en blanco presentes y los signos de puntuación. Luego, se realiza la limpieza del texto para remover las palabras de parada (stopwords). Las stopwords son palabras sin significado, tales como artículos, pronombres y preposiciones que tienen una probabilidad de ocurrencia alta. Al eliminar las stopwords es posible mejorar el análisis sintáctico del texto [11].

De la misma manera, se procede a la lematización de palabras con la intención de eliminar sufijos y afixos de modo tal de obtener la raíz léxica de cada palabra. Posteriormente, se realiza la aplicación de algoritmos de minería de textos. Los algoritmos comúnmente utilizados incluyen agrupamiento de texto, clasificación y mapeo de términos [12]. El paso final consiste en analizar y transformar los resultados de la aplicación de las técnicas en conocimiento útil.

3. Trabajos Relacionados

En esta sección se describen brevemente algunos trabajos relevantes que exploran la aplicación de las técnicas de minería de texto en la Ingeniería del Software, a los fines de identificar antecedentes en el área.

Vidhu y otros [13], proponen un enfoque automático para la generación de un modelo conceptual a partir de re-

quisitos funcionales expresados en lenguaje natural, mediante el análisis de las construcciones gramaticales de las oraciones. Esta propuesta hace uso de Stanford Parser, un analizador de lenguaje natural, para analizar oraciones extraídas de especificaciones formales de requisitos. El modelo conceptual es creado como resultado de la aplicación de técnicas de preprocesamiento del texto, extracción de características sintácticas, extracción de elementos de diseño y clasificación de tipos de relación.

Por otro lado, una de las investigaciones de la NASA realizadas por Port y otros [14] aborda la aplicación de técnicas de minería de texto sobre su repositorio de artefactos provenientes de diversos proyectos de software. Algunas de las experiencias consisten en la detección de requisitos erróneos o mal interpretados, clasificación de requisitos, detección de ambigüedad, aseguramiento de la trazabilidad, evaluación de riesgos, entre otros.

Park y otros [15] puestan por la aplicación de técnicas de minería de textos para brindar un sistema de apoyo de requisitos que evalúa la semejanza de las oraciones utilizando la similitud de términos y de esta manera identificar posibles redundancias e inconsistencias en los requisitos.

Si bien existen propuestas que hacen uso de la minería de textos para descubrir y extraer datos relevantes a partir de recursos textuales, es necesario destacar la detección de sólo una propuesta de investigación que aborda la obtención de artefactos a partir de declaraciones textuales. Por lo que el enfoque que se presenta en este trabajo puede ser considerado un aporte valioso y de soporte a las tareas de análisis y modelado en la Ingeniería del Software.

4. Herramientas Utilizadas

Esta sección describe las herramientas utilizadas para la implementación de las rutinas que permiten la evaluación de las declaraciones de requisitos resultantes de las tareas de educación, a los fines de abordar la detección de los actores, escenarios de caso de uso y la posterior generación del diagrama correspondiente.

La herramienta presentada en este trabajo, fue desarrollada con la librería spaCy¹ de Python, una librería de procesamiento de lenguaje natural diseñada específicamente con el objetivo de facilitar el desarrollo de sistemas listos para producción. La elección de la librería se encuentra fundamentada en la rapidez e intuitividad que brinda, lo que la posiciona como principal candidata para tareas de procesamiento de lenguaje natural junto a otras herramientas como NLTK (Natural Language Toolkit), Sci-kit, CoreNLP.

Por otro lado, cabe mencionar que todos los scripts han sido codificados en la versión 3.7 de Python, en el IDE Visual Code de Microsoft, y los mismos han sido alojados en un repositorio² creado por los autores en GitHub.

5. Metodología e Implementación

El enfoque propuesto utiliza la estructura sintáctica a nivel de oración, para determinar los componentes del diagrama de casos de uso. La metodología propuesta consta de cuatro pasos: (1) *Obtención y captura de los requisitos*,

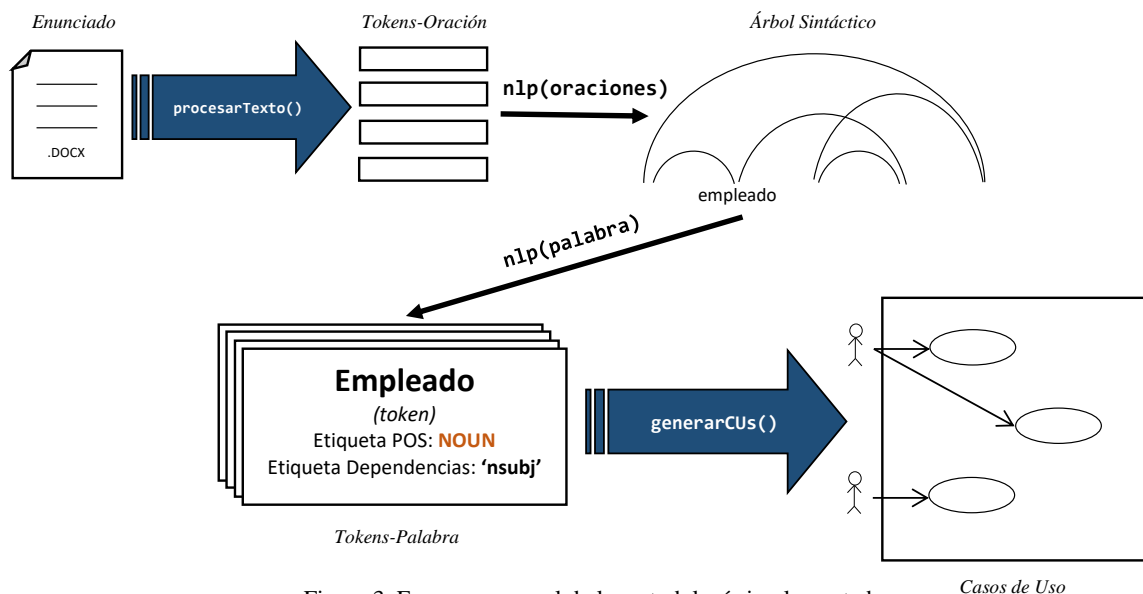


Figura.3. Esquema general de la metodología implementada.

¹ Página Oficial de la librería spaCy: www.spacy.io

² Repositorio del Proyecto: www.github.com/lopez96lau/docx2cu

(2) *Preprocesamiento del texto*, (3) *Identificación de actores, relaciones y escenarios de caso de uso* y, por último, (4) *Generación del diagrama de casos de uso*.

La Figura 3 resume la lógica de la metodología aplicada, la cual es explicada en cada una de las siguientes secciones:

5.1. Obtención y Captura de Requisitos

El primer paso consiste en la captura de los requisitos expresados en lenguaje natural. El mismo es extraído desde un archivo de texto en formato *.docx*, para luego ser procesado por spaCy. Esta tarea es realizada mediante el módulo *python-docx*, que permite interpretar las etiquetas o codificación del documento en el formato de Microsoft, posibilitando que Python pueda interpretarlo y editarlo.

Una vez importado el documento, se procede a la carga de la librería spaCy. Uno de los mayores desafíos de este procedimiento radica en la elección del corpus a utilizar ya que representa la base para las tareas involucradas en el procesamiento del texto. Esta dificultad se debe principalmente a la naturaleza del lenguaje español, debido a su elevado nivel de ambigüedad frente a otros idiomas, por lo que no resulta sencillo encontrar un corpus exhaustivo en contenido. En relación a esta situación, spaCy utiliza un modelo estadístico³ basado en los corpus AnCora y WikiNER, que permiten asignar tokens específicos del contexto, etiquetas *POS*⁴, y el análisis de dependencias y entidades. Una vez cargado el texto e interpretado por spaCy, la siguiente fase consiste en el preprocesamiento de los requisitos.

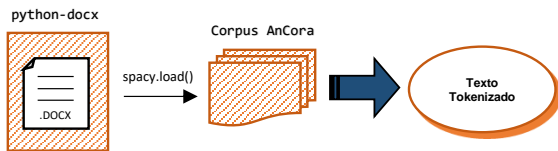


Figura 4. Etapa de "Obtención y Captura de Requisitos".

5.2. Preprocesamiento

Las tareas de preprocesamiento conducen a preparar el ambiente para aplicar las técnicas de minería de textos y procesamiento del lenguaje natural. En esta etapa se lleva a cabo la separación del texto tokenizado en oraciones, y la obtención de los *sujetos más frecuentes* (SMF).

Para esto, primero se debe "retokenizar" el texto en oraciones, donde tal proceso es realizado directamente con la propiedad *.sents*, que divide al mismo en tokens-oración que a su vez contienen tokens-palabra, permitiendo su manipulación de manera individual. Posteriormente, se lleva

a cabo la identificación de los SMF, el cual consiste en la detección de los sujetos gramaticales con mayor frecuencia en las oraciones que componen al texto. Es interesante extraer los SMF de un texto, ya que éstos presentan una mayor probabilidad de representar a los actores de los requerimientos analizados.

A continuación, la Figura 5 esquematiza la etapa de preprocesamiento, la cual reside en listar todos los sujetos presentes en cada oración del texto, y luego, filtrar los tres sujetos con mayor frecuencia de ocurrencia. Posteriormente, la Figura 6 ilustra el diagrama de flujo utilizado en la función listar sujetos. Dicha función, es aplicada sobre cada token-oración del texto, y consiste en analizar las propiedades de cada token-palabra perteneciente a una oración.

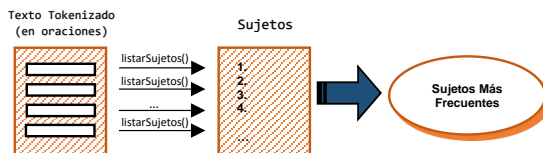


Figura 5. Etapa de "Preprocesamiento".

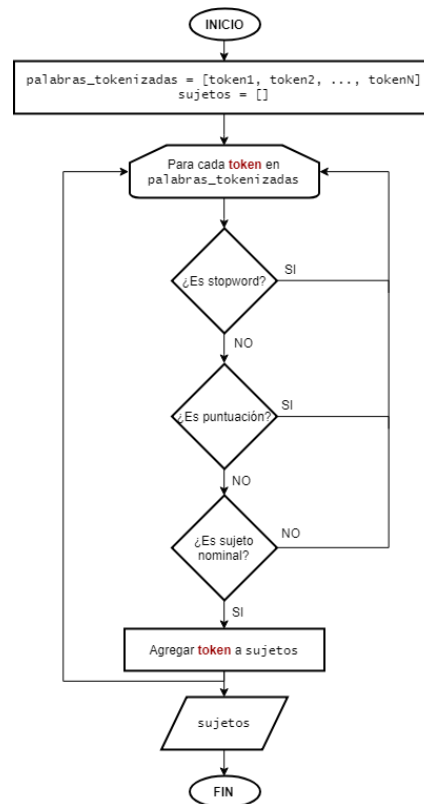


Figura 6. Algoritmo para listar sujetos.

³ Página del modelo estadístico de spaCy: www.spacy.io/models/es

⁴ *Part-Of-Speech* (en español, se refiere a "Análisis Sintáctico").

En la figura anterior, se puede observar que por cada token-palabra del texto, se realiza una evaluación que permite verificar que el mismo no sea una stopword o símbolo de puntuación, y que efectivamente sea un sujeto gramatical del texto. Así, cada token que cumpla con estas tres condiciones, es agregado a una lista de sujetos que contiene a todos los del texto original.

Luego, dicha lista será filtrada con los tres sujetos que presenten una mayor frecuencia, y éstos constituirán a los SMF del texto, por lo que ahora se puede proceder a la identificación de los actores, relaciones y escenarios.

5.3. Identificación de Actores, Relaciones y Escenarios de Casos de Uso

Es necesario mencionar que el procesamiento del texto se realizó a *nivel oración*, es decir, que el análisis de cada palabra extraída se realiza en función al dominio que provee la oración que la contiene.

A continuación, se detalla el procesamiento por el cual se somete a cada oración que conforma el texto analizado. Cada iteración está dividida en dos etapas: (a) extracción de los sujetos y los roles asociados y (b) la generación del esquema de los casos de uso extraídos del escenario de la oración, en función de los actores y roles identificados en la etapa anterior. La Figura 7 ilustra la lógica utilizada en el procesamiento para la extracción de sujetos y roles, y la posterior generación del esquema de requisitos.

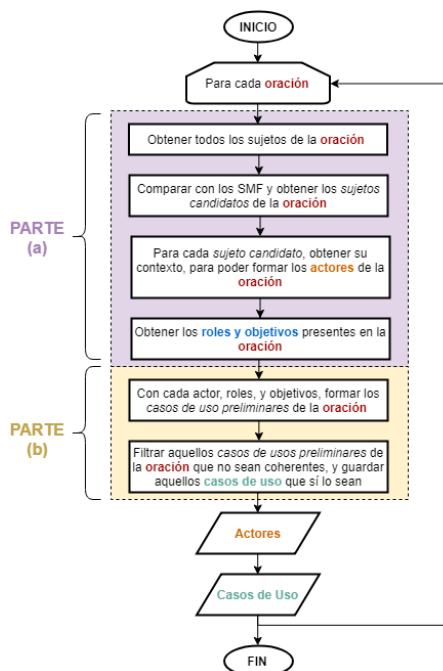


Figura 7. Extracción de sujetos, roles y generación del esquema de casos de uso.

La primera etapa (a) consiste principalmente en extraer todos los sujetos de la oración, luego filtrar aquellos más relevantes utilizando los SMF del texto, y finalmente, a partir de los resultantes, obtener el contexto de los mismos. Posteriormente, se buscan los roles de la oración y se guardan los sujetos en una lista auxiliar de actores. Luego, en la etapa (b), se generan los casos de uso a partir de los actores y los roles de la oración identificados en la etapa anterior, y se realiza el filtrado de aquellos requerimientos que carezcan de una estructura coherente, es decir, la eliminación de posibles falsos positivos que puedan generarse en la permutación de las tuplas actores-roles. Finalmente, se agregan los requerimientos filtrados en una lista auxiliar de requerimientos, para replicar el proceso con cada una de las oraciones.

A continuación, se detalla el proceso de filtrado correspondiente a los sujetos y requerimientos candidatos. Estos se determinan a partir de medidas cuantitativas que permitan ponderar su importancia, facilitando su clasificación como candidatos o no. El algoritmo utilizado puede visualizarse en la Figura 8.

```

función sujetosCandidatos(sujetos, SMF):
    candidatos = []
    Para cada sujeto en sujetos:
        #Se calcula la similitud entre cada sujeto y SMF
        prec1 = sujeto.similarity(SMF[0])
        prec2 = sujeto.similarity(SMF[1])
        prec3 = sujeto.similarity(SMF[2])

        #Se calculan estadísticas para el filtrado
        sumaPr = prec1 + prec2 + prec3
        promedio = sumaPr / 3

        #Se filtran los sujetos
        si prec1 < promedio y además
           prec2 < promedio y además
           prec3 < promedio
            entonces sujetos.remove(sujeto)
        sino:
            si sumaPr > 1: candidatos.agregar(sujeto)

    devolver candidatos
    
```

Figura 8. Función obtener sujetos candidatos de una oración.

El pseudocódigo expuesto en la Figura 8, representa el proceso utilizado para la obtención de los sujetos “candidatos” de la oración, es decir, aquellos sujetos más relevantes que tienen probabilidad alta de representar a un actor. Para ello, primero se listan los sujetos gramaticales de la oración y se compara su similitud vectorial con los SMF del texto calculados previamente. Para esta tarea, spaCy brinda una potente funcionalidad para la vectorización de cadenas con la propiedad *.similarity*, que permite calcular la similitud entre dos palabras en función a la distancia euclidiana existente entre las mismas, representadas como

vectores o *word embeddings*⁵ en el plano. Así, se obtiene un valor percentil que representa cuán “parecida” o “relacionada” es una palabra con otra.

Luego, se remueven aquellos sujetos que tengan una similitud menor al promedio de las similitudes con cada SMF, y se toman como candidatos a aquellos que no cumplan esta condición y cuya suma de similitudes sea mayor a 1. A continuación, se representa matemáticamente dicha condición de similitud.

$$P(s)_i = \text{similitud}(s, SMF_i) \quad (\forall i = 1, 2, 3)$$

$$SP(s) = \sum_{i=1}^3 P(s)_i \rightarrow AVG(s) = \frac{SP(s)}{3}$$

Entonces, si:

$$P(s)_i < AVG(s) \Rightarrow \text{Se descarta } \{s\}$$

Sino:

$$P(s)_i > AVG(s) \text{ y } SP(s) > 1.0 \Rightarrow \{s\} \text{ es candidato} \quad (\forall i = 1, 2, 3)$$

Figura. 9. Representación matemática de las condiciones necesarias para que un sujeto sea candidato.

De esta manera, son obtenidos los sujetos que posteriormente conformarán la lista de actores de los casos de uso de cada oración. Este paso, permite el mapeo de los casos de uso del texto, ya que una vez obtenidos los actores y los roles, solo resta permutar cada uno de ellos y verificar que el requerimiento formado sea cohesivo y coherente. A continuación, en la Figura 10, se muestra el algoritmo del proceso para filtrar aquellos casos de uso que no tengan las condiciones mencionadas anteriormente.

```
funcion filtrarCasosDeUso(casosDeUso):
    para cada CU en casosDeUso:
        actor = CU[0]
        rol = CU[1][0]
        objeto = CU[1][1]
        relacionRO = rol + ' ' + objeto
        si relacionRO.similarity(actor) < 0.8 y
           rol.similarity(objeto) < 0.8):
            entonces casosDeUso.remove(CU)
    devolver casosDeUso
```

Figura. 10. Función filtrar casos de uso en una oración.

El procesamiento del método filtrar sujetos consiste en ingresar como parámetro una lista con tuplas de requerimientos con el siguiente formato (*<actor>*, *<rol>*, *objeto*), sobre cuyos elementos se verifica la interacción de las similitudes para obtener resultados cuantitativos que permitan determinar si es necesario o no tener en cuenta a cada

requerimiento. De esta manera, se verifica la relación entre el actor y su par rol-objeto, y entre cada rol y objeto individualmente. Así, las relaciones que no tengan una similitud mayor al 80%, son descartadas, y el resto, se guardan como requerimientos candidatos de la oración. Esto permite considerar como relevante sólo a aquellas tuplas cuyos elementos se encuentren en un nivel mayor al 80% de similitud, el cual puede indicar un nivel alto de coherencia entre dichos elementos. Finalmente, las tuplas resultantes son guardadas en una lista y el algoritmo puede volver a analizar la siguiente oración del texto.

Finalmente, el último paso de la metodología planteada consiste en la generación del esquema de casos de uso, donde se permutan los actores con los requerimientos que éstos tienen asociados y se retornan los resultados finales del procesamiento del texto.

5.4. Generación del Esquema de Casos de Uso

En esta subsección, se describen las tareas realizadas para la generación del diagrama de casos de uso. A partir de los resultados de los pasos anteriores, se poseen dos listas finales, una con los actores de cada oración, y una con los requerimientos asociados a dichos actores. La última instancia de la metodología, consiste en eliminar actores y/o requerimientos repetidos, informar los resultados y calcular la precisión sobre dichos resultados.

Para esto, primero las listas son convertidas a conjuntos (*sets*), los cuales brindan una estructura de datos que no contiene elementos repetidos. Sin embargo, dichas listas no poseen elementos aislados, sino que sus elementos son otras listas, que contienen las entidades extraídas de cada oración del texto. Por este motivo, si se posee un texto con cinco oraciones, la lista de actores y requerimientos tendrán un tamaño de cinco elementos, en donde cada elemento es una lista de tamaño variable que almacena a los actores y requerimientos obtenidos de cada oración. Por lo tanto, para poder convertir eficientemente tales listas a conjuntos, se debe iterar en dos niveles, tanto a nivel lista para cada una de las oraciones, como a nivel sublista, para los elementos extraídos y contenidos en cada una de dichas oraciones. Una vez ejecutadas estas instrucciones, no se tendrán las dos listas anteriores, sino que, en su lugar, se contará con dos conjuntos de requerimientos y actores únicos, los cuales son el resultado final del programa.

Posteriormente, el script permite al usuario visualizar los resultados descriptos anteriormente y, con el aporte del juicio de un experto, podrá determinar la precisión con la cual se obtuvieron dichos resultados. Para ello, una vez que se muestran los actores y los requerimientos, se le pide la entrada de un entero que indique el número de requerimientos considerados correctamente detectados. Luego, la

⁵ Página donde se explica en detalle la función “similarity”: www.spacy.io/usage/vectors-similarity

precisión es calculada y la misma es mostrada, para que el usuario determine si los requerimientos han sido obtenidos con una alta efectividad, o si es necesario revisar el escenario. El nivel de precisión es calculado mediante la siguiente expresión:

$$Precisión \approx \frac{Casos\ Correctos \cdot 100}{Casos\ Totales}$$

6. Caso de Estudio

En esta sección se propone un caso de estudio a los fines de examinar la utilidad de la herramienta de análisis propuesta. Posteriormente, se describe cómo las actividades involucradas en la educación de requisitos, pueden apoyar la generación de diagramas de caso de uso a través del conocimiento extraído de las declaraciones expresadas en lenguaje natural con la aplicación de las técnicas de minería de texto.

A los fines de ilustrar el uso práctico de la herramienta desarrollada, esta se aplicó a una breve descripción de requisitos extraída de la cátedra de Ingeniería del Software. Esta se detalla a continuación:

Escenario: “Un minorista de hardware lleva a cabo el siguiente procedimiento para realizar el envío de productos a sus clientes. El proceso inicia cuando se tienen productos para enviar. Luego, mientras que un empleado administrativo debe decidir si es un envío normal o especial, un empleado de depósito puede comenzar a empaclar los productos. Si se necesita un envío especial, el empleado solicita cotizaciones de diferentes compañías de transporte, luego asigna una compañía y prepara la documentación. En caso que un envío normal sea adecuado, el empleado necesita chequear si es necesario contar con un seguro adicional. Si ocurre esto último, el gerente de logística debe contratar un seguro adicional. En cualquier caso, el empleado tiene que completar un sello postal para el envío. Finalmente, una vez que se decidió el tipo de envío y se empaclaron los productos, se debe añadir la documentación al paquete y moverlo a la zona de envío de productos”.

Inicialmente, se aborda el análisis de cada una de las oraciones del escenario que describe las especificaciones de requisitos. La Figura 11 muestra la salida del procesamiento de una oración del texto:

```

$ python test-docx2cu.py
Sujetos Mas Frecuentes: ['empleado', 'productos', 'envio']

Oracion: Si ocurre esto último, el gerente de logística debe contratar un seguro adicional.

Precisión del sujeto "esto" con el SMF "empleado": 0.535.
Precisión del sujeto "esto" con el SMF "productos": 0.036.
Precisión del sujeto "esto" con el SMF "envio": 0.371.
Suma de Precisiones: 0.942
Promedio: 0.314

Precisión del sujeto "gerente" con el SMF "empleado": 0.335.
Precisión del sujeto "gerente" con el SMF "productos": 0.248.
Precisión del sujeto "gerente" con el SMF "envio": 0.427.
Suma de Precisiones: 1.01
Promedio: 0.33666666666666667

Actores: ['GerenteLogistica']
Roles y Objetos asociados: [(ocurre, último), (contratar, seguro)]

Requerimientos:
GerenteLogistica -> Contratar Seguro
    
```

Figura. 11. Análisis a nivel de oración.

La oración extraída describe ‘Si ocurre esto último, el gerente de logística debe contratar un seguro adicional.’. Su visualización es posible aplicando la rutina *displacy.serve*, la cual crea un árbol de análisis sintáctico de la oración con diseño HTML. La Figura 12 representa el árbol sintáctico obtenido.

En la Figura 12 es posible observar las palabras tokenizadas, junto con sus etiquetas POS y las flechas que indican sus dependencias. Por ejemplo, puede observarse que los sujetos gramaticales (tácitos o no) son indicados con la etiqueta de dependencias ‘nsubj’, y que cada palabra tiene un valor POS que indica el tipo de palabra a nivel sintáctico con lo que es posible reconocer que los dos posibles sujetos de la oración serán las palabras ‘esto’, ya que es un sujeto tácito, y ‘gerente’, que es un sujeto expreso. Por otro lado, si se tienen en cuenta los SMF, las sumas de precisión y promedios de cada sujeto, se puede observar que la palabra ‘esto’ cumple con la condición de que la similitud con cada una de las SMF sea mayor al promedio de las

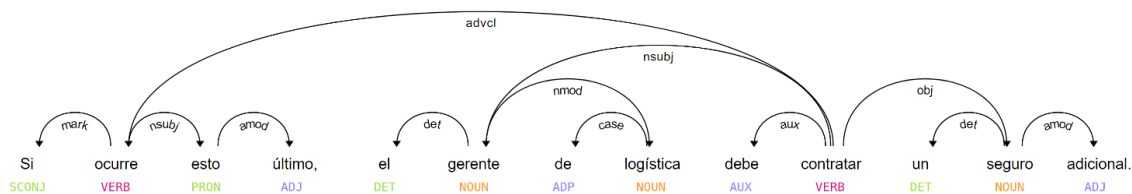


Figura. 12. Árbol sintáctico de la oración analizada.

mismas, pero no cumple con la condición de que la suma de ellas sea mayor a 1, por lo cual es descartada de ser un posible sujeto. En cuanto a la palabra 'gerente' cumple ambas condiciones, por lo que es tomada en cuenta como un sujeto candidato del texto.

A continuación, se analiza el contexto de la palabra 'gerente' para encontrar aquellos modificadores que permitan definir el rol y el objeto de los requerimientos asociados a ella y, además, se buscan calificativos que permitan abordar más información sobre el sujeto en cuestión. En las salidas puede observarse que los roles encontrados son 'ocurre último' y 'contratar seguro', pero cómo el primero está asociado a un sujeto no considerado, éste es descartado, por lo que 'contratar seguro' es detectado como posible escenario del requerimiento. Así, dichos roles y objetos son obtenidos mediante las palabras con la etiqueta 'VERB' que se encuentran en el ámbito de un sujeto de la oración, y las palabras con la dependencia 'obj' asociada al rol en cuestión. Por otro lado, para el calificativo 'logística' identificado, se buscan los adjetivos o sustantivos modificadores que se encuentran en los trigramas a los cuales pertenece el actor. Es decir que, en cada trigrama, se analizan si hay palabras con dependencia 'amod' o 'nmod' que se relacionen al sujeto determinado, y, en tal caso, se le asignan a éste. Por lo tanto, de esta manera, en cada oración se busca un par de verbo-objeto, relacionados entre sí y un trigrama que incluya al par sujeto-modificador, los cuales a su vez están asociados al/los sujeto/s presente/s en dicha oración.

Finalmente, luego de haber obtenido los sujetos candidatos y los roles, se procede a esquematizar los requerimientos, los cuales también son filtrados como se explicó anteriormente, y cuyo resultado producido es el requerimiento 'GerenteLogística → Contratar Seguro'.

En el caso de que existan N sujetos en una oración y M roles asociados a él, se realizarán N*M permutaciones entre cada uno de ellos. Además, para contemplar casos con existencia de sujetos tácitos, la técnica utilizada es la misma, sólo que no se le asocia ningún sujeto al requerimiento, y tal asignación queda en deber del usuario.

Así, se puede comprender cómo es procesada una oración por el programa propuesto, el cual realiza el análisis para cada una de ellas en el texto.

A continuación, en la Figura 13 se exponen los resultados obtenidos del script tras el procesamiento del enunciado dado:

```
$ python docx2cu.py

ACTORES DEL TEXTO:
=====
- DocumentaciónPaquete
- Empleado
- EmpleadoAdministrativo
- EmpleadoDepósito
- EnvíoEspecial
- EnvíoNormal
```

```
- GerenteLogística
- Proceso
- Productos
- TipoEnvío

CASOS DE USOS DEL TEXTO:
=====
1. GerenteLogística --> Contratar Seguro
2. Proceso --> Tener Productos
3. Empleado --> Solicitar Cotizaciones
4. Empleado --> Preparar Documentación
5. EnvíoEspecial --> Solicitar Cotizaciones
6. EnvíoEspecial --> Preparar Documentación
7. * --> Enviar Productos
8. TipoEnvío --> Decidir Tipo
9. Empleado --> Necesitar Necesario
10. TipoEnvío --> Añadir Documentación
11. EmpleadoAdministrativo --> Empacar Productos
12. EnvíoNormal --> Contar Seguro
13. Empleado --> Completar Sello
14. * --> Inicia Productos
15. EnvíoNormal --> Necesitar Necesario
16. EmpleadoDepósito --> Empacar Productos
17. Empleado --> Contar Seguro
18. Productos --> Empacar Productos
19. DocumentaciónPaquete --> Empacar Productos

(donde "*" indica que el actor no pudo ser determinado)

PRECISION DEL PROGRAMA:
=====
Ingrese el número de requerimientos que han sido detectados
correctamente, sin incluir Falsos Positivos o Falsos Negativos:
11

=> Los requerimientos han sido obtenidos con un 57.895% de
precisión.
```

Figura.13. Resultados a nivel texto.

En las Figura 13, se visualizan los actores del escenario junto con los casos de uso detectados, los cuales son listados por el actor. De acuerdo al juicio de un experto en el área se identificaron 11 casos de uso correctamente. Por lo tanto, se obtuvo una precisión de aproximadamente el 58%.

7. Conclusiones y Trabajos Futuros

Los diagramas de casos de uso han sido ampliamente adoptados por la industria y la academia para representar de forma gráfica las interacciones del sistema y su entorno. En este trabajo se ha presentado una estrategia alternativa basada en las técnicas de procesamiento de lenguaje natural y minería de texto para derivar diagramas de caso de uso, a partir de las declaraciones de requisitos expresadas en lenguaje natural. Esta propuesta tiene por objetivo contribuir con las tareas de los ingenieros y analistas de proyecto durante la generación de artefactos de software. Cabe desatacar que la propuesta presentada se encuentra en fase de prototipado.

Los resultados obtenidos permiten evidenciar el valor práctico de las técnicas de minería de texto para la identificación de los actores, casos de uso y sus relaciones a par-

tir de los requisitos obtenidos en las actividades de educación. Al automatizar la creación de los diagramas de caso de uso, el analista puede centrar su atención en las declaraciones de los stakeholders y su análisis, en lugar de la creación y perfeccionamiento de modelos.

Los autores proponen como trabajo futuro, la exportación de los resultados a archivos de lenguaje de marcado como, por ejemplo, JSON, XML o CSV. Y, por otro lado, proveer a la herramienta de una interfaz gráfica, con el objetivo de visualizar el diagrama de caso de uso generado. Conjuntamente se pretende la implementación de la herramienta desarrollada como microservicio parte de un sistema recomendador en el cual los autores se encuentran trabajando.

8. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por las siguientes instituciones: CONICET y Universidad Tecnológica Nacional (SIUTIFE0004923TC).

9. Referencias

- [1] T. Xie, S. Thummalapenta, D. Lo and C. Liu, "Data mining for software engineering," *Computer*, vol. 42, no. 8, 2009.
- [2] R. Feldman and J. Sanger, *The text mining handbook: advanced approaches in analyzing unstructured data*, Cambridge university press, 2007.
- [3] R. Witte, Q. Li, Y. Zhang and J. Rilling, "Ontological text mining of software documents," *International Conference on Application of Natural Language to Information Systems*, pp. 168-180, 2007.
- [4] M. Morisio, G. H. Travassos and M. Stark, "Extending UML to support domain analysis," *Proceedings ASE 2000. Fifteenth IEEE International Conference on Automated Software Engineering*, pp. 321-324, 2000.
- [5] R. M. Bastos and D. D. Ruiz, "Extending UML activity diagram for workflow modeling in production systems," *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, pp. 3786-3795, 2002.
- [6] L. Baresi, F. Garzotto and P. Paolini, "Extending UML for modeling web applications," *Proceedings of the 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 2001.
- [7] G. Schneider and J. P. Winters, *Applying use cases: a practical guide*, Pearson Education, 2001.
- [8] G. Booch, I. Jacobson and J. Rumbaugh, *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley, 1999.
- [9] U. M. Fayyad, G. Piatetsky-Shapiro and P. Smyth, "Knowledge Discovery and Data Mining: Towards a Unifying Framework," *KDD*, vol. 96, pp. 82-88, 1996.
- [10] P. Senellart and V. Blondel, "Automatic discovery of similar words," *Survey of Text Mining II*, pp. 25-44, 2008.
- [11] K.-M. Schneider, "Techniques for improving the performance of naive bayes for text classification," *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*, pp. 682-693, 2005.
- [12] V. Gupta and G. Lehal, "A survey of text mining techniques and applications," *Journal of emerging technologies in web intelligence*, vol. 1, no. 1, pp. 60-76, 2009.
- [13] V. B. V. Sagar and S. Abirami, "Conceptual modeling of natural language functional requirements," *Journal of Systems and Software*, vol. 88, pp. 25-41, 2014.
- [14] D. Port, A. Nikora, J. Hihn and L. Huang, "Experiences with text mining large collections of unstructured systems development artifacts at jpl," *Proceedings of the 33rd international conference on software engineering*, pp. 701-710, 2011.
- [15] S. Park, H. Kim, Y. Ko and J. Seo, "Implementation of an efficient requirements-analysis supporting system using similarity measure techniques," *Information and Software Technology*, vol. 42, no. 6, pp. 429-438, 2000.

Los Métodos Ágiles como Propuesta para el Desarrollo de Modelos de Investigación Operativa

Melina Vidoni, Laura Cúnico, Aldo Vecchietti
Instituto de Desarrollo y Diseño, INGAR CONICET-UTN
Santa Fe, Argentina
{melinavidoni, laura-cunico, aldovec}@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

Los problemas denominados “wicked” (o maliciosos) continúan vigentes para la Investigación Operativa (IO). Esto se debe a que los managers y las organizaciones se enfrentan constantemente a cambios en los requerimientos y ambientes. La Ingeniería de Software (IS) propuso la agilidad para gestionar los proyectos de forma que se permita una rápida y segura adaptación a los cambios. Previamente, se demostró que los proyectos IO poseen ciclos de vida definidos en términos de las mismas etapas que la IS ágil. Por lo tanto, mediante ingeniería reversa, este artículo aplica dichos conceptos a dos casos de estudio reales, proponiendo que es posible lograr gestiones ágiles en proyectos de IO.

1. Introducción

Comúnmente, los modeladores en Investigación Operativa (IO) trabajan con problemas “wicked” o maliciosos; estos son aquellos donde la información es confusa, los stakeholders tienen valores que entran en conflicto, y existen ramificaciones impredecibles en ambientes repletos de cambios [1]. No obstante, como estos problemas no pueden ser descriptos de forma conclusiva, no es posible garantizar que posean soluciones óptimas [2]. Así, históricamente, IO se concentró en generar modelos y algoritmos matemáticos, ajustando los problemas existentes a las técnicas que se investigan [3].

En consecuencia, la gestión de los proyectos IO se dejó de lado, a costa del pensamiento sistémico [4]. Debido a esto, pocos artículos explican el proceso de desarrollo y, en su mayoría, se enfocan en las técnicas y modelos resultantes [5]. Por esto mismo, estudiar la problemática de la gestión de proyectos IO es un tema que continúa careciendo de discusión.

Por su parte, la Ingeniería de Software (IS) ha enfrentado problemas similares, denominándolos

“hombres lobo”: en un inicio pueden ser situaciones previsibles y conocidas, para luego mutar en algo impredecible [6]. La agilidad surge como una respuesta a esta situación, proveyendo procesos, herramientas y artefactos para gestionar desarrollos en estos ambientes, con requerimientos volátiles y stakeholders conflictivos [7].

Por lo tanto, este artículo busca contribuir a la gestión de proyectos de IO mediante la aplicación de conceptos de agilidad, como se definen en IS. En un trabajo previo, los autores demostraron dos conceptos relacionados: (a) que éstas intervenciones constan de cuatro fases: Análisis, Diseño, Desarrollo e Implantación [8], las cuales son las mismas que se comparten en cualquier ciclo de vida en IS [7]; y (b) que la información evoluciona a lo largo de los mismos de forma similar en ambas disciplinas [8].

Como resultado, se busca utilizar dichos conceptos en la práctica, aplicando ingeniería reversa a dos casos de estudio. La ingeniería reversa busca des-construir el proceso existente, para encontrar errores o fallas que permitan luego mejorar el resultado [9]. Dos casos de estudio son analizados en términos de proyectos, proponiendo diferentes ciclos de vida ágiles para minimizar los problemas de gestión.

2. Agilidad: Motivos

El propósito de esta sección es mostrar que la filosofía de las Metodologías Ágiles (MA) se ajusta perfectamente para el desarrollo de modelos IO. Tanto IO como IS reconocen las mismas problemáticas, usando diferentes nombres: “wicked” y “hombres lobo” respectivamente. No obstante, IS giró hacia una gestión de proyectos mediante MA, mientras que IO no lo hizo [4].

2.1. Valores Ágiles en IO

Los objetivos y valores de los métodos ágiles se

Tabla 1. Valores y principios del manifiesto ágil.

	Código	Definición
Valores	V1	Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas
	V2	Software funcionando sobre documentación extensiva
	V3	Colaboración con el cliente sobre negociación contractual
	V4	Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan
Principios	P1	Nuestra mayor prioridad es satisfacer al cliente mediante la entrega temprana y continua de software con valor.
	P2	Aceptamos que los requisitos cambien, incluso en etapas tardías del desarrollo. Los procesos Ágiles aprovechan el cambio para proporcionar ventaja competitiva al cliente.
	P3	Entregamos software funcional frecuentemente, entre dos semanas y dos meses, con preferencia al periodo de tiempo más corto posible.
	P4	Los responsables de negocio y los desarrolladores trabajamos juntos de forma cotidiana durante todo el proyecto.
	P5	Los proyectos se desarrollan en torno a individuos motivados. Hay que darles el entorno y el apoyo que necesitan, y confiarles la ejecución del trabajo.
	P6	El método más eficiente y efectivo de comunicar información al equipo de desarrollo y entre sus miembros es la conversación cara a cara.
	P7	El software funcionando es la medida principal de progreso.
	P8	Los procesos Ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los promotores, desarrolladores y usuarios debemos ser capaces de mantener un ritmo constante de forma indefinida.
	P9	La atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño mejora la Agilidad.
	P10	La simplicidad, o el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado, es esencial.
	P11	Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos auto-organizados.
	P12	A intervalos regulares el equipo reflexiona sobre cómo ser más efectivo para a continuación ajustar y perfeccionar su comportamiento en consecuencia.

pueden encontrar en el Manifiesto Ágil [10], detallado en la Tabla 1. La misma enumera los cuatro valores y doce principios que caracterizan a este tipo de metodologías. Esto es relevante, ya que permitió definir el concepto de *agilidad*, contribuyendo a la amplia aceptación de las MA en la práctica e investigación de IS [7, 11].

Por un lado, al observar la tabla de valores y principios, se observa que muchos de ellos son apropiados para el desarrollo de los modelos IO. Para reforzar esta afirmación, algunos de ellos se discuten a continuación:

- Software funcionando sobre documentación extensiva. Este valor expresa la preferencia de tener un software funcionando en lugar de su documentación completa. Históricamente, cuando se propuso agilidad, el desarrollo estructurado y rígido fue el estado del arte [12]; como tal, siguieron el modelo de "cascada" [13], creando una extensa documentación y, a menudo, priorizando la generación de la misma, en lugar de desarrollar el sistema objetivo [14]. Sin embargo, la *agilidad* no descarta la documentación, sino que propone que la misma debe ser breve, concisa y suficiente para comprender el sistema, aún tiempo después de su desarrollo [15]. El objetivo de esto es garantizar un mantenimiento simple del código

con una posibilidad reducida de agregar nuevos errores. Esto es precisamente lo que se desea en el desarrollo de un modelo matemático de IO: que el modelo funcione, en lugar de tener una extensa documentación.

- Respuesta ante el cambio en lugar de seguir un plan. Este valor propone que se debe responder a los cambios en lugar de seguir estrictamente un plan. Los ciclos de vida estructurados no permiten cambiar los requisitos hasta que el sistema se termina [7]. Sin embargo, la aparición de Internet hizo que los desarrollos se enfrentaran a un tiempo de comercialización más corto y una necesidad de adaptarse mejor a los requisitos poco claros y cambiantes [14]. La agilidad no niega la necesidad de un plan, pero establece que debe: (a) ser lo suficientemente flexible para adaptar el sistema a los cambios, y (b) proporcionar artefactos y procesos para hacer esos cambios. En los modelos de IO, es frecuente introducir cambios porque se tienen nuevos requisitos, o porque algunos mutaron y resulta importante enfrentarlos de manera inmediata.
- Reflexionar sobre cómo ser más efectivo. Este principio propone algo que es necesario no sólo en los proyectos de IO, sino en todo desarrollo: que

los equipos puedan reconocer lo que hicieron mal, aprender de sus errores y aplicar ese nuevo conocimiento en futuras intervenciones [15]. Esto permite que las prácticas y el proceso de refinación mejoren constantemente.

Por otro lado, si bien la existencia de los problemas “wicked” causó que surgieran metodologías denominadas *Soft-OR*, las mismas sólo buscan comprender el problema inicial, enfocándose casi exclusivamente en la elicitación de requerimientos [16, 4]. Así, se concentran en los valores más “sociales” de la agilidad: V1, V3, P2, P4 y P6. Incluso, si bien estas metodologías existen, no poseen una aceptación generalizada [17, 5, 18, 19], cómo si sucede con la agilidad.

A la luz de los valores y principios de la Tabla 1, es posible detectar dos problemas principales en los proyectos OR:

- A. Falta de Documentación, ya que no existen artefactos para cubrir este problema. La documentación permite simplificar la comprensión de un modelo, describiendo cómo funciona el código, para que pueda reutilizarse en otros proyectos. Así, se busca acortar futuras modificaciones al mismo. Como resultado, una buena documentación puede disminuir el tiempo y costo de desarrollo [20].
- B. Los problemas se atacan sin ser divididos. En IO, los proyectos se consideran indivisibles, y no se emplea la técnica *dividir-para-conquistar*: fragmentar un conjunto de requisitos, seleccionar algunos y desarrollar incrementalmente al agregar iterativamente más requisitos [21]. El uso de esta técnica permite hacer entregas a corto plazo, reduciendo el tiempo de retorno de la inversión para el cliente; además, permite probarlo en vivo, operando con los otros sistemas. Esta es una de las características principales de la *agilidad* [10].

2.2. Aplicación de la Agilidad

La gestión de un proyecto IS se define como *ciclo de vida*: desde que surge una idea, hasta que se transforma sucesivamente hasta ser plasmada en un sistema, el cual se implanta y eventualmente “muere”, al ser reemplazado por otro [14].

En un trabajo previo, los autores demostraron que esta *evolución de la información* también existe en IO, lo que permite organizar el ciclo de vida IO en fases similares a las propias de IS [8]: análisis -el descubrimiento y estudio del problema-, diseño -la traducción de dicho estudio hacia ideas concretas de implementación-, desarrollo -que implica generar el modelo y los reportes en base a la estructura planteada previamente- e implantación, para finalmente llevar el modelo a la práctica. La Figura 1 resume esta correspondencia de

fases de ciclo de vida y etapas de evolución de información.

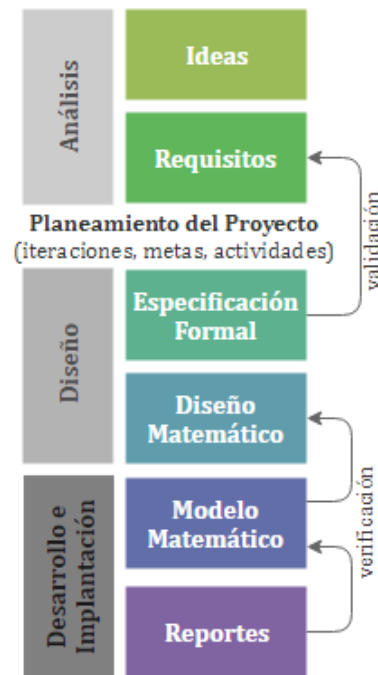


Figura 1. Fases del ciclo de vida, y evolución de la información en proyectos IO.

Las siguientes secciones analizan dos casos de estudio existentes, detectando los problemas que tuvieron a la luz de los principios y valores de los MA. Luego, se proponen diferentes gestiones de proyectos que podrían haberse enfrentado a las problemáticas detectadas.

3. Caso 1: Cadena de Tiendas Minoristas

Una cadena local de tiendas minoristas, llamada RSC, solicitó un estudio sobre la distribución de productos a sus locales de venta. RSC tiene tiendas minoristas en casi la mitad de Argentina, y las abastece a través de dos almacenes diferentes. La compañía tiene un sistema empresarial de clase mundial, y solicitó evaluar los cambios en la estructura de su cadena de suministro en un período de diez años; el objetivo principal era minimizar sus costos operativos y reorganizar la estructura, decidiendo el futuro de un depósito específico.

Se propuso desarrollar modelos matemáticos para estimar los costos y los beneficios de las diferentes opciones disponibles para dicho depósito: mantenerlo como estaba, cerrarlo, o transformarlo en *cross-docking*. Si bien la intervención fue corta, comenzó en diciembre de 2016 y finalizó en agosto de 2017, y permitió que RSC tomara una decisión. No obstante, es posible reconocer varias características “wicked” en ella.

3.1. Proceso Real

En los párrafos siguientes se muestran fragmentos de texto obtenidos de las comunicaciones e informes oficiales, las grabaciones de reuniones, los correos electrónicos y las notas de las personas que desarrollaron los modelos matemáticos. La Figura 2 muestra el proceso general del proyecto; los códigos que aparecen entre corchetes son referenciados en el texto.

En la primera reunión, los representantes comentaron sobre sus intenciones de cambiar la forma en que se entregan los bienes desde los almacenes hasta los locales de venta. Brindaron información sobre la estructura actual de la cadena de suministro, su funcionamiento y el análisis de costos que deseaban realizar. Luego, se comenzó a escribir el modelo utilizando la información recopilada para representar la situación actual [C1].

Dado que se necesitaba información adicional, se requirieron más datos a la empresa por medio de correos electrónicos. Los mismos arribaron con un retraso significativo y sin la documentación correspondiente [C2]. Por esto, se necesitó un esfuerzo adicional para comprender la información recibida, realizando suposiciones sobre los mismos para seguir adelante con el proyecto.

Sin embargo, mientras que la codificación avanzó, los modeladores requirieron más datos [C3]. El problema radicaba en el hecho que la empresa tenía algunos sectores aislados del sistema empresarial: cada uno empleaba bases de datos locales, generando brechas de información. Los siguientes son extractos de diferentes correos electrónicos de los gerentes, en un período de tres meses, que ejemplifican esa situación:

- "[...] Me disculpo, pero no pudimos obtener esta información. Podría darte solo los siguientes [...]. Tendremos que comenzar a recopilar el resto, ya que la mayoría de ellos no pueden obtenerse a

través del sistema de la empresa, y tenemos que preguntar al centro de distribución acerca de ellos [...]", escrito por un manager de RSC.

- "[...] La inconsistencia en los metros cúbicos observada en diciembre es causada por datos de entrada incorrectos de algunos productos. Estamos tratando de localizar cuál es, para que podamos estudiar y decidir cómo solucionarlo [...]", email de un manager, en respuesta a una solicitud de datos por parte de un modelador.

A meses de iniciado el proyecto, los representantes de RSC incluyeron a los gerentes de línea media en el mismo, buscando apurar la preparación de información requerida [C5]. Esta situación causó demoras adicionales en la generación de datos, junto con malentendidos en la comunicación. Las siguientes son dos solicitudes diferentes:

- Un modelador pidió: "Necesitamos el número de viajes en camión (tanto en los camiones propios como los contratados a terceros), para cada período (semana o mes) por cada punto de venta [...]". Pero el representante de logística respondió lo siguiente, dos semanas luego de la solicitud: "[...] Esta pregunta es demasiado ambigua. ¿Podría ser más específico?".
- En otro caso, un modelador escribió a un gerente de línea media: "[...] Para mejorar el modelo, necesitamos las rutas de entrega que realmente está utilizando. ¿Es posible obtener esa información? [...]". La respuesta al mismo demoró una semana, y los datos arribaron aproximadamente más de un mes después de la solicitud.

Dado que RSC intentó capitalizar esta situación para unificar sus bases de datos, los gerentes se interesaron en los nuevos requisitos [C5]. Estos fueron comunicados por

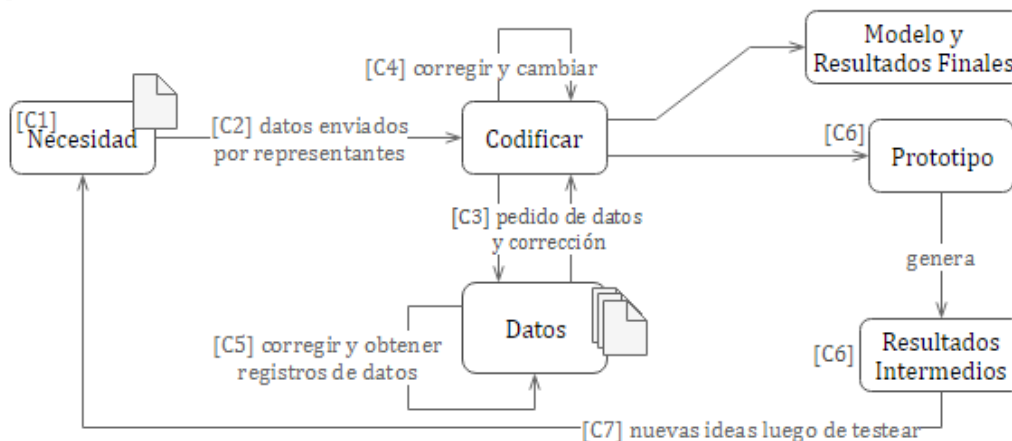


Figura 2. Proceso real de la gestión de proyectos en el Caso 1: RSC.

correo electrónico a los desarrolladores. El código se adaptó continua y reiteradamente para incluir cada solicitud [C4]. Sin embargo, ante la falta de requerimientos formalmente especificados, no hubo registro alguno de los cambios, y el modelo no se versionó: es decir, no existió constancia de qué alteraciones se realizaron, ni cuál fue el punto de partida. Así, las “versiones finales” se convirtieron en prototipos con resultados intermedios [C6], que afectaron los resultados proporcionados, y generaron nuevas restricciones y datos para ser codificados [C7].

Cerca del final de la intervención, los directivos principales participaron por primera vez del proyecto al formar parte de una reunión programada para reportar resultados. En la misma, los nuevos stakeholders solicitaron requisitos adicionales que comprometieron el propósito del proyecto. Esta deficiencia en la obtención y selección de stakeholders retrasó la finalización del proyecto más allá de lo programado, generando demoras y costos adicionales para ambas partes.

Así, resulta visible que en este proyecto no hubo un flujo constante de actividades, y que la intervención no tuvo en cuenta ningún proceso de gestión de proyecto. Esto es verdad tanto para los modeladores, como los clientes.

3.2. Propuesta: Proyecto Ágil

Muchas MA pueden enfrentar el mismo problema de manera diferente, pero aun así proporcionar una visión

global y un resultado satisfactorio. Para mostrar que no existe una opción única y perfecta para cada proyecto, se realizan dos propuestas de gestión para el caso de RSC.

Aquí el principal problema es la falta de datos y las incoherencias de la base de datos [C2, C3, C5]. Éstas retrasaron el proyecto y obligaron a los desarrolladores a arreglar el modelo como nuevos datos verificados continuamente [C4]. Por lo tanto, las propuestas giran en torno a esta falencia.

3.2.1. Scrum

La primera propuesta usa Scrum [22], y su proceso se puede ver en la Figura 3.

En este caso, la acumulación de información y la elicitación de la situación durante el análisis 'Análisis' permiten detectar el estado de las bases de datos, y su falta de unificación [C1-C5]. Por lo tanto, la primera iteración está dedicada a determinar qué datos se requieren para el modelo, mientras que RSC reorganiza sus bases de datos. Este *sprint* (o iteración), produce el conjunto completo de información verificada que se utilizará como entrada en el modelo. Esto es posible ya que no es necesario que cada iteración de Scrum produzca código fuente, especialmente cuando los datos de entrada son tan valiosos para un proyecto.

El segundo y tercer *sprint* desarrollan los modelos matemáticos de forma incremental [C6]: primero se modela la situación actual (en el segundo *sprint*) y posteriormente se agregan funcionalidades para considerar las otras opciones de decisión. Mediante este

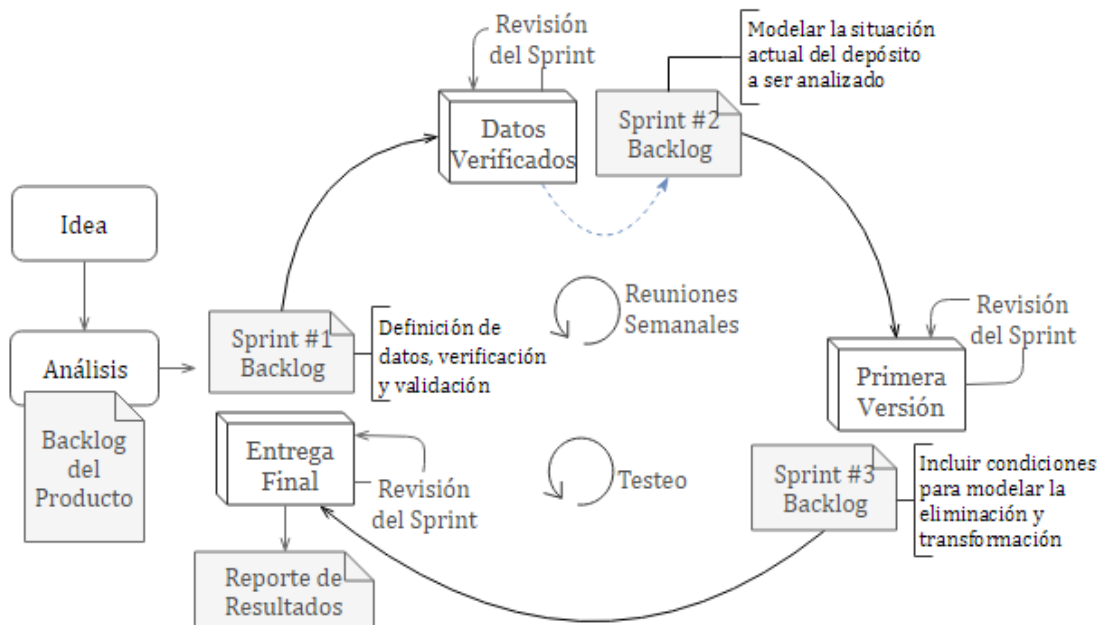


Figura 3. Caso 1: Propuesta de proceso ágil, empleando Scrum.

ciclo de vida, es posible incluir nuevas ideas [C7] en cada *sprint* ya que los mismos son usualmente detectados en las reuniones semanales.

Las ideas (planteadas como información inicial en la Figura 1) son transformadas a *historias de usuario* (los Requisitos de la Figura 1), y a partir de ahí se estudian para definir cómo y cuándo impactarán en el modelo a desarrollar.

3.2.2. Extreme Programming

La segunda propuesta utiliza Extreme Programming (XP) [23], y el proceso general se puede ver en la Figura 4. XP posee una menor dificultad de adaptación, ya que su enfoque centrado en el código no implica un cambio tan radical para el modelador.

Dado que esta MA se centra en crear las pruebas para las funcionalidades antes de desarrollarlas [23], en lugar de pasar directamente a la codificación, los modeladores primero preparan las pruebas con los datos recolectados. Con esto, las deficiencias de datos de RSC se hacen evidentes antes, dando a los representantes de RSC el tiempo necesario para organizar un proceso de unificación de bases de datos.

Con respecto a la organización del proyecto, las reuniones iniciales permiten delinear historias de usuarios que previenen lagunas en las especificaciones de requisitos, estableciendo una línea base sobre la cual trabajar [C1, C2, C7]. Esto se revisa a través de reuniones semanales, reconociendo el progreso actual y redescubriendo nuevos requisitos.

El proceso de XP agrupa sus iteraciones para modelar cada situación. De esta forma, comienza a construir el modelo con los datos actuales mientras los representantes de RSC puedan llevar a cabo la unificación y/o reorganización de la base de datos. Mientras esto sucede, los modeladores trabajan con datos agrupados en *stacks* o

conjuntos: cada uno representa una iteración pequeña y permite trabajar en características específicas. Es decir, que sólo se codifica aquellas funcionalidades que tienen datos y pruebas verificadas.

Así, esta propuesta produce una versión para cada situación específica, acompañada de documentación que registra cada funcionalidad y cambio realizado respecto al código. La fase de 'Desarrollo' avanza en paralelo con la reorganización del sistema empresarial de RSC, produciendo una iteración para cada pila de datos, hasta terminar el grupo con la situación actual. Luego, las iteraciones adicionales solo requieren una cantidad mínima de datos adicionales y pueden saltarse los primeros dos pasos de la Figura 4.

3.2.3. Comparación

La aplicación de ambos procesos presenta similitudes y diferencias, otorgando diferentes ventajas.

Por su parte, XP proporciona una estructura general pero realiza iteraciones más pequeñas en las que ejecuta las cinco actividades: recopilación y verificación de datos, planteo de escenarios y modelos de prueba, y codificación. Por otro lado, Scrum tiene una cantidad prefijada de iteraciones más significativas, donde no todas producen código, sino que contribuyen al proceso de reestructuración global.

Así, mientras XP plantea una carga de trabajo pareja para el cliente y los modeladores, la propuesta de Scrum hace que el primer *sprint* dependa más de la reorganización de la base de datos de los clientes, mientras que los otros recaen en los modeladores.

3.3. Propuesta: Artefactos Ágiles

Para mantener este artículo en foco, sólo se presentan fragmentos de los artefactos creados para XP, para que

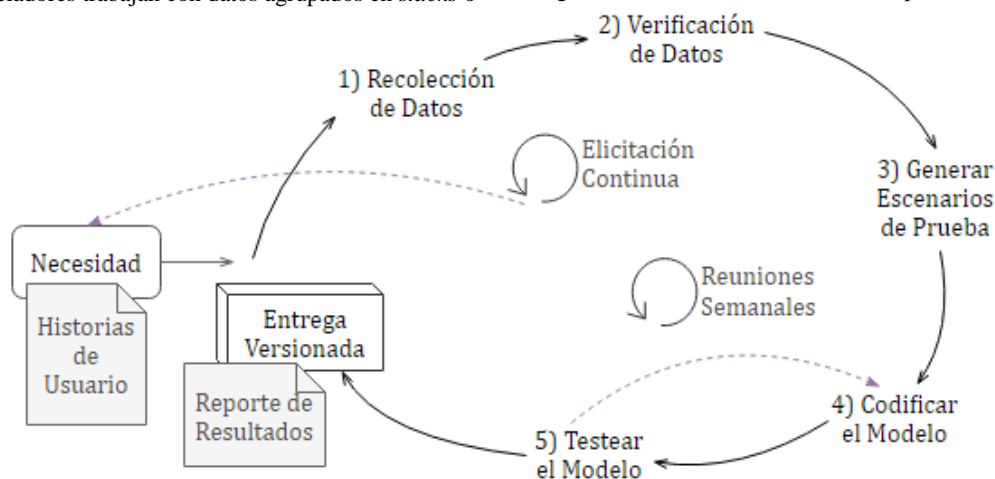


Figura 4. Caso 1: propuesta de proceso ágil, empleando XP.

actúen como ilustraciones.

Los más relevantes son las 'Historias de usuario', utilizadas para formalizar las 'Ideas' en 'Requisitos'. Las mismas son propuestas por XP, pero también pueden emplearse en Scrum. Dado que representan la evolución inicial de las 'Ideas' en 'Requisitos' (ver Figura 1), su elaboración es prioritaria.

La Tabla 5 propone ejemplos, junto con tres criterios de priorización: tiempo de desarrollo estimado, dependencia con otras historias y relevancia para el

cliente (siendo cinco el más relevante). Los códigos se designan deliberadamente para omitir números: esto es para mostrar que debe haber muchas más historias.

Vale la pena señalar que las historias de los usuarios siempre se escriben desde el punto de vista de una parte interesada específica. A menudo se detallan mientras los desarrolladores y las partes interesadas intercambian ideas y se estructuran para que sean fáciles de leer para este último.

Tabla 2. Ejemplos de historias de usuario.

Código	Historia	Relevancia	Estimación	Dependencia
E01	Como manager, quiero comparar los costos operacionales de mantener el depósito como en la actualidad, convertirlo en cross-docking, o cerrarlo.	5		E02, E03, E04
E02	Como manager, quiero conocer los costos operacionales (salarios, costo de transporte de productos, ganancias de ventas, costo de depósito e impuestos) por mantener el depósito como está, en los próximos cinco años.	4		US12, US30, US34, US40
E03	Como manager, quiero conocer los costos operacionales (indemnizaciones laborales, costos de distribución de productos, ganancias por venta, costo de tercerización de distribución e impuestos) por cerrar el depósito.	4		US13, US24, US40
E04	Como manager, quiero conocer los costos operacionales (salarios, costo de distribución transporte de productos, ganancias de ventas, costo de depósito e impuestos) por convertir el depósito, en los próximos cinco años.	4		US14, US23, US30, US40
US9	Como modelador, quiero tener datos (ventas promedios, ubicaciones de puntos de ventas y distancias entre ellos, salarios actualizados, costos de tercerización e impuestos) de los cinco años pasados, en formato CSV.	4	5 horas	US30
US12 US13 US14	Como modelador quiero crear datos de entrada al inferir los costos relacionados a viajar de un punto de venta hasta otro, en el escenario de [mantener el depósito, cerrarlo, cambiar a cross-docking].	2	1 día	
US23	Como modelador quiero tener restricciones para definir qué puntos de venta son provistos por la ubicación de cross-docking.	2	2 días	
US24	Como modelador quiero tener restricciones para determinar la cantidad de productos a ser distribuidos desde el depósito central, hasta las ubicaciones de los puntos de venta.	4	3 días	US14, US30
US30	Como administrador de base de datos quiero recuperar el volumen de ventas, organizado por mes y por punto de venta, y exportarlo a CSV.	2	3 días	
US34	Como modelador quiero minimizar los costos operacionales de inferir ganancias para mantener el depósito durante los siguientes cinco años.	4	3 horas	
US40	Como manager, quiero exportar los resultados de cada escenario del modelo a un archivo Excel, con gráficos y tablas legibles y amigables al usuario.	3	2 días	

MODELO: MANTENER EL DEPÓSITO.			MODELO: CAMBIAR A CROSS-DOCKING			MODELO: CERRAR EL DEPÓSITO		
Datos de Entrada	Restricciones y Objetivos	Reportes	Datos de Entrada	Restricciones y Objetivos	Reportes	Datos de Entrada	Restricciones y Objetivos	Reportes
Como modelador, quiero tener datos (ventas promedio, ubicaciones de puntos de ventas y distancias entre ellos, salarios)			Como modelador quiero crear datos de entrada al inferir los costos relacionados a viajar de un punto de venta hasta otro, en el			Como modelador quiero crear datos de entrada al inferir los costos relacionados a viajar de un punto de venta hasta otro, en el		
Como administrador de base de datos quiero recuperar el volumen de ventas, organizado por mes y por punto de venta, y exportarlo a								
Como modelador quiero crear datos de entrada al inferir los costos relacionados a viajar de un punto de venta hasta otro, en	Como modelador quiero minimizar los costos operacionales de inferir ganancias para mantener el depósito durante los	Como manager, quiero conocer los costos operacionales (salarios, costo de transporte de productos, ganancias de ventas, costo de						
			Como modelador quiero tener restricciones para definir qué puntos de venta son provistos por la ubicación de cross-	Como manager, quiero conocer los costos operacionales (salarios, costo de distribución transporte de productos, ganancias				
						Como modelador quiero tener restricciones para determinar la cantidad de productos a ser distribuidos desde el	Como manager, quiero conocer los costos operacionales (indemnizaciones laborales, costos de distribución de	

Figura 5. Caso 1: "Plan de Entrega" usando las "historias de usuario" de la Tabla 4.

Varios puntos interesantes pueden discutirse a partir de estos ejemplos:

- Puede haber historias épicas: historias que son demasiado genéricas y deben especificarse en historias más pequeñas. [E01] y sus subdivisiones en [E02], [E03] y [E04] son ejemplos de esto. Las subdivisiones también se pueden considerar épicas, pero se usan para agrupar las iteraciones para construir cada modelo específico
- Se debe contar con una historia para cada dato de entrada que debe inferirse de los datos existentes. Las historias [US12], [US13] y [US14] muestran que la inferencia de datos también debe estar documentada para cada escenario que necesita desarrollarse.
- Del mismo modo, también debe haber historias para cada grupo de restricciones en cada escenario (como [US23] y [US24]) e historias para cada objetivo que se utilizará (es decir, [US34]).
- El tipo esperado de informes que se generan también debe abordarse como historias, ya que en muchos casos esto debe codificarse como parte del modelo; [US40] lo ejemplifica.
- Obtener y organizar los datos de entrada es vital. Así, es importante representar cada requisito de pila de datos como una historia en sí misma. Esto se hace desde la perspectiva del administrador de la base de datos (como en [US30]) y el punto de vista de los modeladores (es decir, [US9]).

Estas "historias de usuarios" pueden emplearse para construir el "plan de entrega". Éste indica cuándo se completa cada iteración, y qué contenido tiene cada una de ellas. Actualmente existen múltiples herramientas

online que se emplean en IS para organizar interactivamente el desarrollo del software, que pueden utilizarse en proyectos IO. La Figura 5 presenta un "plan de entrega" para RSC, generado con *FeatureMap* [24].

4. Caso 2: Producción de Poliuretano

Una fábrica de espuma de poliuretano denominada LSK estaba llevando a cabo una remodelación en el edificio principal de producción. Al finalizar la misma, estimada en seis meses, el proceso productivo de LSK gozaría de mayor automatización y mejor performance debido a un doble turno de trabajo. LSK solicitó un modelo matemático para usar en la optimización de las operaciones diarias de esta nueva planta.

La intervención se inició en Junio de 2011 y se completó en Octubre de 2013, debido a extensivos problemas "wicked", demoras y cambios de planes en la remodelación. Las siguientes subsecciones presentan el proyecto real, y una propuesta de gestión.

4.1. Proceso Real

El proceso real del proyecto para LSK se resume en la Figura 6, donde nuevamente se emplean códigos para los problemas detectados, los cuales son referenciados en el texto.

El proyecto comenzó con una reunión en la cual un representante de LSK presentó un documento base [L1] que definía los resultados esperados para el mismo, un plano de la planta de producción al finalizar la renovación, y una descripción del proceso considerando estos cambios. Las siguientes son citas de dicho documento:

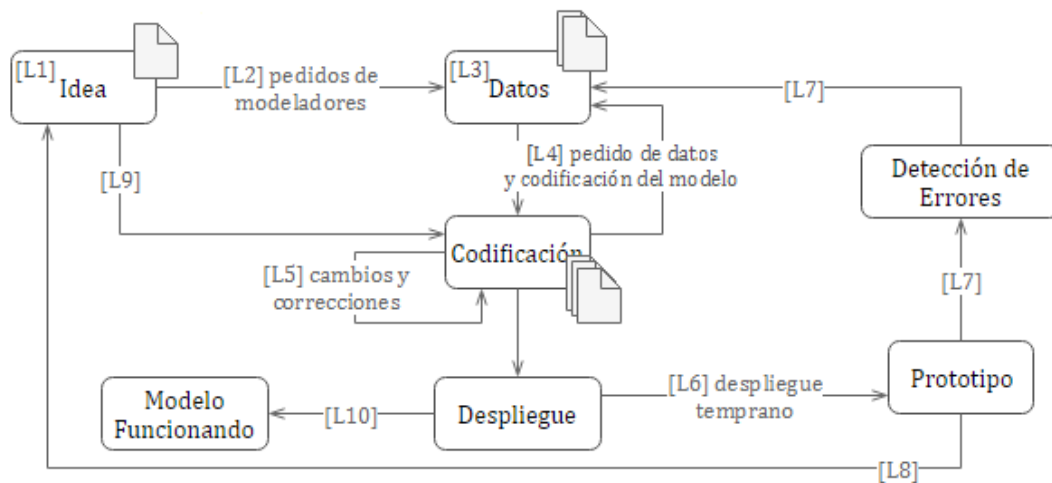


Figura 6. Proceso real de la gestión de proyectos en el Caso 2: LSK.

- “[...] La meta es alcanzar una operación de corte de espuma más eficiente y controlada, al automatizar los movimientos y optimizar el planeamiento y cronograma de la producción [...]”
- “[...] El proyecto debe avanzar en paralelo en dos frentes, para alcanzar una ejecución sincronizada: el plan de remodelación de la planta [...] y los aspectos relacionados al sistema de información y modelo matemático [...]”.

No obstante, la meta del proyecto era, de hecho, una visión a largo plazo. Incluso, la construcción y el proceso de optimización se limitaban mutuamente. Esto llevó a comenzar un proyecto demasiado ambicioso sin establecer metas a corto plazo. Como resultado, no se consideró la posibilidad de dividirlo.

A pesar de esto, los modeladores usaron el documento base de LSK para iniciar el modelado, sin llevar a cabo ninguna elicitación adicional. Así, los datos específicos fueron solicitados esporádicamente al tiempo que se codificaba el modelo matemático [L2]. Ésta es una deficiencia crítica para cualquier proyecto: saltar el ‘Análisis’ y ‘Diseño’ produce múltiples errores derivados de requerimientos incompletos y mal comprendidos.

Por ejemplo, habiendo transcurrido tres meses de un proyecto de seis meses de duración esperada, un manager respondió al pedido de información de un modelador, diciendo: “[...] Yo no tengo ningún dato sobre la relación entre equipos y productos. Estoy trabajando en eso. Te lo envío tan pronto como lo tenga [...]”.

Incluso, los archivos de datos no tenían clarificaciones, resultando en una interpretación subjetiva cargada de supuestos [L3].

Esto produjo un ciclo dentro del proyecto [L4], en el cual los modeladores pedían datos mientras trabajan en

supuestos. Como resultado, el desarrollo del modelo cayó en un bucle de corregir y cambiar el código [L5] para remover los supuestos y adaptarlo a los datos provistos. La siguiente cita surge de un email entre los modeladores: “[...] Inicialmente, podemos considerar que la producción funciona de esta forma. Si vemos que el requerimiento [...] se repite con frecuencia [...], entonces podemos predefinir combinaciones [...]”.

Aún peor, los datos eran provistos de acuerdo a la operación previa a la remodelación de la fábrica, pero eran empleados para crear el modelo de la operación futura.

Después de un año de trabajar en el proyecto, las demoras en la remodelación fueron críticas, y LSK decidió desplegar el modelo en la planta aún bajo construcción, extendiendo ambos proyectos [L6]. Sin embargo, el modelo había sido pensado para el funcionamiento futuro, y no consideraba la situación actual: es decir, producía resultados inadecuados.

Una minuta de reunión transcribe: “[...] El modelo optimiza una situación que no es la actual [...] - Esto es porque el sistema de movimiento no está funcionando, ya que todo es ‘manual’. Las condiciones son muy diferentes a las usadas en el modelo [...], así que la optimización del turno completo es muy diferente [...]”.

Pero a pesar de esto, el modelo no fue descartado y los encargados de planta fueron forzados a alterar los resultados para ajustarse a las condiciones de la planta. Un manager comunicó que: “[...] los encargados modifican la secuencia de producción sugerida por el modelo, para que sea posible trabajar con la planta en las condiciones actuales. En la práctica, ellos usan el modelo, toman los resultados [...] pero cambian la secuencia [...]”.

A pesar que la usabilidad del modelo estaba comprometida, LSK decidió continuar empleando el

modelo. A pesar de las insuficiencias, un email de un manager confirmó esta intención: “[...] Creemos que no tenemos que preocuparnos en mejorar el modelo actual, sino que hay que enfocarse en pulir el modelo que funcionará cuando la planta esté completa [...]”. A tres meses de trabajar en esta situación, nuevos errores y problemas fueron detectados y comunicados [L7]. Los modeladores recayeron en el ciclo de pedir datos adicionales para modificar el modelo bajo demanda.

Hacia el final de 2012, LSK detectó nuevos requerimientos [L8]: “[...] Creemos que de alguna forma tenemos que lograr que el modelo permita trabajar con la espuma de terceros. No lo pensé demasiado, y no es ‘para ahora’ pero lo estamos manejando separado del resto [...] lo que no me parece consistente [...]” escribió un manager de LSK. Al igual que antes, los modeladores no analizaron ni documentaron el modelo [L9], enfocándose únicamente en el código: “[...] creemos que podemos agregar una restricción, pero no estamos seguros que tenga sentido” fue la respuesta al pedido, también realizada por email.

Para el primer cuatrimestre de 2013, el trabajo de desarrollo fue completado [L10] pero no se documentó el modelo. En consecuencia, muchos encargados de planta de LSK ignoraban cómo usar ciertas condiciones específicas del modelo. El siguiente extracto surge de un email entre los modeladores: “Algunos encargados no estaban presentes el día que lo explicaste [a la función problemática] y no saben cómo usarla. Como yo tampoco recuerdo, acordamos en que lo explicarías

cuando volvieras del viaje [...]”.

Así, es importante destacar la falta de un flujo coherente de actividades, y la ausencia de acciones dirigidas a organizar la intervención: la gestión de proyecto siempre fue relegada en aras de codificar el modelo matemático. Sin embargo, como se plantea en este artículo, estas actividades no deberían ser mutuamente excluyentes.

4.2. Propuesta Ágil: Scrum

El MA seleccionado para esta intervención es Scrum. La Figura 7 presenta un resumen de este proceso.

Un primer aspecto crítico [L1] es reconocer que los dos sub-proyectos (la remodelación y la optimización) no pueden ser considerados iguales, ni ser resueltos de forma aislada. Por lo tanto, el desarrollo del modelo matemático necesita estar sujeto a los tiempos y problemas de la renovación, la cual es la principal fuente de cambios inesperados (un aspecto “wicked”). Entonces, en lugar de continuar codificando para la operación futura mientras que el modelo se usa en la actual [L6], el proyecto debería plantearse en iteraciones incrementales. Cada *sprint* produciría un modelo intermedio, listo para emplearse en las circunstancias actuales [L6], proveyendo un retorno de la inversión y construyéndose de forma incremental hasta alcanzar la operación futura.

Un segundo problema crítico es la falta de fases de ‘Análisis y ‘Diseño’ [L2, L4, L5, L8], que también causan otros problemas. El aspecto más problemático es

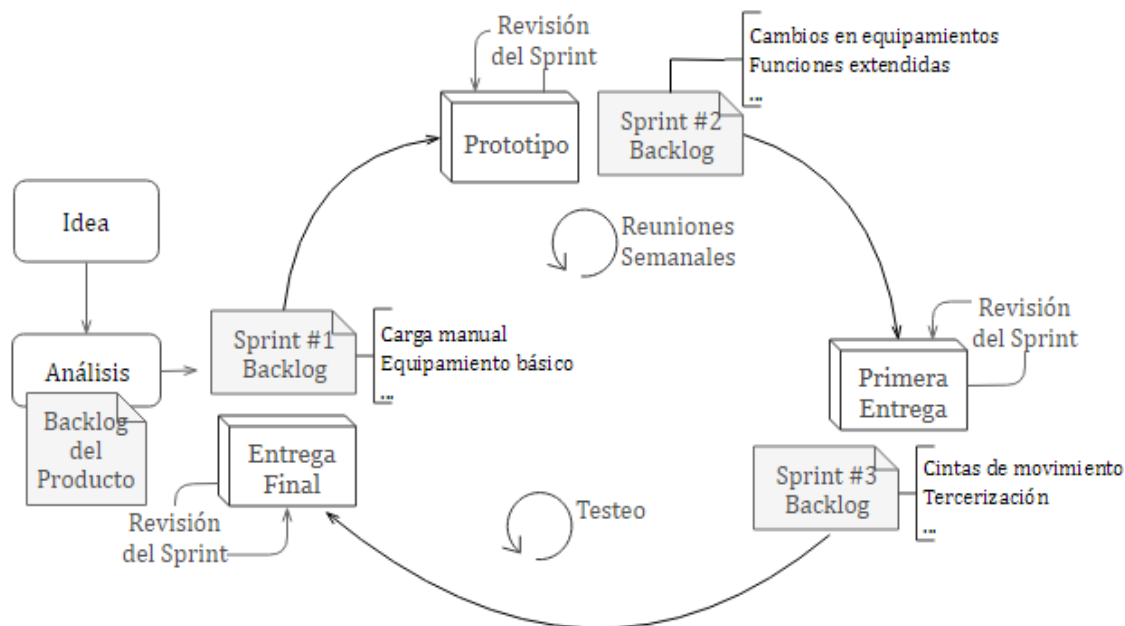


Figura 7. Caso 1: Propuesta de proceso ágil, empleando Scrum.

que al no tener un conocimiento claro de los stakeholders y su interés, sólo se incrementa la incertidumbre de ciertas decisiones, forzando a trabajar con supuestos.

Al usar Scrum y un proceso de elicitación, el 'Análisis' permite definir stakeholders, representar requerimientos con "historias de usuarios" y presentar un "plan de etapas", con todas las funcionalidades. Este artefacto puede complementarse con cualquier otro producido durante la elicitación, evitando que los modeladores se encuentren con detalles no definidos [L3].

La gestión ideal tiene tres *sprints*, antes de los cuales es necesario priorizar los requerimientos. Los 'Requisitos' (ver Figura 1) son clarificados al inicio de cada sprint, permitiendo mantener una lista de cambios, agregados y eliminaciones, junto con su impacto en el código [L5]. A su vez, esto facilita definir qué datos se necesitan para especificar procesos de testeo para evaluar cada funcionalidad [L7].

Finalmente, cada *sprint* produce un modelo factible, acorde a la realidad de la planta en cada momento. Por lo tanto, los delegados podrían usarlo sin alterar los resultados [L6], reduciendo su carga de trabajo. Cada entrega también debe incluir una pequeña capacitación y documentación.

5. Conclusiones

La Ingeniería de Software (IS) ha propuesto y utilizado diferentes metodologías para tratar problemas "wicked". Uno de ellos son las Metodologías Ágiles (MA), cuyos beneficios y uso generalizado son reconocidos tanto por la academia como por los profesionales. Como resultado, surge una pregunta: ¿la *agilidad* también puede contribuir a tratar estos problemas en Investigación Operativa (IO)?

Basándose en un trabajo previo que demuestra que los proyectos de IO comparten las etapas de los ciclos de vida de IS, este artículo aplica ingeniería reversa a dos proyectos reales pasados, para detectar las características "wicked" y plantear soluciones a través de la gestión ágil de dichos proyectos.

Como resultado, es posible responder a la pregunta planteada, afirmando que la agilidad se postula como una alternativa eficiente para tratar problemas "wicked". Las MA proporcionan propiedades importantes para la gestión de proyectos, de cambios, control de versiones y elicitación de requerimientos cambiantes o desconocidos, los cuales son característicos de estos problemas. Un proceso ordenado con versiones intermedias y una estructura incremental puede mantener a las partes interesadas comprometidas, mientras se crea una base sólida para funcionalidades futuras.

No obstante, es importante destacar que la evaluación real de las MA en IO no puede realizarse en un solo

proyecto real: debe aplicarse en múltiples casos, con diversos modeladores y organizaciones, así como sucedió en IS. De esta forma, este artículo busca plantear la idea de agilidad en IO, demostrando teóricamente que es posible, en pos de promover su utilización en la práctica.

6. Referencias

- [1] C. Churchman, "Wicked Problems," *Management Science*, vol. 14, no. 4, pp. B-141-B-146, 1967.
- [2] H. Rittel and M. Webber, "Dilemmas in a general theory of planning," *Policy Sciences*, vol. 4, no. 2, p. 155-169, 1973.
- [3] R. Ackoff, "The Future of Operational Research is Past," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 30, no. 2, p. 93-104, 1979.
- [4] J. Mingers and L. White, "A review of the recent contribution of systems thinking to operational research and management science," *European Journal of Operational Research*, vol. 207, no. 3, pp. 1147-1161, 2010.
- [5] R. Ormerod, "The Mangle of OR Practice: Towards More Informative Case Studies of 'Technical' Projects," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 65, no. 8, p. 1245-1260, 2014.
- [6] F. Brooks Jr., "No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering," *IEEE Computer*, vol. 20, no. 4, pp. 10-19, 1987.
- [7] R. Kneuper, "Sixty Years of Software Development Life Cycle Models," *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 39, no. 3, pp. 41-54, 2017.
- [8] M. Vidoni, L. Cunico y A. Vecchietti, «Towards an Agile Lifecycle in Operation Research Projects,» de *International Conference on Enterprise Information Systems*, Funchal, Portugal, 2018.
- [9] H. Bruneliere, J. Cabot, F. Jouault y F. Madiot, «MoDisco: a generic and extensible framework for model driven reverse engineering,» de *IEEE/ACM International Conference on Automated software engineering*, Antwerp, Belgium, 2010.
- [10] K. Beck, M. Beedle, A. C. A. Bennekum, W. Cunningham, M. Fowler, J. Grenning, J. Highsmith, A. Hunt, R. Jeffries, J. Kern, B. Marick, R. Martin, S. Mellor, K. Schwaber, J. Sutherland, K. Schwaber, J. Sutherland and D. Thomas, "Manifiesto for Agile Software Development," 2001. [Online]. Available: <http://www.agilemanifesto.org/>. [Accessed 2018].
- [11] A. Tarhan y S. G. Yilmaz, «Systematic analyses and comparison of development performance and product quality of Incremental Process and Agile Process,» *Information and Software Technology*,

- vol. 56, n° 5, pp. 477-494, 2014.
- [12] N. Ruparelia, "Software Development Lifecycle Models," *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 35, no. 3, pp. 8-13, 2010.
- [13] W. Royce, «Managing the Development of Large Software Systems,» de *Proceedings of the IEEE WESCON*, 1970.
- [14] B. Boehm, "A View of 20th and 21st Century Software Engineering," in *28th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, Shanghai, China, 2006.
- [15] T. Dingsøyr, S. Nerur, V. Balijepally and N. B. Moe, "A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development," *Journal of Systems and Software*, vol. 85, no. 6, pp. 1213-1221, 2012.
- [16] J. Mingers, "An Idea Ahead of Its Time: The History and Development of Soft Systems Methodology," *Systemic Practice and Action Research*, vol. 13, no. 6, p. 733-755, 2000.
- [17] J. Mingers, "Soft OR comes of age—but not everywhere!," *Omega*, vol. 39, no. 6, pp. 729-741, 2011.
- [18] F. Ackermann, "Problem structuring methods 'in the Dock': Arguing the case for Soft OR," *European Journal of Operational Research*, vol. 219, no. 3, pp. 652-658, 2012.
- [19] F. Ackermann, R. Bawden, O. Bosch, J. Brocklesby, J. Bryant, D. Buede, A. Carreras, P. Checkland, M. Cushman, H. Daellenbach, J. Davies, H. Deguchi, C. Eden, J. Edwards, A. Elias, A. Franco, J. Friend, I. Georgiou, A. Greenwood, A. Groessler, J. Gu, G. Hindle, K. Hipel, T. Inohara, M. Jackson, K. Kijima, M. Kilgour, V. Mabin, G. Midgley, J. Mingers, G. Montibeller, M. Mulej, A. Obeidi, F. O'Brien, L. Phillips, M. Pidd, U. Putro, K. Richardson, E. Rouwette, R. Sato, D. Shaw, N. Shiba, S. Takahashi, J. Vennix, V. Vidal, M. Westcomb and L. White, "The Case for Soft O.R.," *OR/MS Today*, 2009.
- [20] W. Frakes and K. Kang, "Software Reuse Research: Status and Future," *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 31, no. 7, pp. 529-536, 2005.
- [21] B. Boehm, "A Spiral Model of Software Development and Enhancement," *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, vol. 11, no. 4, pp. 14-24, 1986.
- [22] K. Vlaanderen, S. Jansen, S. Brinkkemper and E. Jaspers, "The agile requirements refinery: Applying SCRUM principles to software product management," *Information and Software Technology*, vol. 53, no. 1, pp. 58-70, 2011.
- [23] K. Beck, *Extreme Programming Explained—Embrace Change*, First ed., Addison-Wesley Professional, 1999.
- [24] Saliency, "FeatureMap Product Tour," 2018. [Online]. Available: <https://www.featuremap.co/en/tour>. [Accessed July 2018].

Proceso de Vigilancia Tecnológica en la Gestión de I+D+i

Zachman P.¹, Benavidez V., Orellana Chavez Y., Barvo Coria R.

¹Universidad Nacional del Chaco Austral

ppz@uncaus.edu.ar

Resumen

La gestión estratégica de la información científico-tecnológica resulta cada vez más importante para innovar y sobrevivir en un entorno complejo y cambiante como el actual. Los ciclos de vida de tecnologías y productos se acortan, los mercados se hacen globales. El riesgo tecnológico requiere ser gestionado y la innovación abierta emerge para transformar los modelos de negocio de las organizaciones. La creciente valoración de la vigilancia tecnológica y de la inteligencia competitiva, responde a la necesidad por parte de las organizaciones de lograr la información con anticipación respecto de los competidores. Se pretende convertirlo en conocimiento, elaborarlo de forma que sea relevante para el negocio y utilizarlo para la toma de decisiones obteniendo una ventaja competitiva. El artículo que se presenta describe una experiencia de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva aplicada a. determinar el potencial de explotación y comercialización de una tecnología para la medición de telómeros. Al mismo tiempo ofrece una perspectiva de I+D, a través de herramientas, técnicas y modelos analíticos para el rastreo y minado de información digital, enfocadas en entender mejor el entorno (tecnologías, competencia, mercado, usuarios, investigaciones, innovaciones, patentes, tendencias, financiamiento, posibles socios, entre otros) que posibiliten el direccionamiento hacia estrategias organizacionales competitivas.

1. Introducción

Hoy en día, la información es un elemento de máxima importancia para cualquier tipo de empresa, asegurando su rentabilidad y supervivencia. Información sobre avances científicos y técnicos, tesis doctorales y publicaciones científico-técnicas de universidades, centros de investigación y organismos. Información sobre licencias, patentes, modelos de utilidad, diseños (nacionales e internacionales); legislación y normativas; coyuntura socio-económica en nuestro país o países objetivo; noticias en las redes sociales, información sobre ayudas y subvenciones; productos, precios, calidades y condiciones de venta de nuestros competidores, ferias profesionales; sectores emergentes, nuevos competidores, estrategias de distribución, nuevos

productos y servicios; fundamentan la vigilancia tecnológica.

La Vigilancia Tecnológica es un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento. Ello permitirá tomar decisiones con menor riesgo y poder así anticiparse a los cambios. [8]

De acuerdo con Rovira [15], la Vigilancia Tecnológica (VT) es un elemento básico del Sistema de Gestión de la I+D+i. Tiene un carácter anticipante. Pretende captar señales débiles y, por lo tanto, busca detectar oportunidades y amenazas [15]. Así se combina tecnología, herramientas y procesos que permiten transformar los datos almacenados en información, esta información en conocimiento y este conocimiento dirigido a un plan o una estrategia comercial. Todo ello en vista a optimizar la utilización de recursos, monitorear el cumplimiento de los objetivos de un contexto y tomar buenas decisiones para obtener resultados competitivos.

La VT está inseparablemente unida a la Inteligencia Competitiva o de Negocios. En muchas ocasiones se usan los dos términos unidos "Vigilancia Tecnológica - Inteligencia de Negocios" (VT-IN). Entre las dos disciplinas hay una diferencia de enfoque, mientras que la VT pone el énfasis en la búsqueda y la obtención de información relevante para la toma de decisiones, la Inteligencia de Negocios se refiere al mismo proceso, pero poniendo el énfasis en la selección, análisis y presentación oportuna de esta información implicando a menudo la obtención de nuevas informaciones para agregar cadena de valor al producto – servicio o a la empresa misma. [15].

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) pasaron de ser simples programas informáticos y máquinas, a ser soporte para las funciones de gestión, almacenamiento, análisis y comunicación de la información y el conocimiento. Ellas involucran las tecnologías asociadas a: Internet o la WEB [11], el almacenamiento de datos, los sistemas de información y las comunicaciones, entre otras.

La Vigilancia Tecnológica no escapa al impacto de estas tecnologías, al posibilitar el acceso a grandes

fuentes de información y bases de datos. Este proceso los realiza a partir de softwares que realizan búsquedas profundas para lograr generación de gráficos, mapas tecnológicos y tablas que brindan información [5] y responden a interrogantes sobre aspectos tan importantes como son: ¿es una tecnología emergente o no?, ¿quiénes son los principales autores que han realizado invenciones en un campo determinado?, ¿quiénes son los titulares que tienen los derechos de explotación de un procedimiento o un producto?, ¿en qué mercados existen estos derechos?, ¿existen productos similares? y complementarios?, ¿qué comentarios formales e informales surgen en las redes sociales?, ¿qué jurisprudencia enmarca una tecnología? entre otros [12].

La minería de texto tiene un amplio uso en el descubrimiento de conocimiento, proponiéndose nuevos índices de citaciones en base al comportamiento de redes que permiten detectar tendencias tecnológicas e identificar oportunidades en el desarrollo de nuevos productos [16].

Para poner en práctica la VT – IN se ha seleccionado una tecnología emergente relacionada con la longevidad, dicha tecnología se relaciona con la medición de telómeros. Se intentará determinar las probabilidades de comercialización de un kit de predicción que permite determinar la verdadera edad biológica de los clientes.

Los telómeros son los extremos de los cromosomas. Evitan que éstos se degraden o se peguen entre ellos, en otras palabras, son tapas de nucleoproteína que flanquean el ADN. Se acortan por la división celular y el estrés oxidativo y son alargados por la enzima telomerasa y el intercambio de ADN durante la mitosis. Su función principal es la estabilidad estructural de los cromosomas en las células eucariotas, la división celular y el tiempo de vida de las estirpes celulares, estando involucradas en enfermedades tan importantes como el cáncer, la infertilidad y las enfermedades neurodegenerativas.

Algunas teorías del envejecimiento y de la carcinogénesis se basan en que los telómeros son como los relojes o temporizadores de la célula, ya que marcan el número de divisiones celulares, hasta que la célula muere. El análisis telomérico es parte de la medicina preventiva y predictiva. Puede detectar de manera precoz los riesgos de padecer enfermedades propias de la edad muchos años antes de lo que se observe en las pruebas metabólicas [14].

La medición de telómeros se realiza en la actualidad con productos y procesos diferentes a partir de única extracción sanguínea. Para ello se pueden adquirir los kit de extracción portátil o efectuar el proceso en laboratorio. Luego, se analiza la sangre a partir de diferentes procesos de amplificación de fragmentos teloméricos mediante el uso de iniciadores marcados radiactivamente, dando lugar al diagnóstico de longitudes, actividad, anomalías, puntos críticos, entre otra información.

La medición de la longitud de los telómeros se justifica en primer lugar como medida preventiva en cuanto al estilo de calidad de vida, en segundo lugar, para confirmar si los cambios introducidos en un estilo de vida sirven para enlentecer este acortamiento y en tercer lugar para conocer la calidad biológica y pudiéndose personalizar de la forma más adecuada el tratamiento de medicina regenerativa para el organismo.

Una empresa desea introducir en el mercado una tecnología relacionada con la medición de longitud de los telómeros por lo que considera necesario la aplicación de técnicas y procesos de VT e IN para el caso.

Dado que se trata de una tecnología emergente con un horizonte amplio, se plantea un sistema de vigilancia tecnológica acerca de este desarrollo que vigilará:

- aspectos tecnológicos: avances científicos y tecnológicos, fruto de la investigación básica y aplicada, los productos y servicios, los procesos de fabricación, los materiales, su cadena de transformación, las tecnologías y sistemas de información,
- aspectos competitivos: realizando un análisis y seguimiento de competidores actuales y potenciales,
- aspectos comerciales: mercados, clientes, la evolución de necesidades, su solvencia, los proveedores, su estrategia de lanzamiento de nuevos productos, la mano de obra en el sector y en la cadena de valor ,
- aspectos de entorno: La legislación y normativa, cultura de las personas, barreras no arancelarias, tratados de libre comercio, medio ambiente, etc.

La tecnología de incipiente invención, con técnicas y procesos endógenos de testing diferentes, en áreas de aplicación y significados diferentes es “sometida” a los procesos de VT a fin de determinar su viabilidad técnica, operativa, económica, jurídica, cultural, ética y empresarial de explotación y comercialización. Todo ello desde la presunción que la longitud de los telómeros es un biomarcador del envejecimiento relacionando con biología y cronología, el estilo de calidad de vida, la medicina preventiva, predictiva y regenerativa.

Establecido el marco de presentación de la temática, el desarrollo explicativo que se detalla en los apartados siguientes comprende: los aspectos resaltables de un sistema de VT, las acciones y la descripción del sistema de VT ejecutado sobre la tecnología de medición de telómeros, y se visibilizan algunos resultados del proceso de la aplicación de vigilancia e inteligencia.

2. Vigilancia Tecnológica e Inteligencia de Negocios

Los cambios en la gestión diaria de las organizaciones y su necesidad de información son el efecto de situaciones tales como la globalización, la

explosión de las TIC, la aparición de redes formales e informales, la aceleración del cambio económico, entre muchas otras. Y en la mayoría de los casos, es evidente la aceleración en el volumen de datos accesibles. Para aprovechar esta masa de información, han de emplearse métodos eficientes y pragmáticos que permitan el filtrado y la selección únicamente de la que pueda ser útil para el proceso de toma de decisiones en cada caso concreto. [16].

Esta gestión diaria de las organizaciones se lleva a cabo en el marco de estrategias que pueden o no estar definidas formalmente. Además, la bondad de las decisiones de gestión depende de la calidad de la información utilizada. [4].

La estrategia es el resultado de un proceso dialéctico entre la situación interna y el mundo exterior. Por ello, la gestión de la información se ocupa de dos tipos de información: externa e interna. (Fig.1). El análisis de la situación interna informa al decisor sobre la situación de la empresa a partir del conocimiento explícito o tangible (procedimientos, capacidad del equipo o las máquinas, situación financiera, organización, stocks...) y del conocimiento tácito o intangible (conocimiento técnico, capacidades de las personas, relaciones con los clientes...). Por otra parte, el entorno externo puede suministrar otros tipos de información: tecnologías, normativa, mercados (productos y procesos, clientes, competidores, fusiones...), y también visiones del futuro: predicciones sobre tecnología y mercados, sobre tendencias políticas y sociales [17]

La transformación de la masa de datos disponibles, generalmente desorganizada, en formatos diversos y que ha sido recogida de distintas fuentes a través de canales variados, en información, se convierte, luego, en conocimiento y, finalmente, en inteligencia. La información científica y técnica (propiedad intelectual, investigación, productos, estándares, etc.), y los análisis prospectivos y de tendencias tecnológicas se han situado en la vanguardia del desarrollo de metodologías y herramientas de inteligencia en los últimos años, con la denominación de Vigilancia Tecnológica [15]. A los campos citados en el ámbito técnico se le añaden otros: Competidores, Productos, Mercados, Clientes, Proveedores, Reglamentación, tendencias en la Organización y Gestión empresarial, Finanzas, Políticas Públicas, entre otros, que entran de pleno en la Inteligencia de Negocios. [4]

Escorsa P. [9] define la vigilancia como el esfuerzo sistemático y organizado por la empresa de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma.

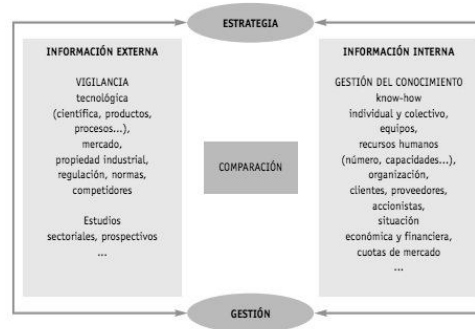


Figura.1 Importancia estratégica de la gestión de la información.- Fuente Cetisme

La vigilancia filtra, interpreta y valoriza la información para permitir a sus usuarios decidir y actuar más eficazmente. Y describe cuatro tipos de vigilancia: a) tecnológica o centrada en el seguimiento de los avances del estado de la técnica y en particular de la tecnología y de las oportunidades / amenazas que genera, b) competitiva, implica un análisis y seguimiento de los competidores actuales, potenciales y de aquellos con producto substitutivo, c) comercial, dedica la atención sobre los clientes y proveedores, y, d) entorno, centra la observación sobre el conjunto de aspectos sociales, legales, medioambientales, culturales, que configuran el marco de la competencia [8].

En la literatura también han sido adoptados diferentes términos que están estrechamente relacionados, como el de vigilancia tecnológica [2], el de inteligencia tecnológica [7] [15] [9], previsión tecnológica [3], [13] y evaluación tecnológica [1].

En todas las acepciones terminológicas, la gestión de la información, tanto interna como externa, aunque en distintas proporciones, es imprescindible para generar estrategias con base en la información. (Fig.2)

La mejora en el acceso a la información, facilitada por el desarrollo de la tecnología y las redes de comunicación es la oportunidad aprovechada por la Inteligencia de Negocios o Competitiva (IN). Su horizonte es desarrollar métodos adecuados para la identificación de fuentes de información relevantes, y para el manejo y análisis de la información obtenida. Está orientada principalmente hacia la información disponible afuera de la organización, abarcando desde la tecnología hasta los aspectos legales y éticos.

La tendencia tiende a sustituir el término vigilancia tecnológica por inteligencia competitiva o de negocios, por su carácter más activo, presentando información más elaborada y mejor preparada para la toma de decisiones [18].

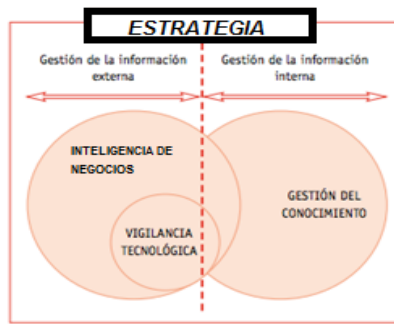


Figura 2 Relación entre Estrategia – VT – IN y Gestión del Conocimiento.- Fuente Elaboración propia

Algunas cuestiones empujan el enfoque de vigilancia tecnológica y prospectiva [6]: ¿cuál es el objeto de la vigilancia?, ¿qué debemos vigilar?, ¿qué informaciones buscar?, ¿dónde localizarlas?, ¿de qué forma comunicarlas?, ¿a quién dirigir las? y ¿qué medios vamos a destinar?. Es por ello que la VT que se planifica como un proceso ordenado cíclico por etapas: Diagnóstico, Búsqueda, Análisis, Valorización, Difusión y Orientación. [6] (Fig.3)

La primer actividad es el Diagnóstico. Identificar y precisar las necesidades de información, las tecnologías y los factores críticos es la propuesta metodológica inicial. Entonces, la VT se realizará para, ¿detectar nuevas ideas y soluciones?, ¿para detectar cambios?, ¿para detectar amenazas?, ¿desfases o desequilibrios?, ¿para conocer y participar de nuevos procesos, desarrollos o grupos?.

2.1. ¿Qué vigilar?

De ello, surge la respuesta a ¿Qué vigilar?, [13] [10].

A partir del esquema de fuerzas de M. Porter, se pretende, como un primer planteamiento, vigilar los siguientes aspectos tecnológicos. Estos avancen comprenden los avances científicos y técnicos, fruto de la investigación básica y aplicada, los productos y servicios, los procesos de fabricación, los materiales, su cadena de transformación y, las tecnologías y sistemas de información, legislación y normativas, información sobre sectores emergentes, innovaciones de éxito, nuevos productos y estrategias.

2.2. ¿Cómo vigilar?

La búsqueda es la segunda actividad. ¿Cómo Vigilar? Para ello será necesario diseñar una estrategia de recopilación de la información utilizando tips como palabras claves, ontologías, validación de expertos, formulación de ecuaciones de búsqueda, elaboración de corpus, selección de fuentes de información relevantes.

Las herramientas propias de la gestión de la tecnología y el grado alcanzado de competencias digitales son de gran ayuda en esta situación.

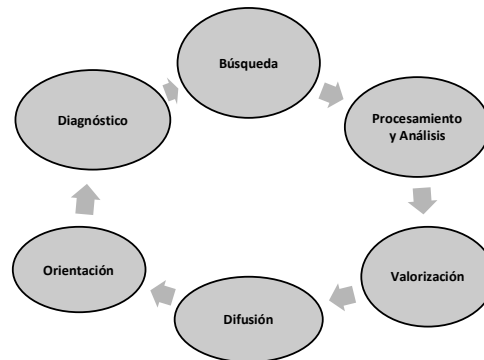


Figura.3 Ciclo de Acciones VT. Fuente Elaboración Propia

Las actuales redes permiten mediante una interfaz simple tipo web, protocolo TCP/IP, acceder a toda la información tanto externa como interna de la empresa. Las redes tipo web permiten ya soluciones para trabajo en grupo, "groupware", para workflow, gestión del conocimiento, etc. [11], aspectos que sin duda contribuyen al fin de la vigilancia: anticiparse a las amenazas y oportunidades y responder a las mismas. Las tecnologías de la información no suplen el papel de la función inteligencia ni de la vigilancia. Las redes humanas son las que aportan el contenido y son la interfaz más utilizada para aportar la información final en la toma de decisiones. Las redes se han convertido en el método preferido de comunicación para el intercambio de datos científicos y para llevar a cabo proyectos en colaboración.

Internet definitivamente promueve aquí el conocimiento compartido y la interacción profesional.

Para el desarrollo de la búsqueda, existe una gran variedad de herramientas y software que permiten optimizar y hacer más eficiente esta fase del ciclo de vigilancia. Las herramientas y software de búsqueda y recolección de información han aumentado exponencialmente con la irrupción de Internet. Se estima que actualmente existen en la red más de 5.000 motores de búsqueda, con diversas características y garantías. Estos motores de búsqueda pueden definirse como aquellos programas llamados robot (spiders, crawlers, web crawlers, etc.), que recorren y exploran los servidores públicos de datos e información electrónica de forma automática e indexada. Así van formando bases de datos propias sobre las cuales los usuarios realizan sus búsquedas y cuyos resultados se muestran en una interfaz propia. Para esta fase de búsqueda y recolección de información podemos identificar los siguientes tipos de herramientas: Buscadores generalistas y especializados., Metabuscaadores y multibuscaadores, Rastreadores de noticias y Bases de datos. A estas herramientas las acompañan Buscadores de VT, buscadores de buscadores, buscadores de la web

invisible, entre otros [3].

2.3. ¿Qué información buscar ?

Toda aquella que pueda ser relevante desde el punto de vista científico, tecnológico y de innovación. Es la que puede hallarse en publicaciones y artículos científicos, grupos de investigación, recursos educativos abiertos, demandas y ofertas tecnológicas, proyectos innovadores, casos de éxito, convocatorias y subsidios, patentes, ferias y congreso, normativas, legislación, contactos y colaboradores. Puede tratarse de: fuentes locales, nacionales o globales; datos impresos, recogidos on-line, o bases de datos electrónicas; fuentes informales, tales como contactos, entrevistas personales, reuniones, conversaciones telefónicas; diarios, revistas, bases de datos, informes, libros, etc. Pueden ser de dominio público o implicar un grado mayor de creatividad o relaciones humanas: entrevistas, observación personal, etc. Podrá ser información muy formalizada, como datos, cifras, tablas, gráficos o información poco formalizada, tal como opiniones, rumores, editoriales de periódicos o encuestas de mercado.

En la Sociedad de la Información actual, la recogida de información externa es clave. Se reconoce a Internet como una fuente valiosa de información externa, como una vía de creciente importancia para la obtención de noticias e ideas y como forma de compartir información acerca de nuevos mercados y temas de interés general. Pese a ello, las fuentes tradicionales de información se gestionan en la actualidad todavía mucho mejor que la información que proviene de Internet.

Los sistemas conectados en red permiten mejorar la circulación de la información de forma radical.

Concluida la búsqueda, habrá que comunicar los resultados obtenidos. Pero previamente, la información deberá ser procesada y analizada con el objeto de filtrar la parte relevante que hace al objeto de vigilancia a través de criterios de validación de la información obtenida, técnicas analíticas de información y herramientas informáticas especializadas. En esta fase, resultan de ayuda herramientas como: mapas tecnológicos, mapas semánticos, clusterizaciones, software de patentes, gestores bibliográficos, visualización de información o software integrales de vigilancia tecnológica, entre otros. El resultado de este proceso de vigilancia tecnológica se plasma en soportes de información que conformarán el medio de difusión en la organización (informe recomendador, boletín de oportunidades, informes de prospectiva y tendencias, estudios de patentes)


Finalmente queda compartir los resultados del proceso a las personas con responsabilidades pertinentes en la organización. Para ello, se ha de diseñar una estrategia de comunicación interna eficaz y distribuida en toda la organización, que cubra las

necesidades de información del personal y utilice los medios de comunicación más generalizados en la organización, abarcando tanto los informales como los formales. Además, el proceso de vigilancia tecnológica ha de contemplar un espacio para la participación de estas personas, ya que la comunicación es una consecuencia de un procedimiento llevado a cabo.

2.4. Vigilancia Tecnológica en la Red

Sin duda, la web se ha convertido en la principal fuente para la recogida de información. Y además de ello, permite la vinculación entre los centros de investigación, el Mercado y el Estado. La Red permite identificar intereses comunes, facilitar el acceso a información de valor, articular dinámicas colaborativas, construidas desde la participación y confianza, detectar señales del entorno, anticiparse a los cambios y por supuesto obtener competitividad a nivel de economía global, y todo ello a partir de conocimientos y competencias, estrategias y metodologías, medios e instrumentos. En la web se puede encontrar gran cantidad de información «gratuita, pero impagable» sobre competidores, mercados o tecnologías, frecuentemente ofrecida por los propios competidores. Los sitios web profesionales especializados, los bancos de datos públicos y privados, o los grupos de discusión dan la impresión de que las fuentes en la red son ilimitadas para los buscadores profesionales especializados.

Pero la cantidad no garantiza la calidad. [4]. El creciente volumen de información y documentos disponibles en la web se ve acompañado por los avances en las herramientas de búsqueda. Desde motores de búsqueda avanzados en lenguaje natural capaces de aportar «inteligencia» a las búsquedas hasta desarrollo de ontologías (Web Semántica) se dirigen a conseguir modos de búsqueda, ordenación y clasificación de la información existente en la web de modo que pueda utilizarse de forma mucho más eficiente. El desarrollo de métodos y herramientas de búsqueda especializadas en VT está en constante aumento, dejando desplazados a Motores de Búsqueda, Metabuscadores, Bases de Datos indexadas y en la web profunda, Directorios de Materias generales y especializados, gratuitas y de pago, para dejar paso a herramientas de VT que realizan este proceso de una manera prácticamente integral, tales como los muestra la siguiente tabla (Tabla 1):

	Xerka	Plataforma de la empresa Insima Tecnología, basada en la modalidad Software as a Service (SaaS), por lo que no se requiere ninguna infraestructura adicional para su puesta en marcha, salvo equipos con conexión a Internet.
		Plataforma online desarrollada por VIGIALE Tecnología, que incluye 3 aplicaciones independientes, Vigiale

	Vigiale	Explorer, para la búsqueda, captura y recogida automática de información en múltiples fuentes; Vigiale Watcher, para monitorizar la información relativa a los temas que se deseen por parte de los usuarios, y Vigiale Reporter, para la creación de alertas, reportes y boletines con la información seleccionada.
	Vicubo	Cloud o con plataformas 2.0 de desarrollo propio que permite sistematizar y organizar el proceso de vigilancia e inteligencia competitiva, bajo la norma UNE 166.006:2011.
	SoftVT	Software creado para automatizar procesos de captación, gestión y difusión de información estratégica.
	Miniera	Plataforma que integra las aplicaciones Intelligence Suite y Miniera Intelligence, desarrolladas por esta empresa barcelonesa para el apoyo a las tareas de Inteligencia Competitiva y Vigilancia Tecnológica.
	Imaginn watching	Plataforma web para la vigilancia estratégica, orientada a empresas, centros de investigación o departamentos de IDI. Sistematiza y automatiza los procesos englobados en la vigilancia conforme lo estipulado en la norma UNE 166006EX. Está desarrollada por la empresa asturiana Treelogic.
	SVT	Sistema integrado de vigilancia tecnológica desarrollado por CTIC (Centro Tecnológico en Asturias), que está construido sobre código abierto. Al igual que en el caso de Hontza, esta característica la hace independiente de la plataforma y del navegador, en un entorno colaborativo, en el que los usuarios pueden interactuar.
	Huma Cosmos	A diferencia de las plataformas que se han ido enumerando, es una herramienta que se centra sobre todo en la fase de búsqueda y recogida de información del proceso de la vigilancia tecnológica. Es un producto de la empresa InfoCenter, que se ofrece como una plataforma online.
	Antara	Se ofrece como un servicio SaaS que no requiere de la instalación de software a nivel local que se integra a una plataforma de Gestión de Ideas, donde se forma colaborativa se trabaja sobre la aplicación de la información recogida, y la posible puesta en marcha de proyectos o iniciativas a raíz de las mismas.

Tabla 1: Recursos de VT. Fuente: Elaboración propia

3. El Proceso de Vigilancia Tecnológica en la Medición de Telómeros

Para que un proceso de vigilancia tecnológica sea efectivo, ha de ser selectivo y preciso en su objetivo.

Existe un consenso generalizado sobre las etapas que siguen los procesos de vigilancia e inteligencia [1]. En este caso, las etapas parte del proceso incluyeron (Fig. 4):

- a) Identificación de las necesidades de información, fuentes de información y medios de acceso a fuentes

- primarias y secundarias.
- b) Planificación
- c) Búsqueda, tratamiento y validación de la información
- d) Puesta en valor
- e) Difusión de la información
- f) Resultados de la VT: corresponde al final del proceso para que pueda utilizarse como anticipador de cambios, o, para aprovechar oportunidades, reducir riesgos, plantear líneas de mejora, innovar y cooperar.



Figura.4 Proceso de VT según Norma UNE-EN 166006/2011.

Los telómeros según los indica un primer acercamiento al tema son protectores de los extremos del cromosoma. Los telómeros son claramente integrales a todos los aspectos de la biología celular y podrían llegar a ser marcadores del envejecimiento biológico. Sin embargo, aunque la longitud de los telómeros ha sido objeto de estudio durante muchas décadas con el objetivo de dilucidar su papel en los procesos fisiológicos, en proceso de envejecimiento y en diversas patologías. Hoy en día, aún no existen evidencias científicas de “gran magnitud” que conduzcan a un uso práctico de los telómeros como un biomarcador confiable o un objetivo para un nuevo medicamento. No obstante, las terapias para pacientes con enfermedades crónicas se están probando y las compañías ya están ofreciendo pruebas comerciales para la medición de la longitud de los telómeros.

Las tecnologías de medición son emergentes y en el mercado son muy pocas las empresas que han logrado comercializar sus tecnologías y tener cierto prestigio y trayectoria en el mismo.

3.1. Identificación de las necesidades de información, fuentes de información y medios de acceso

Para desarrollar estas tareas fue importante profundizar, en primer lugar, en el diagnóstico e identificación de las necesidades, los objetivos puntuales de la VT, el perfil y cantidad de profesionales necesarios, determinando responsables, equipo de trabajo, roles y funciones.

Los objetivos para determinar la posibilidad de desarrollo y explotación comercial de la invención (kit tecnológico para medir telómeros) se articularon con el análisis del contexto, el análisis de la invención, estado actual de la investigación a nivel de universidades y laboratorios, la existencia de productos/servicios complementarios y productos/servicios similares, el análisis de probables mercados, el análisis de las normativas y legislación afín (marco jurídico), el sondeo de información informal y análisis ético.

El grupo de profesionales seleccionado fue interdisciplinario conformado por:

- Benavides V. (Colombia) – Gestión Tecnológica, Innovación y Emprendimiento de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira. Rol: Investigador
- Bravo Coria, R. (México) – Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual: Analista – Especializado en Patentes
- Orellana Chávez, Y. (Perú) – Directora de Investigación, Desarrollo, Innovación y Transferencia Tecnológica del Instituto Tecnológico de la Producción: Investigador – Especializado en Tecnologías
- Zachman P. (Argentina) – Departamento de Ciencias Básicas y Tecnologías – Grupo de Investigación de Software GIS – Universidad Nacional del Chaco Austral. Rol: Investigador
- Larreina S. (España) - Director Consultoría Estratégica en ISERN PATENTES Y MARCAS. Rol: Experto en vigilancia tecnológica, inteligencia tecnológica, propiedad intelectual, prospectiva y gestión de la innovación.

El segundo aspecto tratado en esta actividad tuvo relación con las fuentes de información. Las fuentes cumplieron con los criterios de calidad, pertinencias, objetividad y fiabilidad, empleando como medio de acceso: Internet. Se consideraron los tipos de fuentes de información bajo la clasificación de: primarias, secundarias y terciarias; formales e informales; gratuitas y de pago; visibles e invisibles; estructuradas y no estructuradas, que se mencionan en párrafos subsiguientes. Esta etapa, además, incluyó el diseño de formularios y bases de datos para la recopilación, establecimiento de los factores críticos de vigilancia,

acotación del sector de mercado e industrial – científico, establecimiento de una jerarquía tecnológica de factores a vigilar (árbol tecnológico) y se pautó el formato de divulgación, que por cuestiones de espacialidad en el presente artículo no se describen.

3.2. Planificación

Se revisaron los recursos necesarios para vigilancia, así como la estructura, periodicidad y actualización respecto del seguimiento sistemático de las novedades en áreas previamente acotadas.

Las actividades se direccionaron hacia el Estado de Arte, Productos de V.T., Mapeo de Patentes, Bibliometría, Alertas, Estudio de Patentometría, Estudio de Valuación de Tecnología, Estudios Prospectivos y Estudios de Estados Comerciales.

A su vez, estas actividades se clasificaron, según su horizonte temporal de análisis, en:

Corto plazo:

- Alertas Tecnológicos.
- Estudios de Bibliometría.
- Mapeos de Patentes.
- Estudios de Patentometría.
- Análisis de Estadísticas Comerciales.

Mediano plazo:

- Estados del Arte.
- Valuación de Tecnologías.

Largo plazo:

- Estudios prospectivos.

Desde esta perspectiva, los análisis pudieron realizarse enfocados desde lo más general hasta lo más específico, pudiendo abordar cuestiones como, por ejemplo, estrategias defensivas u ofensivas de protección, tendencias tecnológicas, estatus tecnológicos, límites o potencialidad de desarrollo de la tecnología y nuevos espacios de inversión.

3.3. Búsqueda, tratamiento y validación de la información

Se parametrizaron las áreas temáticas y las estrategias de búsqueda teniendo como premisas la actualidad, la calidad, la fiabilidad y el contexto. Como resultado se describe la examinación de la información según la siguiente tabla (Tabla 2) :

Productos de V.T.	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de información estratégicas en vigilancia e inteligencia competitiva: Marketplace tecnológicos: http://www.ovtt.org/observa
Estado de Arte	<ul style="list-style-type: none"> • Buscadores Especializados: GoPubMed: http://gopubmed.org Publicaciones científicas: • Bases de datos multidisciplinares de acceso abierto: SciELO: http://www.scielo.org DOAJ: https://doaj.org Redalyc: http://www.redalyc.org

	<p>Latindex: http://www.latindex.unam.mx Dialnet: https://dialnet.unirioja.es</p> <ul style="list-style-type: none"> Bases de datos especializadas de acceso abierto: Lilacs: http://lilacs.bvsalud.org/es BioMed: http://www.biomedcentral.com Arxiv: http://arxiv.org REDIB: https://www.redib.org Bases de datos especializadas bajo suscripción: Scopus: https://www.scopus.com Web of science: https://webofknowledge.com IEEEExplore: http://ieeexplore.ieee.org Springerlink: https://www.springer.com Bases de tesis y memorias de investigación: Open Thesis: http://www.openthesis.org Tesis Latinoamericanas: http://www.tesislatinoamericanas.info Dart Europe: http://www.dart-europe.eu Tesis en red: http://www.tesisenred.net TDCAT: http://www.tdcat.cesca.es TESEO: https://www.educacion.gob.es Metabuscadore: Carrot: http://search.carrot2.org Biznar: http://biznar.com Copernic Agent: https://www.copernic.com
Alertas	<p>Scholar Google: https://scholar.google.com.ar EuroAlert: http://euroalert.net</p>
Mapeo de Patentes	<ul style="list-style-type: none"> Acceso Gratuito: Espacenet: Base de patentes europeas Intelligo: http://www.explora-intelligo.info Acceso con licencia o suscripción: Vantage Point – Thomson Data Analyzer: http://www.thevantagepoint.com OMPI: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. http://www.wipo.int EPO: Oficina Europea de Patentes http://www.epo.org
Estudio de Bibliometría	<p>Intelligo: http://www.explora-intelligo.info Scopus: https://www.scopus.com</p>
Estudio de Patentometría	<p>Intelligo: http://www.explora-intelligo.info Matheo Patent: http://www.matheo-software.com Oficina de Patentes de Estados Unidos (USPTO) y Europea de Patentes (EPO)</p>
Estudio Prospectivo	<ul style="list-style-type: none"> Linkedin: red social de empresas Twitter: para rastrear ensayos y estudios de tendencia Rastreadores de noticias: Google News: https://news.google.com Iconoce: http://www.iconoce.com Emergent: http://www.emergent.info Gestores de RSS: Netnewswireapp: http://netnewswireapp.com Rastreadores de Redes Sociales: <p>Ucinet: https://sites.google.com/site/ucinetsoftware/</p>
Estudio de Valuación de la Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> Licitaciones públicas: TED Europa: http://ted.europa.eu Empresas y mercados: Open Corporates: https://opencorporates.com TRADE: http://trade.nosis.com/es Proyectos de I+D+i: CORDIS: http://cordis.europa.eu BID: http://www.iadb.org Banco Mundial: http://www.worldbank.org/projects

Estudio de Estados Comerciales	Bases de Datos de Mercado: www.markesandmarkets.com
--------------------------------	--

Tabla 2: Herramientas y Aplicaciones VT – Fuente Elaboración propia

● Productos de VT.

Marketplace tecnológicos (<http://www.ovtt.org/observa>): permitieron conocer datos de primera mano sobre lo que necesitan o de lo que carecen las empresas del sector de medicina y sus áreas. Se han obtenido como resultados: 15 estudios de Mercado realizados por las siguientes fuentes: Innoget, CPRAC, Resarch and Markets y Vettinnova.

(<https://www.ovtt.org/observa/market?txt=telomeres>)

● Estado de Arte

Luego de revisar los sitios detallados, en algunos casos a través de búsquedas avanzadas otros incluyendo análisis de exponen algunos gráficos resultados, Fig.5,6,7,8 (<https://www.scopus.com>), Fig.9 (<http://gopubmed.org>, <http://www.scielo.org>, <https://doaj.org>, <https://dialnet.unirioja.es>, <http://www.biomedcentral.com>, <http://arxiv.org>), <http://www.openthesis.org>, Fig.10,11 (<http://search.carrot2.org>):

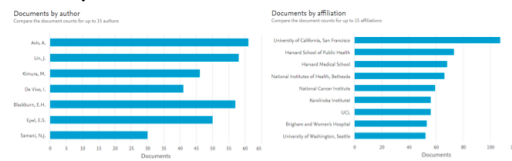


Figura 5: Investigación por Autor y Universidad. Elaboración propia

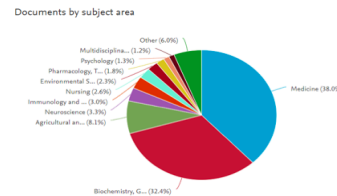


Figura 6: Investigación por Área- Elaboración propia

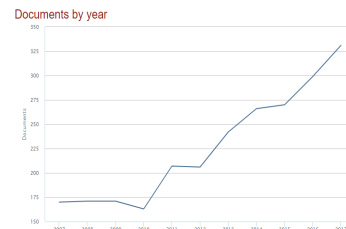
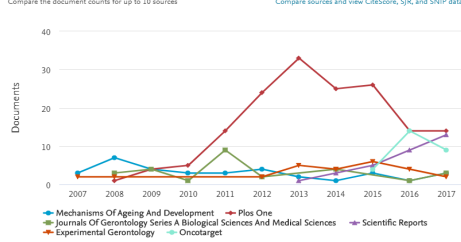


Figura 7: Investigación por Años – Evolución en la Producción de Documentos - Elaboración propia

Documents per year by source



Ecuación de búsqueda: TITLE-ABS ((telomer* AND length) AND (measur* OR determin* OR estimat* OR quantif*)) Total documentos: 3,728

Figura 8: Tendencia en las publicaciones relacionadas con telómeros - Elaboración propia

Ord en	Título	Autores	Fecha de Publicación	Procedencia	Datos de Edición
1	Genomic Instabilities, Cellular Senescence, and Aging in Vitro in Like Human Syndromes	Gabriel Lidzbarsky, Danielle Gelsman, Hadas Ashkenazi, Shkedi, Lital Sharvit and Ilan Alizman	17 April 2018	Department of Human Biology, University of Haifa, Haifa, Israel	Open Science platform. https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmed.2018.01047/full https://doi.org/10.3389/fmed.2018.01047
2	Diagnostic utility of telomere length testing in a hospital based setting	Jonathan K. Aldora, Vidya Sagor, Harmanpreet S. Margaria, A. Strong, Amy E. Dzbenka, Susan L. Stankovic, Clifford M. Sabin, Lushmila Danilovska, Carolyn D. Applegate, Stephen C. Bolton, David W. Mohr, Robert A. Brody, James F. Cantley, Carol W. Greider, J. Brooks Jackson, and Mary Aronson	20 February 2018	Department of Oncology and Sidney Kimmel Comprehensive Cancer Center, The Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore	PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America http://www.pnas.org/content/115/8/2272 https://doi.org/10.1073/pnas.1720471115
3	Beginning at the ends: telomeres and human disease	Sharon A. Savage	01 May 2018	Clinical Genetics Branch, Division of Cancer Epidemiology and Prevention, National Cancer Institute, Bethesda, Maryland, USA	Creative Commons Attribution License https://doi.org/10.1002/ajh.24741

#	Publication Number	Title	Assignee/Applicant	Inventor	Dead/Alive Status	IPC - Current	Priority Number (Date)	Priority Date	Priority Date (DPM)	Application Number	Application Date	Publication Date
1	02042900	SPAN PROBE FOR DETECTING AND QUANTIFYING DNA DAMAGE AND REPAIR ASSOCIATED WITH CANCER AND AGING	THE UNIVERSITY OF BRISTOL	MA, United Kingdom	Alive	C12N001000	02042900	2009-09-07	2009-09-07	02042900	2009-09-07	2009-09-07
2	02042901	SPAN PROBE FOR DETECTING AND QUANTIFYING DNA DAMAGE AND REPAIR ASSOCIATED WITH CANCER AND AGING	THE UNIVERSITY OF BRISTOL	MA, United Kingdom	Alive	C12N001000	02042901	2009-09-07	2009-09-07	02042901	2009-09-07	2009-09-07
3	02042902	SPAN PROBE FOR DETECTING AND QUANTIFYING DNA DAMAGE AND REPAIR ASSOCIATED WITH CANCER AND AGING	THE UNIVERSITY OF BRISTOL	MA, United Kingdom	Alive	C12N001000	02042902	2009-09-07	2009-09-07	02042902	2009-09-07	2009-09-07
4	02042903	SPAN PROBE FOR DETECTING AND QUANTIFYING DNA DAMAGE AND REPAIR ASSOCIATED WITH CANCER AND AGING	THE UNIVERSITY OF BRISTOL	MA, United Kingdom	Alive	C12N001000	02042903	2009-09-07	2009-09-07	02042903	2009-09-07	2009-09-07

#	Publication Number	Title	Assignee/Applicant	Inventor	Dead/Alive Status	IPC - Current	Priority Number (Date)	Priority Date	Priority Date (DPM)	Application Number	Application Date	Publication Date
1	02042904	METHOD FOR ANALYSING LENGTH OF NUCLEIC ACID MOLECULE	SEC DEP FOR DEFENCE	UK, M A	Alive	G01N33/00	02042904	2009-09-07	2009-09-07	02042904	2009-09-07	2009-09-07
2	02042905	METHOD FOR ANALYSING LENGTH OF NUCLEIC ACID MOLECULE	SEC DEP FOR DEFENCE	UK, M A	Alive	G01N33/00	02042905	2009-09-07	2009-09-07	02042905	2009-09-07	2009-09-07

#	Publication Number	Title	Assignee/Applicant	Inventor	Dead/Alive Status	IPC - Current	Priority Number (Date)	Priority Date	Priority Date (DPM)	Application Number	Application Date	Publication Date
3	02042906	METHOD FOR ANALYSING LENGTH OF NUCLEIC ACID MOLECULE	THE SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE	UK, M A	Alive	G01N33/00	02042906	2009-09-07	2009-09-07	02042906	2009-09-07	2009-09-07
4	02042907	METHOD FOR ANALYSING LENGTH OF NUCLEIC ACID MOLECULE	THE SECRETARY OF STATE FOR DEFENCE	UK, M A	Alive	G01N33/00	02042907	2009-09-07	2009-09-07	02042907	2009-09-07	2009-09-07

Figura 9: Publicaciones relevantes de los últimos 5 años (extracto) - Elaboración propia

• Alertas

Las alertas son informes cuyo objetivo consiste en divulgar los aspectos clave y con impacto, que se están generando a partir de un cambio resaltante en un determinado sector, tecnología, desarrollo, producto, servicio, proceso, competidores, entre otros [18]. Este tipo de resultados permiten establecer un mecanismo de

información constante, reciente, relevante y específico sobre el entorno vinculado al objeto de la vigilancia, y ayudan a la organización a fomentar la cultura del monitoreo científico y tecnológico en su seno.

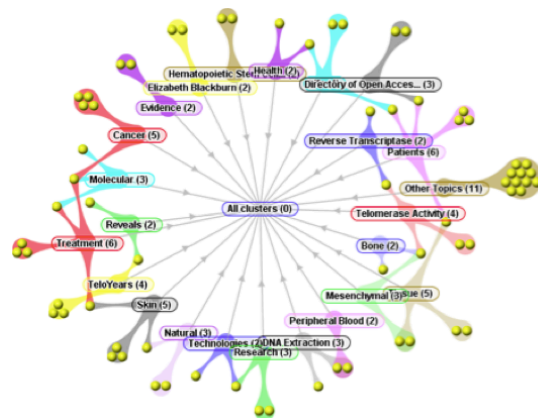


Figura 10: Clusterización (a) - Elaboración Propia

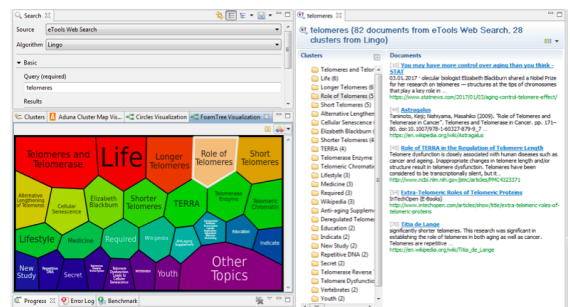


Figura 11: Clusterización sobre Medición de Telómeros (b) - Elaboración Propia

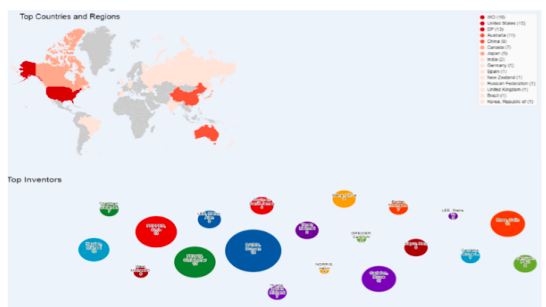


Figura 12: Ranking Tecnológico por países inventores (b) - Elaboración Propia

Para la ocasión se empleó el sistema de alertas de Scholar Google <https://scholar.google.com.ar/> y el boletín

de concurrencia y gráficos han sido de gran utilidad.

Como se menciona también, existen solicitudes de patentes de invención en medicina relacionadas a la aplicación de métodos de determinación de telómeros en el desarrollo de métodos de diagnóstico y/o tratamiento de enfermedades. Entre las principales compañías que registran solicitudes de patentes presentadas se encuentran: The University College Cardiff, Geron Corporation, The secretary of State for defence, The University of British Columbia, The Johns Hopkins University, Biotime Inc, The General Hospital Corporation, Nanika University, Neogenomics laboratorios Inc. El 18% de las solicitudes presentadas corresponden a Los Estados Unidos y el 16% a China.

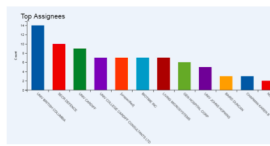


Figura 14: Compañías con solicitudes de patente. Elaboración Propia

- Bibliometría

Caso similar es el de el estudio bibliométrico que se valió de Scopus para realizar el análisis estadístico gráfico de las respuestas halladas a la búsquedas a través de ecuaciones. (Fig.5,6,7,8)

- Estudios Prospectivos

Este estudio de importancia estratégica se realiza a partir de la informalidad de la información relacionada con cuestiones como el estado y dinámica de un sector, posibles áreas de aplicación; limitaciones derivadas de los datos estudiados, efectos negativos de posibles cambios tecnológicos y el desarrollo de estrategias, reflexiones estratégicas colectiva en la organización; y se ha recolectado información desde LinkedIn, Google News Emergent y Ucinet. Los resultados se han decantado en una matriz FODA para analizarse desde oportunidades, fortalezas, amenazas y debilidades presenta la propuesta desde el entorno.

- Estudio de Valuación de la Tecnología

Los estudios sobre valuación de tecnologías se focalizaron en la evaluación cualitativa, y no cuantitativa, de las múltiples implicaciones del desarrollo tecnológico, buscando siempre la maximización de las oportunidades y minimización de riesgos al momento de negociar. Este tipo de estudios adquieren una importancia estratégica a la hora de construir información sobre:

- La naturaleza de la tecnología
- Su fase de desarrollo
- La fase de desarrollo de las tecnologías vinculadas a la tecnología base o madre
- Su alcance
- El estatus tecnológico
- La fortaleza de la patente o know-how
- El predominio en materia de investigaciones científicas o desarrollos tecnológicos
- El poder de negociación de una de las partes.

Con el objeto de obtener esta información: subsidios, licitaciones, adjudicaciones, políticas de importación y exportación, convenios nacionales e internacionales, entre otros se recurrió a la utilización de las herramientas proporcionadas por TED (Europa: <http://ted.europa.eu>),

TRADE (<http://trade.nosis.com/es>), CORDIS (<http://cordis.europa.eu>), BID (<http://www.iadb.org>) y Banco Mundial (<http://www.worldbank.org/projects>).

- Estudios Comerciales

En la mayoría de los casos, se trata de estudios centrados en estadísticas comerciales que se desarrollan a partir información cuantitativa e indicadores proporcionados por instituciones y organizaciones nacionales, regionales e internacionales.

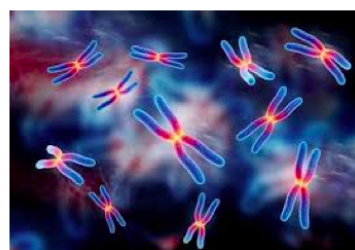
Entre muchos ejemplos, su desarrollo y análisis ayuda a conocer fortalezas y debilidades específicas en estos ámbitos y visualizar oportunidades y amenazas para inversiones, asociaciones, detección de mercados, tendencias comerciales, perfiles comerciales, economías fuertes y débiles, entre otros. Se usó la Bases de Datos de Mercado: www.markesandmarkets.com.

3.4. Puesta en valor

Durante esta actividad se contó con expertos que diferentes áreas del conocimiento que integraron los datos provenientes de la etapa anterior, la interpretaron, decidiendo la información importante, e interesante para la toma de decisiones, valorando las probables implicancias y consecuencias de dicha información.

3.5. Difusión

Se trató de elaborar un producto concreto a fin de dirigirla a diferentes públicos internos y externos a la organización. Entre las posibilidades se estudiaron los formatos de folletos, informes, boletines, dossier, estudio explorativo, entre otros. La decisión conjunta fue la confección de un Informe Recomendador con un corpus de información tanto textual como gráfico que incluyó: Gráficos de redes, Histogramas, Matrices y grafos para el análisis y la visualización, Clusterización de datos y análisis de contenidos semánticos, Mapas conceptuales, Mapas tecnológicos con las correspondientes explicaciones textuales. (Fig.15)



INVENCIÓN BASADA EN LA MEDICIÓN DE TELÓMEROS Y ACTIVIDAD TELOMERASA

Autores:

- Lenovo Benavides Viviana
- Bravo Coria, Rita
- Orellana Chávez, Yessica
- Zachman PatriciaE

Figura 15. Portada del Informe Recomendador

A continuación y como cierre se transcriben las conclusiones del Informe Recomendador:

“ - Las conexiones entre la biología de los telómeros y las enfermedades humanas son complejas e innumerables y requieren un enfoque multidisciplinario para comprender verdaderamente los datos clínicamente relevantes, las preguntas de ciencias básicas importantes y las implicaciones de los análisis epidemiológicos.

- Invención genética social interesante, tecnología novel, con una campo de inserción de envergadura pero al mismo tiempo de grandes incertidumbres, con validaciones y test todavía primarios, con refinaciones y ajustes equidistantes, con una fuerte impronta médica, pero también cultural y ética, con un mercado segmentado heterogéneo y con estrategias de marketing puestas más en la calidad de vida que en cuestiones médicas/esperanza de vida.

- El Estado de Arte de la tecnología expone investigaciones puntuales realizadas a campos de salud y diagnósticos específicos.

- El grado de desarrollo de la tecnología es variable, si se considera el producto se ha observado un número limitado de comercializadoras con precios que oscilan sobre los \$100 dólares, en cuanto a los servicios de diagnosis que acompañan o incluyen el kit y los valores ascienden a 1000 dólares en promedio. Sin embargo, la mayor parte de los procesos se encuentran en etapas de investigación en la que participan en mayor medida universidades o departamentos específicos en relación con universidades, son incidencia geográfica en USA, UK, Francia y Alemania.

- Acerca de la legislación se ha obtenido información sobre patentes y sólo las normativas sujetas a este tipo de copyright. Al ser tecnología nueva en un campo experimental tan amplio y heterogéneo, la legislación no se encuentra ajustada / refinada al igual que las normativas de comercialización, uso y segmentos etarios.

Tecnología emergente y en el mercado son muy pocas las empresas que han logrado comercializar sus tecnologías y tener cierto prestigio y trayectoria en el mismo. Esto me indica que el mercado no está saturado y por ende con un factor diferenciador importante (más en cuanto a temas de marketing y comercialización sobre todo porque se trata a mi modo de ver de superar barreras culturales y éticas de los potenciales clientes) y una vez resueltos los inconvenientes técnicos y tecnológicos que pueda tener nuestra tecnología (información que no conocemos), si se podría llegar exitosamente al Mercado.....”

Las etapas, metodología y herramientas presentadas para las actividades realizadas no son las únicas. Es posible ampliar el espectro de herramientas y software profesionales se necesitarán como apoyo para llevar a

cabo las diferentes etapas y tareas que implica el ciclo de vigilancia e inteligencia estratégica. Estos productos de vigilancia tecnológica respondieron a la finalidad por la cual se desarrolló el proceso de vigilancia y su elección obedece a la capacidad de análisis y proyección que ofrecen.

Lo más importante es saber que todo profesional puede generar este tipo de productos y análisis. Cada organización conforme sus capacidades, sin importar su tamaño, sector, producto o servicio, puede llevarlo a cabo. Sólo debe adaptarlo a sus objetivos en el mercado; seleccionar las fuentes, estrategia, periodicidad y alcance conforme a ello, y aprender a extraer conclusiones de la información recopilada para mejorar la toma de decisiones estratégicas.

4. Conclusiones

La vigilancia tecnológica se constituye en una herramienta para la planificación y orientación de la innovación, ya que permite establecer el estado actual y el posible desarrollo futuro de los aspectos que afectan la oferta a desarrollar.

La vigilancia tecnológica es una herramienta indispensable para la competitividad en las organizaciones, y debe tenerse en cuenta que para realizarla se necesita una metodología a seguir, donde las técnicas de inteligencia y análisis de información digital juegan un papel estratégico.

El proceso de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia de Negocios aporta ventajas de valor agregado para las empresas que desarrollan proyectos de I+D+i; debido a que proporcionan recursos para reducir ventanas de tiempo, costos y obtener información de forma anticipada promedio de alertas y otras herramientas que ya se analizaron en el trabajo de investigación. Además permiten llevar a cabo buenas prácticas basadas en las normatividades nacionales e internacionales.

Esta investigación sobre vigilancia a la invención de los telómeros es compartida como experiencia para promover en las empresas, la importancia de realizar vigilancia tecnológica ante un innovación. Y para los investigadores y gestores I+D+i con el fin de innovar las prácticas de búsqueda, tratamiento y análisis de información digital.

La práctica de Vigilancia Tecnológica permitió la integración y articulación de partes interesadas en un tema o problemática común, para encontrar posibles soluciones en los avances y las tendencias tecnológicas dadas en el país y el resto del mundo.

La realización de la Vigilancia tecnológica requiere para su continuidad el apoyo de las organizaciones. Son ellas quienes puede incorporar los resultados de las prácticas en las decisiones estratégicas de la organización. Por si sola, la Vigilancia Tecnológica no es la solución a la falta de competitividad de las

empresas, es una herramienta que orienta la toma de decisiones, con un menor riesgo, sobre la investigación y el desarrollo tecnológico en una organización o cadena, por tanto, es importante propiciar agendas de investigación y ejercicios prospectivos que permitan alcanzar un escenario organizacional acorde a la evolución de la gestión de la información en I+D+i.

5. Referencias

- [1] AENOR (2011) UNE 166006.2011. Gestión de la I+D+i. Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva
- [2] Arango, B., Tamayo, L., y Fadul, A. (2012). Vigilancia Tecnológica; Metodologías y Aplicaciones. GPT Gestión de las Personas y Tecnología, 1-4.
- [3] Carro J.R. y Vilaragut L. (2009). Internet como fuente de información para la inteligencia empresarial. (Capítulo III). En Libro: Inteligencia Empresarial. Qué y Cómo. Coordinado por Eduardo Orozco, ISBN 978-959-234-070-1, IDICT, La Habana, pp 55-112.
- [4] Consorcio CETISME (2002). Programa de Promoción de la Innovación y Fomento de la Participación de las pymes de la Comisión Europea. ISBN: 84-451-2390-4
Comunidades Europeas Innovación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología, S.A. Comunidad de Madrid – Dirección General de Investigación
- [5] Cruz, E.; Escorsa E.; Oritz I. (2007). Herramientas y métodos para los ejercicios de Inteligencia Competitiva, Inteligencia tecnológica y Vigilancia tecnológica. Capítulo III. En Libro: INTEC. Factor clave para la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones. Colección madri+d No. 35. Edita Comunidad de Madrid, Consejería de Educación, Dirección General de Universidades e Investigación, Fundación madri+d para el Conocimiento. Depósito legal M-56.490-2007, pp 158-194.
- [6] Degoul, P. (1992). Le pouvoir de l'information avancée face au regne de la complexité. Annales de Mines
- [7] Delgado M.; Infante M.; Abreu Y.; García, B.; Infante O.; Díaz A. (2010). Metodología de vigilancia tecnológica en universidades y centros de investigación, Revista CENIC. 978-959-16-1246-5. Junio 2010. Volumen 41, Número Especial.
- [8] Escorsa, P.; Maspons, R. (2001) De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva. Madrid: Pearson Educación. ISBN: 978-84-205-3057-4
- [9] Escorsa P. (2002) Conferencia inaugural de los Estudios de Información y Documentación de la UOC del segundo semestre del curso 2001-2002
- [10] Estévez Chaviano, Vadia. 2010. Diseño de un sistema de vigilancia tecnológica en la educación superior. Trabajo presentado en el Congreso Internacional de Información INFO 2010. Cuba. Fuente: http://www.congresoinfo.cu/index.php?option=com_phocadownload&view=section&id=1&Itemid=12 (Consultado el 04-07-2018)
- [11] González, A. & Gómez, D. (2015). Guía práctica InnoViTech de vigilancia tecnológica para la innovación. Disponible en línea: <http://moocvt.ovtt.org/ficha/guia-practica-innovotech-de-vigilancia-tecnologica-para-la-innovacion/>
- [12] MINCYT (2015). Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica (VeIE): Buenas prácticas para generar sistemas territoriales de gestión de VeIE. Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VINTEC) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT) de Argentina. Disponible en línea: <http://moocvt.ovtt.org/ficha/guia-nacional-de-vigilancia-e-inteligencia-estrategica-herramientas-alcance-de-todos/>
- [13] Muñoz, J., Marín, M., & Vallejo, J. (2006). La Vigilancia tecnológica en la gestión de proyectos de I+D+i: recursos y herramientas. El Profesional de la información, 411-419.
- [14] Regalado, A. (2012). A Business Report on Digital Education, Harvard Business Review, 116 (1).
- [15] Rovira C. (2008) Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para SEM-SEO (Universitat Pompeu Fabra)
Hipertext.net, núm. 6, 2008. <http://www.hipertext.net>
- [16] Torres Valdés R. , Santa Soriano A. (2014) Estructuras, procesos e instrumentos de vigilancia tecnológica. La vigilancia tecnológica como proceso de innovación relacional Universidad-Empresa. UDUAL · México · n. 58 · octubre-diciembre 2013 · ISSN 0041-8935 pp. 33-42
- [17] Sáez Domingo, Daniel; Antolín Fernández, María y Ricau González, Francisco (2009). La vigilancia tecnológica aplicada al sector de tecnologías de la información y la comunicación. Interinformación. XI

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Jornadas Españolas de Documentación, Zaragoza, pp.
291-296.

[18] Santa Soriano, A. G.-I. (18 de 03 de 2017). MOOC.
Vigilancia tecnológica: herramientas y estrategias para
innovar. Manual de Aprendizaje. 2016. Obtenido de
www.ovtt.org: moocvt.ovtt.org

Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática

Título	Autores	Institución
Virtualización de funciones de red de una Telco en Argentina 2018	Carlos Peliza, Fernando Dufour, Ariel Serra, Gustavo Micieli, Daniel Biga	Universidad Nacional de La Matanza
Implementación de un switch generico en CORE	Guillermo Heriberto Rigotti	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Actividades de Seguridad en la cadena de valor del software	"Juan Carlos Cuevas, Roberto Miguel Muñoz, Fabian Alejandro Gibellini, German Parisi, Milagros Zea Cardenas, Federico Bertola "	UTN Facultad Regional Córdoba
Agro y Telemetría: singularidades de impacto en la ruralidad del NEA	Patricia Paola Zachman, Leandro René Varela, Oscar Garro	Universidad Nacional de Chaco Austral
Computación en la Nube: Ventajas y Desventajas de la Aplicación y el Uso de Contenedores y Microservicios, Contextualizándolos en un Caso de Estudio	Mariana Falco, Ignacio Juan Núñez, Federico Nahuel Tanzi	Universidad Austral
Una propuesta para la selección de Protocolo de Comunicación seguro para Internet de las Cosas	Jorge Esteban Eterovic, Marcelo Cipriano, Santiago Nicolet	Universidad del Salvador
Automatas Celulares para la conversión criptográfica	José Oscar Mugetti Mare	UTN Facultad Regional San Francisco
Sistema de Acceso y Autenticación en Redes Definidas Por Software	Andrés Leonardo Peñasco, Miguel Méndez Garabetti	Universidad Nacional de Cuyo, Universidad de Mendoza , UTN Facultad Regional Mendoza
Un Servidor de Sistema de Archivos para un Sistema de Virtualización Distribuido	Pablo Andrés Pessolani, Diego Padula	UTN Facultad Regional Santa Fe
Modelo Descentralizado de Comunicación Autónoma para Dominios de Internet de las Cosas.	Sergio Ariel Salinas, Nicolás Cianci, Pablo Daniel Godoy	Universidad Nacional de Cuyo
A SAMM-based model for Assessing Cybersecurity Implementations	Ana Funes, Aristides Dasso, Germán Montejano, Daniel Riesco	Universidad Nacional de San Luis
Computing Power, Key Length and Cryptanalysis. An Unending Battle?	Aristides Dasso, Ana Funes, Daniel Riesco, Germán	Universidad Nacional de San Luis

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Montejano

Redes Definidas por Software en un Entorno de Cloud Computing	Diego Encinas, Federico Montes de Oca, Brian Galarza, Martín Morales	Universidad Nacional Arturo Jauretche. UTN Facultad Regional La Plata.
Sincronización Dinámica de Datos de Discos Virtuales Replicados	Pablo Pessolani, Mariela Alemandi, Constanza Quaglia	UTN Facultad Regional Santa Fe
Red de Sensores Inalámbrica para la Detección, Alerta, Monitoreo y Provisión de Datos a Sistema de Predicción de Incendios Forestales	Rodrigo Atilio Elgueta, Miguel Méndez Garabetti, Germán Bianchini, Paola Caymes-Scutari	"Universidad de Mendoza, Facultad de Ingeniería, UTN Facultad Regional Mendoza/CONICET"
Análisis de Nuevas Tecnologías para Brindar Comunicaciones Rurales a Costos Razonables	Antonio Ricardo Castro Lechtaler, Antonio Foti, Alejandro Arroyo Arzubi, Germán Kurt Grin, Fernanda Carmona	Universidad de Buenos Aires - Universidad de la Defensa Nacional - Universidad Nacional de Chilecito - Universidad Nacional de 3 de Febrero
El modelo de Mobile Cloud Computing aplicado al desarrollo de un sistema de alertas	Diego Alejandro Medel, Gustavo Fernández, María Murazzo, Nelson Rodríguez	Universidad Nacional de San Juan
Detección de errores sintácticos bajo el algoritmo de Earley. Informe Final	Juan Carlos Vazquez, Leticia Edith Constable	UTN Facultad Regional Córdoba
Tendencias en criptografía simétrica: cifrado autenticado y criptografía liviana	Miguel Montes, Daniel Penazzi	Universidad de la Defensa Nacional - IUA, Universidad Nacional de Córdoba
Generador de Código de Estructuras Jerárquicas de Procesos Emparentados en Ejecución Concurrente	Guillermo Ruben Cherencio, Juan Carlos Romero, Mario Gerardo Perello	UTN Facultad Regional Delta
ATENOS: Un Programa para Mejorar la Seguridad en WSDL	Edgardo Bernardis, Agustín Ferrari, Mario Berón, Hernán Bernardis, Maria Varanda Pereira Miguel, Daniel Riesco	Universidad Nacional de San Luis - Instituto Politécnico de Bragança (Portugal)
Método de Reducción de Incertidumbre Aplicado a la Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales bajo una Implementación Heterogénea MPI/CUDA	Miguel Mendez Garabetti, Germán Bianchini, Paola Caymes Scutari, Maria Laura Tardivo	Universidad Atlántida Argentina, UTN-Facultad Regional Mendoza, Universidad Nacional de Río Cuarto
Refinamiento de los Procesos de Recuperación de Sufragios y Generación de Votos Planos en OTP-Vote	Silvia Gabriela Bast, Pablo Marcelo García, Germán Antonio Montejano	Universidad Nacional de La Pampa, Universidad Nacional de San Luis

Autómatas Celulares Para la Conversión Criptográfica

AuCel

José Oscar Mugetti
jmugetti@gmail.com
Director

Emanuel David Molina
molinaemanueldavid@gmail.com
Investigador de apoyo

Oscar Miguel Rete
oscar_rete@hotmail.com
Co-Director

Joaquín Mariano Cabal
joaquin_cabal06@hotmail.com
Becario Alumno

Tomás Alberto Contreras
ingenieriacreativads3@gmail.com
Investigador estudiante

Agustín Ignacio Allende
agustinallende9@gmail.com
Investigador estudiante

Grupo de investigación Departamento ciencia y tecnología
Universidad Tecnológica San Francisco
San Francisco, Córdoba, Argentina

Abstract

En este estudio realizado se comenzó con la introducción a todo el marco teórico representante a los autómatas celulares. A través de debates semanales dedicados en las reuniones del grupo se fue buscando un consenso sobre las aplicaciones en las que trabajar a raíz de los recursos disponibles. Se decidió trabajar sobre autómatas aplicados a la generación de claves de funciones hash criptográficas que generen una minimización ante posibles colisiones entre ellas. Esta herramienta será de utilidad en el ámbito de las comunicaciones permitiendo a partir de un texto plano obtener una clave asociada que impida al medio interceptar el texto a cifrar en un principio. Realizada esta acción en que se desarrolla una aplicación para lograr un sistema de votación electrónica a través de un dispositivo móvil que permita emitir el sufragio con total seguridad que el votante es quien dice ser y no exista la posibilidad de repetir el voto y/o determinar la elección por parte del sufragante.

1. Introducción

Como grupo de investigación nos dedicamos a la interpretación teórica del concepto de autómatas celulares y las grandes posibilidades de aplicaciones que nos pueden brindar en diferentes ámbitos.

La aplicación desarrollada se realiza en el campo de las ciencias computacionales, específicamente en la criptología donde definiendo especificaciones formales y características del autómata en sí, se puede utilizar esta herramienta para obtener resultados algorítmicos eficientes y tratamiento adecuado de las claves generadas por funciones criptográficas.

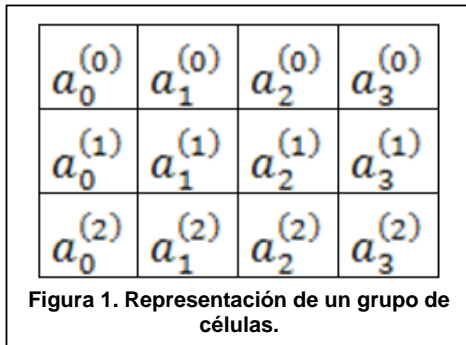
Durante mucho tiempo los autómatas celulares fueron considerados como una curiosidad matemática, pero a partir de los trabajos e investigaciones de Stephen Wolfram se fueron convirtiendo en una herramienta fundamental para explicar fenómenos que ocurren en nuestro alrededor.

Un Autómata Celular es una herramienta computacional que es parte de la Inteligencia Artificial basada en modelos biológicos, el cual está básicamente compuesto por una estructura estática de datos y un

conjunto finito de reglas que son aplicadas a cada nodo o elemento de la estructura.

2. Objetivos y metas

Los objetivos propuestos en el grupo es llegar a comprender el comportamiento predictivo de los autómatas celulares y descubrir cómo puede este



comportamiento representar los estados binarios de una palabra clave para que a partir de determinadas reglas que a través de iteraciones en tiempo formal resulte una nueva clave, denominada función clave hash, que tenga tales características que no permita a partir de ella obtener la palabra clave original. Una vez realizado esto, nos proponemos a realizar análisis sobre las funciones claves hash obtenidas, para lograr una reducción de colisiones, tal que nos permita utilizar todo este proceso en un algoritmo de cifrado criptográfico.

3. Marco teórico

3.1. Autómatas celulares

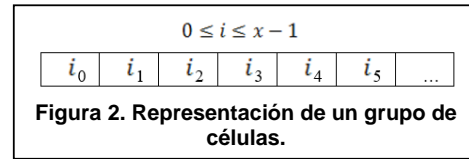
Los autómatas celulares son una colección finita o infinita de células idénticas dispuestas uniformemente según un espacio dimensional y que poseen un estado determinado, que va cambiando con el paso discreto del tiempo según una determinada regla de transición de estados. Esta regla está definida por el estado de sus células vecinas.

Elementos de un autómata celular:

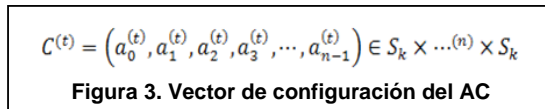
- Dimensión
- Estados posibles
- Vecindad
- Regla de transición.

Los autómatas que consideraremos tendrán una dimensión $\langle d \rangle = 1$.

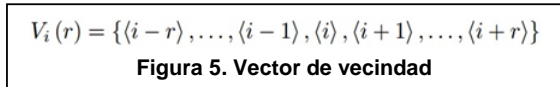
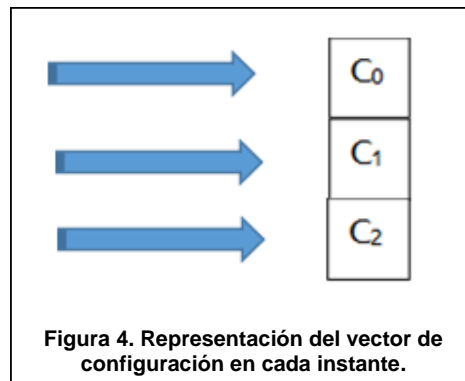
Si consideramos x el número de células involucradas, y las nombramos genéricamente con la letra i , podemos representarlas de la siguiente manera (ver Figura 2):



Si además S_k es el conjunto de k estados, $a_i^{(t)} \in S_k$, es $0 \leq i \leq x-1$ el estado de la célula $\langle i \rangle$ en el instante (t) , entonces se denomina configuración del AC en el instante (t) y se denota $C^{(t)}$ al siguiente vector:



La evolución de un AC a lo largo del tiempo se representa de forma sencilla sin más que escribir las sucesivas configuraciones de sus células, una debajo de otra (diagrama de evolución del AC). A continuación se muestra un ejemplo del diagrama de evolución de un AC

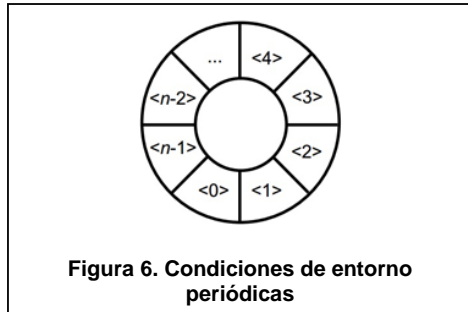


de 4 células.

Denotaremos por V_i a la vecindad de la célula $\langle i \rangle$, es decir, al conjunto de células cuyo estado va a influir en el de $\langle i \rangle$ según la regla de transición que se considere. Las vecindades más comunes en los AC son de carácter simétrico, de modo que la célula $\langle i \rangle$ es la célula central. Estas vecindades pueden escribirse de la siguiente manera (ver Figura 5), donde r es el radio de la vecindad.

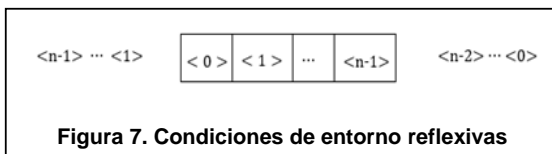
Dada la célula $\langle i \rangle$, con $i < r$ o $i > n-r$, la determinación de la vecindad $V_{i(r)}$ queda restringida a determinadas condiciones de contorno del AC. Usualmente estas condiciones son de dos tipos:

- **Condiciones de contorno periódicas:** en este caso se supone que las n células del AC están dispuestas uniformemente según una circunferencia...



de tal forma que a la izquierda de la célula $\langle 0 \rangle$ están las células $\langle n-1 \rangle, \langle n-2 \rangle, \dots$, mientras que a la derecha de la célula $\langle n-1 \rangle$ estarían las células $\langle 0 \rangle, \langle 1 \rangle, \dots$.

- **Condiciones de contorno reflexivas:** en este otro caso se supone que a la izquierda de la célula $\langle 0 \rangle$ se encuentran las células $\langle 1 \rangle, \langle 2 \rangle, \dots$, mientras que a la derecha de la célula $\langle n-1 \rangle$ se encuentran las células $\langle n-2 \rangle, \langle n-3 \rangle, \dots$.



Finalmente, la evolución de los estados de las distintas células del AC viene determinada por la denominada regla de transición: $f: S_k^{2r+1} \rightarrow S_k$. Así si $V_{i(r)}$ es la vecindad definida en el AC según (ver Figura 5), entonces el estado de la célula $\langle i \rangle$ en el instante $(t+1)$ vendrá dado por una expresión matemática que depende de los estados de los elementos de $V_{i(r)}$ en el instante (t) :

$$a_i^{(t+1)} = f(a_{i-r}^{(t)}, \dots, a_{i-1}^{(t)}, a_i^{(t)}, a_{i+1}^{(t)}, \dots, a_{i+r}^{(t)})$$

Figura 8. Estado de la célula en instante (t)

Si el AC tiene (k) estados y el radio de la vecindad es (r) , el número de posibles reglas que se pueden definir es $k^{k^{2r+1}}$.

A las condiciones iniciales y de vecindad de un autómata celular se le conoce como "regla". Existen 256 $(2^{2^{2+1}})$ reglas para los autómatas celulares con un estado binario variable $\langle 0, 1 \rangle$ y una vecindad de 3.

3.2. Criptología

La Criptología es, tradicionalmente, la disciplina científica que se dedica al estudio de la escritura secreta, es decir, estudia los mensajes que, procesados de cierta manera, se convierten en difíciles o imposibles de leer por entidades no autorizadas.

Los campos en los que se divide la Criptología son:

- Criptografía
- Criptoanálisis
- Esteganografía
- Estegoanálisis

Criptografía se ocupa de las técnicas de cifrado o codificado destinadas a alterar las representaciones lingüísticas de ciertos mensajes con el fin de hacerlos ininteligibles a receptores no autorizados.

3.3. Proceso de cifrado

El proceso para cifrar un mensaje consiste en transformarlo mediante un algoritmo de modo que sólo quien esté autorizado podría invertir el proceso de cifrado (descifrado) para recuperar el texto original. En el algoritmo se utilizan determinados parámetros que se conocen como claves, mientras que el mensaje cifrado se denomina criptograma y todo este proceso se conoce como criptosistema.

3.4. Funciones hash

Una función hash H es una función computable mediante un algoritmo, que tiene como entrada un conjunto de elementos, que suelen ser cadenas, y los convierte (mapea) en un rango de salida finito, normalmente cadenas de longitud fija. Es decir, la función actúa como una proyección del conjunto U sobre el conjunto M .

La idea básica de un valor hash es que sirva como una representación compacta de la cadena de entrada. Por esta razón decimos que estas funciones resumen datos del conjunto dominio.

Al conjunto U se le llama dominio de la función hash. A un elemento de U se le llama preimagen o dependiendo del contexto clave o mensaje.

Al conjunto M se le llama imagen de la función hash. A un elemento de M se le llama valor hash, código hash o simplemente hash.

En general podemos decir que es necesario que las funciones hash sean *deterministas* (un mensaje siempre tiene el mismo valor hash) y *de bajo coste computacional en tiempo y espacio* (para que sean utilizables en la práctica). Además normalmente se suele requerir que

sean uniformes y con efecto avalancha con el objetivo de que sea imposible predecir cualquier valor hash a partir de otros valores hash capturados.

3.4.1. Colisiones

Una colisión de hash es una situación que se produce cuando dos entradas distintas a una función de hash producen la misma salida.

Para dominios infinitos es matemáticamente imposible que una función de hash carezca de colisiones, ya que el número potencial de posibles entradas es mayor que el número de salidas.

/*En ciertas aplicaciones especializadas con un relativamente pequeño número de entradas que son conocidas de antemano es posible construir una función de hash perfecta, que se asegura que todas las entradas tengan una salida diferente. Pero en una función en la cual se puede introducir datos de longitud arbitraria y que devuelve un hash de tamaño fijo, siempre habrá colisiones, debido a que un hash dado puede pertenecer a un infinito número de entradas.*/

El proceso de encontrar dos valores arbitrarios cuyos hashes colisionan se llama ataque de colisiones. El proceso de encontrar un valor arbitrario cuyo hash colisione con otro hash dado se llama ataque preimagen. Un ataque preimagen exitoso es mucho más serio que un ataque de colisiones exitoso.

3.4.2. Aleatoriedad y Pseudoaleatoriedad

Consideraremos que algo es aleatorio, cuando no se puede volver a reproducir con los medios actuales, en un tiempo más o menos corto, en exactamente las mismas condiciones que se hizo anteriormente

Las pruebas de aleatoriedad (o test de aleatoriedad), son pruebas estadísticas usadas para decidir si una determinada muestra o conjuntos de datos responde a un patrón o puede considerarse aleatoria. La aleatoriedad es un campo de definición que, en matemáticas, se asocia a todo proceso cuyo resultado no es previsible más que en razón de la intervención del azar.

El resultado de todo suceso aleatorio no puede determinarse en ningún caso antes de que este se produzca.

El estudio de los fenómenos aleatorios queda dentro del ámbito de la teoría de la probabilidad y, en un marco más amplio, en el de la estadística.

Las propiedades estadísticas que deben poseer los números pseudoaleatorios generados por los métodos congruencia tienen que ver con independencia y aleatoriedad estadísticas.

El conjunto de pruebas de NIST es un paquete estadístico que consiste en 15 pruebas que se desarrollaron para probar la aleatoriedad de (arbitrariamente largas) secuencias binarias producidas por hardware y software

basado en generadores criptográficos de números aleatorios o pseudo-aleatorios.

Las 15 pruebas son:

1. Prueba de frecuencia (Monobit).
2. Prueba de frecuencia dentro de un bloque.
3. Prueba de corridas.
4. Prueba de la más larga corrida de unos en un bloque.
5. Prueba de rango de la matriz binaria.
6. Prueba de la transformada discreta de Fourier (Espectral).
7. Prueba de la no acumulación de coincidencia de plantilla.
8. Prueba de acumulación de coincidencia de plantilla.
9. Prueba de Estadística Universal de Maurer.
10. Prueba de complejidad lineal.
11. Prueba de serie.
12. Prueba de entropía aproximada.
13. Prueba de sumas acumulativas.
14. Prueba de excursiones aleatorias.
15. Prueba variante de excursiones aleatorias.

4. Desarrollo

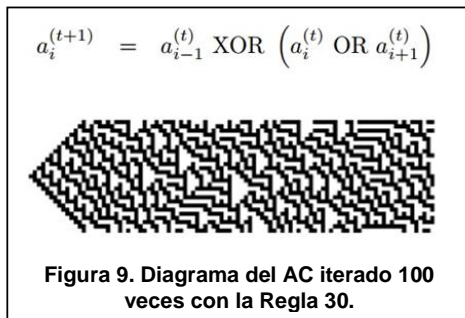
El propósito de la investigación es crear una función hash que permita determinar una imagen con un alto grado de seguridad para evitar que una determinada información confidencial sea decodificada fácilmente.

Se comenzó desarrollando el Juego de la vida, de John Conway para analizar la estructura y evolución de AC, interpretando como a partir de diferentes disposiciones de estados de las células de un AC pueden evolucionar a través del tiempo con las mismas reglas del juego de la vida. Culminado esto, comenzamos a analizar las reglas establecidas por Stephen Wolfram^{[1][2]} que considera un radio de vecindad $<I>$ y el conjunto binario de estados posibles $<0, I>$.

La idea de utilizar las reglas de transición de Wolfram es lograr un generador de bits *pseudoaleatorios*, es decir, que el algoritmo determinista logre el mayor grado de aleatoriedad posible, para que a partir de la conformación binaria de la clave o mensaje se pueda obtener a iterativamente una clave hash asociada que tenga la característica de que no pueda ser invertible su proceso.

Dentro de las 256 reglas, Stephen Wolfram fue encapsulando las diferentes reglas en clases, según la estructura evolutiva que presentan. Una de ellas es la Clase 3 que su evolución lleva a estructuras que siguen un modelo caótico. Aquí los efectos de las reglas se propagan a los sitios vecinos a una velocidad fija pero con un rango indefinido. Si el estado inicial se desordena, esta dependencia puede llevar a una sucesión aparentemente caótica de valores para un sitio particular.

La regla de transición con la trabajamos es la Regla 30 y su estructura lógica es la siguiente:



La secuencia de bits correspondiente a una determinada palabra “clave” determina la configuración inicial de nuestro AC. Para obtener una nueva configuración del AC es necesario utilizar la regla ya mencionada sobre la configuración actual, bit a bit, para obtener la sucesión unitaria que determina la nueva configuración, cabe mencionar que las condiciones del entorno utilizadas son las Condiciones Periódicas.

Dentro de las características procedimentales de nuestra aplicación, definimos que la configuración del autómata debe ser de hasta 128 células, es decir que la palabra que vayamos a procesar puede ser de hasta 16 caracteres (128 bits), también definimos un mínimo de 4 caracteres para la palabra clave.

Una vez ubicada esta “clave” como configuración inicial, obtuvimos a través de una cierta cantidad de iteraciones el código hash final asociado a la palabra.

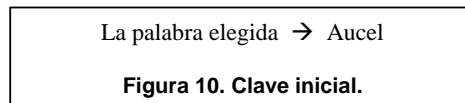
Luego de haber realizado un software que genere los hash, a partir de una palabra clave introducida, y estableciendo que la palabra debe contener entre 4 y 16 letras, que pueden tener repetición y símbolos especiales, fue posible determinar que las posibles combinaciones son de más de 42 mil millones de combinaciones, que resulta imposible determinarlos por el universo, así que se toma una muestra obtenida a partir de la fórmula estadística de muestreo^[8]. Con ello determinamos que la muestra teniendo un nivel de confianza del 95,5% y un error del 2% es de aproximadamente 25000 corridas. Se tomó un diccionario de palabras, al cual se les introdujeron modificaciones para alterar los símbolos y establecer mayor cantidad de palabras, con un total de 8.500.000 palabras, hecho que superó ampliamente la muestra determinada. Se generaron las claves hash a las cuales se realizaron las pruebas de aleatoriedad y pseudoaleatoriedad mediante métodos matemáticos y software diseñado a tal efecto. Es importante destacar que, los resultados de aleatoriedad fueron altamente positivos, esto es, dichas claves, superaron 13 de las 15 pruebas NIST, parámetro suficiente para establecer la aleatoriedad de la clave generada, confirmando la

imposibilidad de revertir el proceso; es decir a partir del hash obtener la palabra origen, o descryptar el mismo.

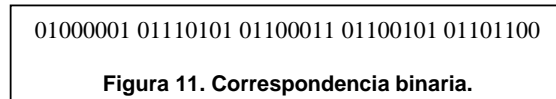
La elección de la cadena de caracteres tiene un rango dentro de los 4 y 16 caracteres, y los caracteres permitidos de la tabla ASCII son los “Caracteres imprimibles”. Esta cadena elegida, se coloca en el centro de la disposición de 512 celdas, previamente convertido cada carácter a su correspondiente binario. El espacio restante se rellena con ceros.

Esta disposición se corresponde a la configuración inicial del Autómata Celular, a partir de esta se irá iterando cada configuración con la Regla 30 para obtener la configuración consecuyente.

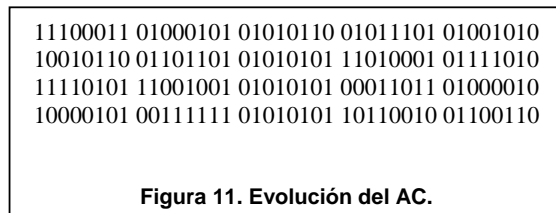
A continuación, se realizará un ejemplo de la evolución a partir de una clave inicial.



La correspondencia binaria de cada carácter es la siguiente:

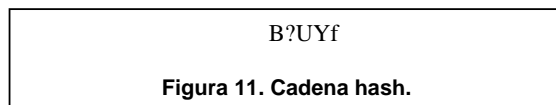


Y luego a partir de esta configuración inicial se va aplicando la regla de 30 a cada celda (bit) y según su estado y el de sus vecinos va evolucionando en



consecuencia.

Luego de realizar 4 iteraciones, para concluir el ejemplo, transformamos la secuencia de bits en el $t=4$ y



obtuvimos la siguiente cadena Hash.

Se trabajó cada clave con 300 iteraciones y la posterior obtención de la cadena de 64 caracteres que determina nuestra cadena Hash por “clave”.

Este procedimiento fue aplicado sobre un diccionario de palabras validadas de 8.500.000 palabras diferentes. Los resultados obtenidos fueron analizados y utilizados para evaluar si a partir de claves diferentes fueron obtenidas cadenas Hash iguales. Nos encontramos con

que este fenómeno no ocurrió (0 colisiones) pudiendo cumplir nuestro objetivo de minimizar-eliminar colisiones.

En las explicaciones anteriores quedaron establecidos las diferentes operaciones de las variables y los instrumentos de medición utilizados, como así también la forma de analizar los datos obtenidos.

Como referencias bibliográficas destacamos todas las enunciadas en bibliografía y la existencia de prácticamente nulas investigaciones publicadas en el país.

Con lo expresado anteriormente, se pudieron sentar las bases de seguridad para la elaboración del sistema que permita crear encriptación unidireccionales sin posibilidad de obtener la palabra clave.

Como métricas de confiabilidad, se han utilizado las pruebas N.I.S.T.[7]

5. Agradecimientos

Agradecimiento para la institución que nos alberga y nos brinda el espacio y el apoyo para el desarrollo de nuestra investigación como así también a todas aquellas personas que desinteresadamente aportan su conocimiento y herramientas para nuestro desarrollo.

6. Referencias

Lista de todas las referencias bibliográficas.

[1] A New Kind of Science, por Stephen Wolfram, WolframMedia Inc., 2002.

[2] Random Sequence generation by cellular automata, Stephen Wolfram, WolframMedia Inc 2008.

[3] Probabilistic Encryption * SHAFI GOLDWASSER AND SILVIO MICALI Laboratory of Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 1983)

[4] A Statistical Test Suite for Random and Pseudo random Number Generators for Cryptographic Application, NIST Special Publication 800-22 (with revisions dated May 15, 2001)

[5] Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C, Bruce Schneier 2007)

[6] Collision Based Computing, Andrew Adamatzky, Ed Springer 2002)

[7] National Institute of Standards and Tecnology - Special Publicatios 800-22 Revisión 1ra. "A Statical Test Suite for Random and Pseudorandom, Number Generators for Cryptographic Applicarions).

[8]<http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcular.html>

7. Bibliografía

Listado de las bibliografías en las que basamos y nos asistimos durante la investigación hasta el presente

- Stephen Wolfram. (2002). "A new kind of science" Estados unidos: Wolfram Media.
- John Von Neumann. (1966). "Teoria del autómata autoreproductor" Estados unidos: University of Illinois Press.
- Stephen Wolfram. (1986). "Random Sequence generation by cellular automata" Estados Unidos: Thinking machines corporation.
- Richard E. Smith, "Internet Cryptography", Ago 1997, Addison-Wesley.
- Bruce Schneier, "Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C" Dic. 1995, John Wiley & Sons.
- "A Statistical Test Suite for Random and Pseudorandom Number Generators for Cryptographic Applications" Andrew Rukhin, J. S E.E.U.U. 2010.
- <http://www.nist.gov/>

Sistema de Acceso y Autenticación en Redes Definidas Por Software

Andrés Peñasco^{1,3}, Miguel Méndez-Garabetti^{1,2}

¹ Universidad de Mendoza, Dirección de Posgrado, Facultad de Ingeniería

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³ Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria

penasco.andres@gmail.com, miguel.mendez@um.edu.ar

Resumen

Actualmente vivimos en una sociedad digital, donde casi todo está conectado y accesible desde cualquier lugar a través de Internet. Sin embargo, a pesar de su amplia adopción, las redes IP tradicionales de gran envergadura son complejas y muy difíciles de gestionar. Configurar grandes redes según políticas predefinidas, o reconfigurarla para responder a fallas, cambios en la infraestructura y cargas de trabajo, se torna una tarea laboriosa y complicada. Las Redes Definidas por Software (Software-Defined Networking, SDN) son un paradigma emergente que promete mejorar las falencias de las redes convencionales, introduciendo la capacidad de programar la red. Para lograrlo, SDN separa el plano de control del plano de datos, promoviendo la centralización del control de la red y convirtiendo a los routers y switches subyacentes en dispositivos de reenvío de datos simples. Este trabajo consiste en el desarrollo de una aplicación que permita administrar el ingreso y la asignación de privilegios de usuarios a una red IP, mediante el uso de flujos manejados por un controlador SDN. Para ello se realizó una revisión bibliográfica de investigaciones recientes, como así también el análisis de los diferentes tipos de soluciones disponibles, incluyendo controladores y tipos de switches. Mediante la aplicación desarrollada, será posible demostrar que gracias a la gestión del plano de control, se podrán ofrecer soluciones completas capaces de solucionar los problemas y/o debilidades de las redes tradicionales.

1. Introducción

Las redes de datos se han convertido en uno de los componentes esenciales de toda red corporativa, siendo de suma importancia que éstas operen de forma eficiente [1]. Por ello, es necesario realizar una adecuada gestión de las redes actuales, considerando la evolución de los

sistemas informáticos y las tecnologías emergentes, tales como servicios de computación en la nube [2], sistemas distribuidos [3], Big Data [4], entre otros. En este contexto, las redes de datos tradicionales se enfrentan a una gran cantidad de limitaciones de diseño, que impide la rápida adaptación de la red a cambios, como la reacción ante nuevas vulnerabilidades, implementación de nuevos servicios con requisitos especiales, ampliación de la infraestructura o incorporación de nuevos dispositivos.

Para mantener grandes redes en funcionamiento, es necesario configurar individualmente cada uno de los dispositivos de red, como routers, switches y puntos de acceso, utilizando comandos de bajo nivel, o específicos de cada proveedor. Lo que conlleva un alto grado de complejidad, generando grandes costos operacionales, debido a la especificidad de los conocimientos necesarios para llevar a cabo esta gestión.

Además de la complejidad de configuración mencionada anteriormente, los entornos de red tienen que soportar la dinámica de las fallas y adaptarse a los cambios de carga. En este sentido los mecanismos de reconfiguración y respuesta automática en las redes IP actuales son prácticamente inexistentes. El plano de control (que decide cómo manejar el tráfico de red) y el plano de datos (que reenvía el tráfico de acuerdo con las decisiones tomadas por el plano de control) se agrupan dentro de los dispositivos de red, reduciendo la flexibilidad y obstaculizando la innovación y la evolución de la infraestructura de red. Por ejemplo, la transición de IPv4 a IPv6, iniciada hace más de una década y aún en gran parte incompleta [5], da testimonio de este desafío, mientras que de hecho IPv6 representaba simplemente una actualización de protocolo.

Las redes tradicionales deterministas, que utilizamos hoy en día, en las que el comportamiento de los dispositivos depende de su configuración previa, necesitan evolucionar a una arquitectura de red dinámica, transformándose en entornos escalables, flexibles, fáciles de gestionar y asegurar. En respuesta a estas necesidades, se considera que las Redes Definidas por Software (Software-Defined Networking, SDN) [6] y su evolución marcan el camino que ofrece soluciones óptimas a las debilidades planteadas.

Las SDN, son un concepto que viene evolucionando hace varios años y se encuentra en constante desarrollo y expansión. Este tipo de redes divide el plano de datos del plano de control, logrando de esta forma infraestructuras programables, automatizadas, adaptables a las necesidades y problemas futuros [7]. Al separar el plano de control es posible gestionar la red de forma centralizada, gracias a la incorporación de un controlador que mantiene una visión global de la red y del contenido de la misma, proporcionando la capacidad de insertar, modificar o eliminar flujos de datos según sea necesario. Permitiendo programar directamente sobre arquitectura SDN, utilizando módulos de software instalados en el controlador, agilizando los procesos de configuración.

Además, las arquitecturas SDN pueden ser implementadas bajo estándares abiertos, de modo que no dependen de dispositivos de fabricantes específicos o protocolos propietarios. La ONF [8], ha definido el primer estándar abierto, denominado OpenFlow [9], un protocolo que se encuentra en continuo desarrollo y permite manejar directamente el plano de reenvío de dispositivos de red como switches y routers, ya sean físicos o virtuales [7].

Debido a los inconvenientes mencionados de las redes tradicionales, y las ventajas que presenta la arquitectura SDN, es que este trabajo realiza un estudio de la misma, con el propósito de desarrollar un prototipo de aplicación, capaz de gestionar el control de acceso de usuarios en una arquitectura SDN. Para ello se evalúan los últimos avances registrados en la literatura, tal como los trabajos [10] y [11], donde los autores proponen una solución para el control de acceso a redes en una arquitectura SDN híbrida, utilizando switches virtuales y el protocolo de autenticación RADIUS.

El desarrollo aplicación propuesta en este trabajo permitirá administrar el ingreso y la asignación de privilegios de usuarios a la red, mediante el uso de flujos manejados por el controlador SDN. De esta forma, será posible demostrar que el desarrollo de aplicaciones que gestionen el plano de control, permiten ofrecer soluciones completas capaces de solucionar los

problemas o debilidades de las redes tradicionales. Además, se realiza un análisis e investigación de diferentes tipos de soluciones disponibles, incluyendo controladores y tipos de switches, como así también la comunicación y configuración de los mismos a través del estándar abierto OpenFlow en sus diferentes versiones.

2. Prototipo

Actualmente el proyecto se encuentra en fase de desarrollo habiendo alcanzado a implementar el 50 por ciento del mismo. En las líneas posteriores se detallan los avances y resultado obtenidos.

El prototipo realizado se desarrolla y prueba en un entorno físico, utilizando un dispositivo Mikrotik rb1100ahx2, con soporte OpenFlow 1.0 y tres equipos de escritorio, dos con sistema operativo Debian 8 y uno con sistema operativo Windows 7, los cuales funcionan como Servidor de Autenticación (SA), controlador SDN (virtualizado) y usuarios de la red. La topología de la red creada se puede observar en la Figura 1.

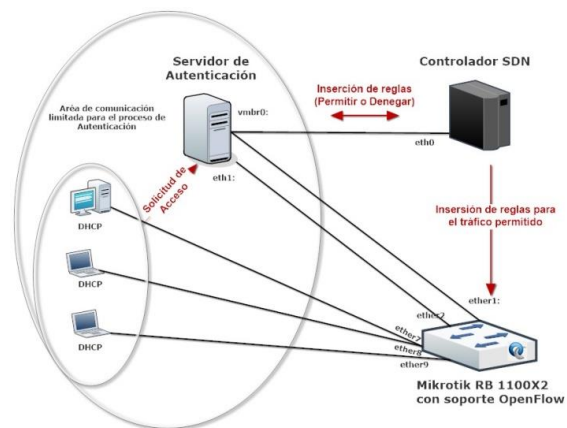


Figura 1: Prototipo en desarrollo

La aplicación permite controlar el ingreso a la red mediante la utilización de reglas que definen qué equipos tienen acceso a la misma, a través del inicio de sesión previo de los usuarios. Para ello se establecen dos condiciones: PERMITIR o DENEGAR. La primera se aplica cuando un usuario inicia sesión satisfactoriamente en el servidor de autenticación. La segunda en cambio, cuando el inicio de sesión no es satisfactorio y se ha superado el límite de intentos permitidos. Los usuarios que no logren iniciar sesión correctamente no podrán acceder ni interactuar con los demás elementos de red.

3. Consideraciones de Diseño

Cuando un cliente desee acceder a la red, se debe conectar como lo hace habitualmente en una red tradicional y recibirá una dirección IP. Este procedimiento se realizará gracias a un servidor DHCP el cual funcionara en el SA. Una vez conectado, el usuario solo tendrá acceso al SA y estará en condiciones de ejecutar la aplicación Cliente. La aplicación Cliente se encarga de establecer una comunicación cifrada con el servidor, mediante el uso de sockets SSL y el envío de una petición TCP con puerto destino 8443. Gracias a este tipo de comunicación las credenciales del usuario viajan por un medio seguro. Es importante aclarar que este acceso limitado, el cual le permite al cliente acceder solamente al servidor de autenticación, es posible gracias a reglas estáticas predefinidas en el controlador SDN al momento de iniciar la aplicación.

Posteriormente el cliente debe proporcionar su usuario y contraseña de acceso al SA, el cual verificará los datos, y si la comprobación es correcta, inserta en el controlador SDN la regla correspondiente para permitir el ingreso al equipo del usuario a la red, con los privilegios que corresponda. Por ejemplo, número de VLAN a la que pertenece o accesos a dispositivos y servicios específicos. Si la verificación es incorrecta, insertará una regla para denegarlo después de tres intentos fallidos. Esta denegación consiste en impedir todo tipo de comunicación por un intervalo de tiempo. Una vez transcurrido este periodo el cliente podrá volver a intentar conectarse. Tanto la inserción de reglas en el controlador como los intentos de acceso de los clientes son registrados un archivo.

4. Características Servidor de Autenticación

El Servidor de autenticación cumplirá con las siguientes funcionalidades:

- Asignar direcciones IP a los clientes.
- Verificar constantemente la conexión de nuevos clientes, e implementar un mecanismo de conexión segura con los mismos, con el objetivo de que las credenciales viajen cifradas a través de la red.
- Implementar un mecanismo de conexión con el controlador SDN, para poder insertar reglas de firewall previamente generadas.
- Considerar la inserción de reglas repetidas, para evitar llenar las tablas de flujo con información redundante.
- Eliminar las reglas de los dispositivos que se han autenticado correctamente y eventualmente se van desconectando.

- Eliminar las reglas de los dispositivos bloqueados después de un periodo de tiempo.
- Tiene la capacidad de ensamblar las reglas de tráfico, considerando que los argumentos de las mismas deben estar serializados, concatenados y correctos, antes de ser enviados al controlador.
- Verificar credenciales de usuarios previamente almacenadas.
- Registrar intentos de acceso e inserción de reglas de firewall.

La Figura 2 representa el diagrama de flujo de la aplicación Servidor.

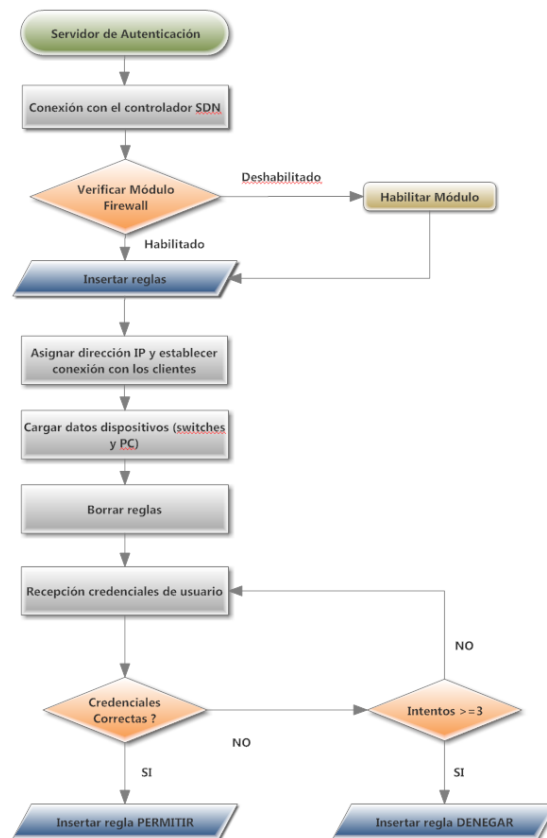


Figura 2: Diagrama de flujo SA

5. Características Aplicación Cliente

La aplicación Cliente deberá considerar las siguientes tareas:

- Implementar un mecanismo que permite establecer la conexión segura con el servidor de autenticación.
- Solicitar las credenciales del usuario.
- Enviar las credenciales del usuario al servidor de autenticación, y recibir la respuesta del mismo, con el objetivo de que el usuario pueda reingresar las credenciales si son incorrectas, o saber si ha accedido correctamente a la red.

La

Figura 3 representa el diagrama de flujo de la aplicación cliente.

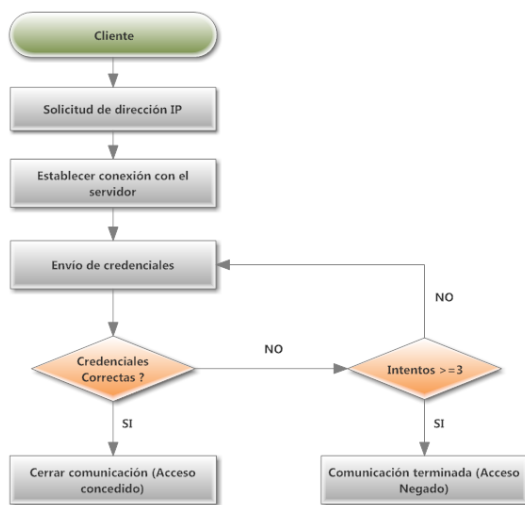


Figura 3: Diagrama de flujo cliente

6. Componentes del Sistema

A continuación se describen cada uno de los componentes del prototipo en desarrollo.

6.1. Dispositivo Utilizado y Configuración del Mismo.

Como se mencionó en la sección 2, para armar la infraestructura del prototipo realizado se utilizó un dispositivo Mikrotik RouterBoard 1100 X2 AH [12] con las especificaciones técnicas descritas en la Tabla 1.

RB1100AHx2		
Puertos Ethernet	Cantidad: 13	
10/100/1000		
CPU	Modelo: P202ASSE2KFB	

Núcleos CPU	Cantidad: 2
Nivel de Licencia	6
Sistema Operativo	RouterOS
Memoria RAM	2 GB
Tamaño de disco	128 MB

Tabla 1. Especificaciones RB1100AHx2

En la configuración de fábrica, este dispositivo no incluye el paquete de soporte para OpenFlow, por lo que fue necesario instalarlo obteniéndolo del sitio oficial de Mikrotik.

Con el objetivo de poder conectarnos al dispositivo para administrarlo y que posteriormente se pueda comunicar con el controlador SDN, se debió configurar una dirección IP en uno de los puertos. En este caso se eligió el puerto "ether1".

La Figura 4 describe gráficamente como serán asignados los puertos del dispositivo.

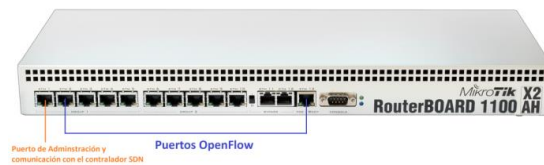


Figura 4: Asignación de Puertos

6.2. Controlador SDN

Uno de los elementos principales de la arquitectura SDN es el controlador, núcleo de la arquitectura del cual depende el comportamiento de la red. Actualmente existen diferentes alternativas a la hora de seleccionar un controlador según si son controladores comerciales, o bien controladores de código abierto.

Elegir el controlador adecuado para este trabajo fue una tarea muy importante y determinante en el resultado final. Se han probado y analizado 4 de los controladores de código abierto que mejor se adaptaban a las necesidades del proyecto, entre ellos (Beacon [13], TREMA [14], OpenDaylight [15] y floodlight [16]).

Para poder comparar los controladores antes mencionados se utilizó el simulador de red Mininet [17], el cual es capaz de crear redes de hosts, switches, controladores SDN y links virtuales. La Tabla 2 compara los principales aspectos de los controladores probados:

Controlador	Trema	Opendaylight	Beacon	Floodlight
-------------	-------	--------------	--------	------------

Dificultad de instalación	Fácil	Fácil	Regular	Fácil
Código Abierto	Si	Si	Si	Si
Documentación	Regular	Media	Media	Excelente
REST API	SI	SI	SI	SI
Soporte	Malo	Bueno	Regular	Bueno
Manejo de interfaz web	SI	SI	SI	SI
Soporte OpenFlow	OF 1.3	OF 1.3	OF 1.0	OF 1.5
Lenguaje de programación	Ruby y C	Java	Java	Java

Tabla 2: Comparativa controladores SDN

Del análisis realizado se ha seleccionado el controlador Floodlight en la versión 0.91 [18] para realizar el prototipo, debido a la compatibilidad con la versión 1.0 del protocolo OpenFlow, utilizada por el switch Mikrotik. El controlador funciona en una máquina virtual KVM [19] sobre un sistema operativo Debian 8.6, la cual utilizará como host físico al mismo equipo del SA.

FloodLight es simple de instalar y configurar. La interfaz web que ofrece es intuitiva y expone las características de los dispositivos de la red. Adicionalmente se encuentra muy bien documentado, lo que facilita la interacción con el controlador y el desarrollo de aplicaciones. El punto principal por el cual se seleccionó este controlador para realizar el prototipo propuesto, es la diversidad de módulos que maneja. Para este desarrollo se emplearon los módulos Forwarding [20] y Firewall [21] de la API REST de FloodLight ya que proporcionan las características necesarias para el manejo de paquetes y el reenvío de los mismos. Además dispone de las acciones para permitir o denegar flujos de paquetes. Debido a la importancia que representan estos módulos en la funcionalidad de prototipo, es que en las líneas posteriores se incluye una descripción de los mismos.

6.2.1. Módulo Forwarding

Forwarding es un módulo del controlador que se encarga de reenviar paquetes entre los dispositivos. Tiene la capacidad de establecer una ruta para cada flujo enviado por los dispositivos de la red SDN. Por defecto

se encuentra habilitado y carga automáticamente al inicio del controlador.

El reenvío de paquetes se realiza analizando los campos del encabezado: ID de VLAN, direcciones MAC de origen/destino, direcciones IP de origen/destino y puertos de transporte de origen/destino. En este trabajo, se utilizará Forwarding para enviar un flujo de entrada de reenvío si la acción es permitir, o una entrada de flujo de descarte si la acción es denegar.

6.2.2. Módulo Firewall

Firewall es el módulo encargado de hacer cumplir las reglas ACL (Access Control List) [22] en switches OpenFlow mediante la inserción de flujos y el seguimiento del comportamiento de los paquetes. Las reglas ACL son definidas como un conjunto de condiciones que pueden permitir o denegar la entrada de un flujo de tráfico al switch.

Firewall funciona de una manera reactiva y las reglas se ordenan según la prioridad en el momento de su creación (a través de la API REST). Para cada paquete que entra del tipo Packet-In se verifica una coincidencia en la tabla de flujo, y posteriormente se compara su valor prioridad para elegir la más alta. Si se encuentra una coincidencia, la acción de la regla (permitir o denegar) se almacena en un objeto, luego el flujo se seguirá transmitiendo hasta llegar al módulo Forwarding para su respectivo procesamiento.

Firewall maneja los métodos de HTTP: GET, POST y DELETE; la explicación detallada de estos y su estructura se encuentra disponible en [23].

6.3. Comunicación entre Servidor de Autenticación y Clientes

Debido a que cada cliente que desee acceder a la red deberá proporcionar sus credenciales (usuario y contraseña) al SA y es necesario que la información viaje de manera segura por la red, se utilizará el protocolo SSL (Secure Socket Layer) [24] para la comunicación entre los clientes y el servidor.

Puesto que SSL utiliza certificados digitales en el proceso de autenticación, será necesario generar tales certificados para el servidor. Se utilizará la herramienta proporcionada por Java denominada keytool [25], la cual, junto con los parámetros pertinentes, permite la creación y manipulación del almacén y los certificados.

Antes de ser creados se deberá tener en cuenta algunas consideraciones. Java distingue entre los keystores y los truststores. Keystore, (almacén de certificados), es una

base de datos de pares llaves y de certificados utilizados para la autenticación SSL. En un Truststore se almacenan los certificados de confianza o certificados de las Autoridades de Certificación (CA), se utilizan para verificar las identidades de otros clientes y servidores [26].

Cuando un cliente o un servidor inician una sesión SSL, extrae sus certificados y claves de su almacén de certificados (keystore). En cambio, cuando verifica las identidades de otros clientes o servidores, extraerá los certificados de su almacén de certificados de confianza (truststores). En este trabajo se optó por que la autenticación fuera unidireccional, es decir, los clientes poseen el certificado del SA en su truststore por lo tanto "confían" en el mismo. Para ello se generará un keystore en el servidor de autenticación con su respectivo certificado. Posteriormente se exportará dicho certificado al truststore de los clientes.

6.4. Asignación de direcciones IP

Dado que cada cliente que se conecta solicita una dirección IP, fue necesario configurar un servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) en el servidor de autenticación. Para ello, se utilizó el servidor ISC-DHCP-SERVER [27], el cual es una implementación libre del dicho protocolo.

7. Conclusiones y continuidad del proyecto

La utilización de Redes Definidas por Software abre la posibilidad al desarrollo de nuevas aplicaciones más personalizadas o diseñadas para usos específicos, así mismo permite la integración de nuevos dispositivos y variables a las redes de datos, convirtiéndolas en infraestructuras adaptables y dinámicas. Sin embargo, no están libres de tener inconvenientes de seguridad. Las necesidades actuales de acceder a las redes corporativas utilizando distintos dispositivos, genera la aparición de innumerables puntos débiles. Los que deberán ser abordados en su totalidad antes de poder migrar las tecnologías de red tradicionales a un esquema de red como este.

Hasta el momento en este trabajo se llevó a cabo la implementación de una SDN, utilizando equipos físicos y el simulador de red Mininet. Demostrando que se puede configurar y gestionar de forma centralizada los dispositivos SDN según las necesidades requeridas.

Se evaluaron diferentes controladores SDN, eligiendo a FloodLight para la implementación del prototipo desarrollado. La elección se justifica debido a que provee módulos realmente útiles para el desarrollo de

aplicaciones, además de ofrecer una API que maneja (JSON/REST) y proporciona una fácil lectura de las acciones de HTTP GET, POST y DELETE. Estas características facilitarían la interacción de la aplicación a desarrollar con el controlador. También posee excelente documentación, buena integración con el dispositivo utilizado y soporte por parte de la comunidad de desarrolladores del proyecto.

Además, se realizó un análisis de diferentes tipos de soluciones disponibles, incluyendo controladores y tipos de switches, como así también la comunicación y configuración de los mismos a través del estándar abierto OpenFlow en sus diferentes versiones, demostrando que SDN es una tecnología que ha llegado para quedarse.

En los próximos avances de proyecto se pretende comenzar la programación del código del Servidor de Autenticación. Una vez que esté concluida la primera versión, se procederá a programar la aplicación Cliente.

8. Bibliografía

- [1] W. Stallings, Data and computer communications, 8° ed., Prentice Hall, 2006.
- [2] NIST, «National Institute of Standards and Technology,» 2011. [En línea]. Available: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>.
- [3] G. Coulouris, J. Dollimore y T. Kindberg, «Distributed Systems: Concepts and Design,» 5th ed., Addison Wesley, 2011.
- [4] ISO, «Big Data: Preliminary Report 2014,» 2014. [En línea]. Available: http://www.iso.org/iso/big_data_report-jtc1.pdf. [Último acceso: septiembre 2016].
- [5] O. De León y LACNIC, «Análisis detallado de la información cuantitativa relevante relativa a la transición hacia una red IPv6,» 2014. [En línea]. Available: <http://portalipv6.lacnic.net/cafacnic/anexo-iii/>. [Último acceso: Marzo 2016].
- [6] D. Kreutz, F. Ramos, P. Verissimo, C. Rothenberg, S. Azodolmolky y S. Uhlig, «Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey,» IEEE, 2015.
- [7] Open Networking Foundation, «Software-Defined Networking: The New Norm for Networks,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>. [Último acceso: Agosto 2016].

- [8] Open Networking Foundation, «ONF Overview,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.opennetworking.org/about/onf-overview>. [Último acceso: Agosto 2016].
- [9] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, P. Guru y L. Peterson, «Openflow,» 2008. [En línea]. Available: <http://archive.openflow.org/documents/openflow-wp-latest.pdf>. [Último acceso: septiembre 2016].
- [10] V. Dangovas y F. Kuliesius, «SDN Enhanced Campus Network Authentication and Access Control System,» 2016. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7536925/>. [Último acceso: 10 Septiembre 2016].
- [11] V. Dangovas y F. Kuliesius, «SDN-Driven Authentication and Access Control System,» 2014. [En línea]. Available: <http://sdiwc.net/digital-library/web-admin/upload-pdf/00001098.pdf>. [Último acceso: 2016].
- [12] Mikrotik, «RB1100AHx2,» Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://routerboard.com/RB1100AHx2>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [13] D. Erickson, «The Beacon OpenFlow Controller,» Marzo 2012. [En línea]. Available: <http://yuba.stanford.edu/~derickso/docs/hotsdn15-erickson.pdf>. [Último acceso: Abril 2017].
- [14] T. Dietz, «Trema Tutorial,» Marzo 2012. [En línea]. Available: <http://www.fp7-ofelia.eu/assets/Uploads/201203xx-TremaTutorial.pdf>. [Último acceso: Abril 2017].
- [15] The Linux Foundation Projects, «Opendaylight,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.opendaylight.org/>. [Último acceso: Enero 2017].
- [16] Project Floodlight, «Floodlight,» noviembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.projectfloodlight.org/floodlight/>. [Último acceso: Enero 2017].
- [17] Mininet, «Mininet,» 2016. [En línea]. Available: <http://mininet.org/>.
- [18] «Floodlight v0.91,» Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://floodlight.atlassian.net/wiki/display/floodlightcontroller/Floodlight+v0.91>. [Último acceso: Abril 2017].
- [19] KVM, «Kernel Virtual Machine,» 2016. [En línea]. Available: http://www.linux-kvm.org/page/Main_Page.
- [20] «Forwarding (Dev),» Junio 2015. [En línea]. Available: <https://floodlight.atlassian.net/wiki/pages/viewpage.action?pageId=1343630>. [Último acceso: Febrero 2017].
- [21] T. Amer y R. Izard, «Firewall (Dev),» marzo 2015. [En línea]. Available: <https://floodlight.atlassian.net/wiki/pages/viewpage.action?pageId=1343599>. [Último acceso: Enero 2017].
- [22] I. Ryan, «ACL (Access Control List) (Dev),» Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://floodlight.atlassian.net/wiki/pages/viewpage.action?pageId=4882434>. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [23] Project Floodlight, «Floodlight REST API,» Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://floodlight.atlassian.net/wiki/spaces/floodlightcontroller/pages/1343539/Floodlight+REST+API#FloodlightRESTAPI-ModuleRESTAPIDocumentation>. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [24] IETF, «The Secure Sockets Layer (SSL) Protocol Version 3.0,» Agosto 2001. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6101>. [Último acceso: 17 Junio 2017].
- [25] Oracle, «JDK Tools and Utilities,» Abril 2016. [En línea]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/tools/index.html#security>. [Último acceso: 3 Mayo 2017].
- [26] Oracle, «KeyStores and TrustStores,» 2010. [En línea]. Available: <https://docs.oracle.com/cd/E19509-01/820-3503/ggffo/index.html>. [Último acceso: Octubre 2017].
- [27] Internet Systems Consortium, «ISC DHCP,» Abril 2017. [En línea]. Available: <https://www.isc.org/downloads/dhcp/>. [Último acceso: Mayo 2017].

Un Servidor de Sistema de Archivos para un Sistema de Virtualización Distribuido

Diego Padula, Pablo Pessolani

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

UTN- Facultad Regional Santa Fe

Santa Fe – Argentina

{ppessolani, dpadula}@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Cuando se hace referencia a infraestructuras en la nube, el rol de los recursos de almacenamiento toma protagonismo al momento de lograr flexibilidad, versatilidad y escalabilidad. Estas infraestructuras deben ofrecer sistemas de archivos simples, escalables, confiables y transparentes, de forma tal que no se requiera adaptar o modificar las aplicaciones o los procedimientos que los utilizan o gestionan.

En el marco de una nueva tecnología de virtualización que ofrece recursos computacionales, de comunicación y de almacenamiento dispersos en distribuidos en varios nodos de un cluster, este artículo presenta el diseño e implementación de un servidor de sistema de archivos para un Sistema de Virtualización Distribuido (del inglés DVS).

Para el desarrollo del prototipo se ha elegido un sistema de archivos de tipo File Allocation Table (FAT) por su sencillez. Para el código propio de FAT se ha utilizado una librería denominada FatFs, que fue integrada al código de un servidor de sistema de archivos preexistente demostrando así la versatilidad que ofrece el DVS para adaptar sus servicios a diferentes tecnologías.

1. Introducción

La tecnología de virtualización, tiene la habilidad de consolidar múltiples Máquinas Virtuales (VM: Virtual Machine) en una única computadora física. Esta característica, permite aumentar la eficiencia energética y proporcionar entornos de ejecución seguros y aislados para aplicaciones críticas.

Un Sistema Operativo (OS: Operating System) ordinario, es la capa de software que se encuentra entre el hardware y las aplicaciones. Es posible construir un OS virtual (VOS: Virtual OS) [1] que brinde sus servicios a las aplicaciones pero que no gestione directamente sobre el hardware sino solicitando servicios al OS subyacente.

A esta tecnología se la denomina Virtualización de Sistema Operativo. Como ejemplos de este tipo de virtualización se puede mencionar a User Mode Linux (UML) [2] y Minix over Linux (MoL) [3]. Otra tecnología muy utilizada en la actualidad es la Virtualización basada en Sistema Operativo, la cual permite encapsular aplicaciones en espacio de usuario, en entornos aislados de ejecución denominados comúnmente: Contenedores. Como ejemplos de Virtualización basada en OS se puede mencionar a VServer [4], OpenVZ [5], Zap [6], and LXC/LCD [7].

En general, los OSs y Servidores de Bases de Datos cuentan con versiones distribuidas con el objetivo de lograr mayor rendimiento, escalabilidad y disponibilidad. De igual forma, un entorno de virtualización distribuido, permitiría aumentar su rendimiento, escalabilidad y disponibilidad.

Si un Contenedor pudiese expandirse a varios nodos de un cluster, se podría ejecutar dentro de él un VOS distribuido (DVOS: Distributed Virtual Operating System). La tecnología capaz de ofrecer Contenedores Distribuidos (del inglés DCs) se denomina Sistema de Virtualización Distribuido [8] (DVS: Distributed Virtualization System).

Los DCs son entornos de ejecución aislados que pueden abarcar uno o más nodos del cluster. El DVS solo admite las comunicaciones entre procesos que se encuentran ejecutando en el mismo DC aunque pueden hacerlos ubicados en diferentes nodos del cluster de virtualización.

Este artículo describe las características de un Servidor de Sistema de Archivos que se ejecutan en un DC de un DVS.

Un DVS está basado en componentes cuyos recursos de cómputo, de redes y de almacenamiento pueden estar distribuidos en varios nodos de un cluster (Fig. 1).

Así, un DVOS que se ejecuta dentro de un DC puede abarcar más de un nodo (agregación) y los componentes, servicios y procesos de diferentes DCs pueden compartir un mismo nodo (consolidación).

Cada VOS le da formato a un dispositivo de bloques con su propio sistema de archivos (*filesystem*). Existen varios beneficios en mapear dispositivos virtuales a archivos regulares:

1. Se puede utilizar en forma más eficiente el espacio de almacenamiento dado que los archivos regulares generalmente solicitan la asignación de bloque en forma dinámica.
2. Resulta más sencillo tomar una instantánea (snapshot) y realizar una migración de un VOS o uno de sus procesos que utiliza archivos frente a otro que utiliza un dispositivo de bloques directamente.
3. Existe una amplia gama de herramientas basadas en archivos que facilitan la gestión del almacenamiento.

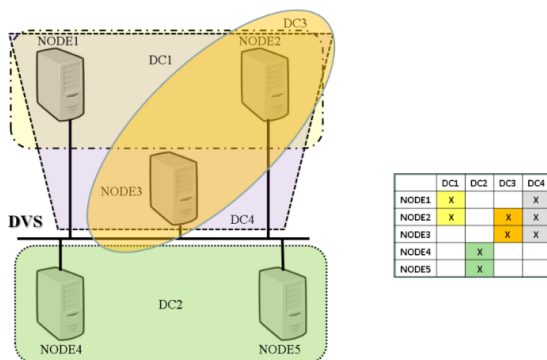


Figura 1. Topología de un DVS.

En este artículo se presentan detalles de diseño e implementación de un Servidor de Sistema de Archivos FAT para un DVOS de un DVS. En trabajos previos, se desarrolló un prototipo de Sistema de Archivos para usar en Virtualización basado en Minix llamado MoL-FS [9]. En este caso, se recurrió a una biblioteca denominada FatFs [10] para integrar a este servidor preexistente el soporte de sistemas de archivos FAT.

La organización del resto del artículo es la siguiente: en la Sección 2, se realiza una breve descripción de los trabajos relacionados que conforman el sustento tecnológico del presente trabajo. En la Sección 3, se describe el diseño e implementación del Servidor de Archivos. En la Sección 4 se presentan diferentes escenarios que se conformaron para realizar la evaluación de rendimiento del prototipo desarrollado. Finalmente, en la Sección 5 se resumen los aportes del presente trabajo en sus conclusiones y su potencialidad para desarrollar trabajos de investigación futuros.

2. Trabajos Relacionados

Existe una amplia variedad de implementaciones de sistemas de archivo preparados para trabajar en entornos

virtualizados. Entre las más populares se encuentra NFS [11] que proporciona acceso local o remoto en forma transparente a sistemas de archivo. De esta manera, los clientes pueden compartir el mismo host que el servidor, o bien, el cliente y el servidor pueden estar en diferentes hosts unidos por una red IP. NFS fue diseñado para ser portable a diferentes OSs y arquitecturas de hardware.

En NFS, tanto el cliente como el servidor han sido integrados en el kernel de Linux como módulos (LKM: Loadable Kernel Modules) pero, están disponibles servidores en espacio de usuario desde NFSv3 como por ejemplo UNFS [12]. De igual manera, existe una implementación en modo usuario de un cliente NFS llamada HSFS [13] que se basa en una característica de Linux denominada FUSE [14].

Otro sistema de archivo apto para entornos virtualizados es Ventana [15], que maneja abstracciones llamadas ramas (*branches*) y vistas (*views*). Donde una rama es una versión particular de la jerarquía de un archivo que puede ser privada o compartida. Ventana otorga al usuario la habilidad de ver todas las versiones históricas de un archivo particular.

RadFS [16] es un prototipo de sistema de archivo virtual que ahorra espacio en disco mediante la compartición de datos usando el enfoque copy-on-write (COW). Proporciona almacenamiento para Máquinas Virtuales (VMs) de una manera rápida y sencilla. También soporta instantáneas (*snapshots*) y la habilidad de incluir un sistema de archivos virtual en otro en forma recursiva. RadFS está basado en EXT3 y FUSE los cuales ofrecen una abstracción a nivel VFS (*Virtual FileSystem*) del kernel de Linux. RadFS fue construido específicamente pensando en tecnologías de virtualización.

VirtFS [17] también fue propuesto como un sistema de archivos apto para virtualización. Es una interfaz de sistema de archivo paravirtualizada para el entorno KVM de Linux. Fue utilizada como solución para compartir archivos de hosts a través de sistemas de archivos genéricos de red tales como NFS o CIFS, pero optimizada para virtualización. VirtFS utiliza un modelo cliente-servidor que aprovecha la ventaja del framework *virtio* de Linux.

2.1. Minix y Minix over Linux (MoL)

La elección para la primera implementación de un VOS que se ejecutara en el DVS, fue una adaptación del OS Minix, denominada Minix over Linux (MoL) [3] ejecutando en espacio de usuario.

En la primera versión de MoL, se utilizaron los mecanismos de IPC presentes en Linux usando abstracciones de comunicación internas, tales como mensajes POSIX, Queues, Named Pipes, Unix Sockets así como también, los sockets de protocolos de red

UDP/TCP, RPC, MPI, etc. Todos ellos, con un rendimiento muy por debajo de lo esperado. Luego de varias pruebas con diferentes mecanismos de comunicaciones con resultados no satisfactorios, los autores decidieron desarrollar un mecanismo IPC embebido en el kernel de Linux basado en el IPC de Minix al que denominaron M3-IPC (Minix 3 Interprocess Communications) [18].

Minix [19] es un OS completo, de propósito general, multitarea, multiservidor, basado en microkernel y compatible con POSIX desarrollado desde cero por Andrew S. Tanenbaum. Ha sido ampliamente utilizado en universidades para casos de estudio e investigaciones basado en una arquitectura de tipo Cliente/Servidor donde cada proceso se ejecuta en un entorno aislado y se comunica con otros procesos mediante la transferencia de mensajes (IPC) (Fig. 2).

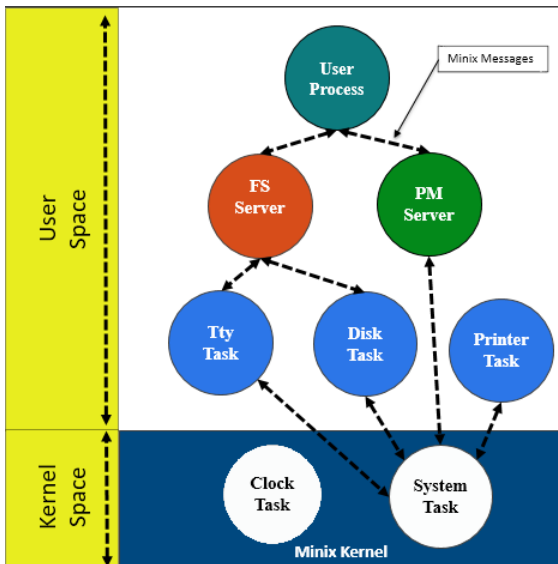


Figura 2. Arquitectura de Minix.

Las aplicaciones de usuario hacen llamadas al Sistema utilizando transferencia de mensajes, empaquetando los argumentos de la función y los resultados de la ejecución al igual que ocurre en una llamada RPC.

Los dos servidores que atienden solicitudes de programas en espacio de usuario, usando llamadas al sistema POSIX, son el Administrador de Procesos (PM) y el Servidor de Sistema de Archivos (FS). A su vez, el FS y el PM también realizan peticiones a las tareas que controlan los dispositivos mediante IPC.

En este contexto, MoL podría considerarse como un conjunto compuesto de procesos servidores ejecutando enteramente en espacio de usuario como procesos Linux, logrando así un Minix virtual.

Para la primera versión de MoL, el servidor de sistema de archivos estaba basado en Minix y se llama MoL-FS [9]. MoL-FS puede utilizar como dispositivo de bloques tanto un archivo de imagen Linux o una tarea controladora de disco virtual llamado MoL-VDD. Ésta, al igual que MoL-FS, ejecuta en espacio de usuario utilizando M3-IPC como mecanismo de comunicación. A fin de que los comandos típicos de Linux (*cat*, *grep*, *more*, etc.) pudiesen acceder a los archivos de MoL-FS se desarrolló en su oportunidad un driver FUSE que permite montar el MoL-FS como un sistema de archivos Linux.

En éste trabajo se presenta un nuevo prototipo de servidor de sistema de archivos llamado MoL-FAT, retomando la idea de MoL-FS pero extendiéndolo al soporte de sistemas de archivos FAT mediante el uso de la biblioteca FatFs, siempre manteniendo la característica de ejecutar en modo de usuario y accedido mediante M3-IPC.

2.2. M3-IPC

Para desarrollar tecnologías de virtualización que puedan extender los límites más allá de un único host (ya sea para mejora de performance o mayor disponibilidad) se requiere de herramientas de comunicación adecuadas.

M3-IPC fue diseñado para permitir una comunicación en forma transparente entre procesos que se encuentran localizados en diferentes nodos de un cluster. Su semántica imita la del IPC de Minix pero implementada como un co-kernel en Linux.

Las APIs de M3-IPC, son de tipo cliente/servidor, sincrónicas, potentes y sencillas de usar. Las mismas se podrían clasificar en:

- *APIs de Comunicación:* Son aquellas relacionadas con la transferencia de mensajes. Éstas no incluyen ninguna referencia al DC ni al nodo donde se encuentra el proceso. Las únicas referencias de direccionamiento son los denominados *endpoints* que identifican a cada proceso dentro de un DC. M3-IPC soporta las comunicaciones con procesos aún después de haber migrado de nodo. De igual forma soporta el mantenimiento de las comunicaciones de los procesos clientes con procesos de tipo Primario que han sido reemplazados por otros que previamente eran de tipo Backup.
- *APIs de Administración:* Son las relativas a los DVS, DCs, proxies, nodos, y administración de procesos, permitiendo a los programadores especificar la topología de sus aplicaciones.

Para la transferencia de mensajes entre los distintos nodos de un cluster, M3-IPC utiliza procesos proxies, generalmente implementados en modo usuario. M3-IPC fue desarrollado para lograr una alta performance para

procesos en el mismo o en diferentes nodos pero fundamentalmente como mecanismo de IPC de un DVS.

2.3. MoL-FAT

En la sección Introducción se mencionó que sobre un DVS pueden ejecutarse varios DVOS en los cuales, los procesos de usuario, servidores y tareas pueden localizarse en diferentes nodos en un cluster. Esta característica habilita distintos escenarios de configuración de procesos clientes, servidores como Sistemas de Archivo (FS) y Gestores de Disco. Estos pueden ejecutar compartiendo el mismo nodo, o bien, pueden hacerlo en nodos diferentes o incluso la configuración podría variar dinámicamente si se dispone de las herramientas para la migración de procesos.

Esta característica es muy valorada, ya que brindan gran flexibilidad, mayor disponibilidad y escalabilidad de servicios, logrando un aprovechamiento más eficiente de los recursos de almacenamiento, de red y de cómputo.

En el prototipo del DVS actual existen dos tipos de VOS. Un VOS de tipo Unikernel [20] y un DVOS denominado en MoL[3]. Un último rasgo significativo es que MoL hace fácilmente posible utilizar bibliotecas de código abierto de fácil acoplamiento al código preexistente. Por esta razón, es posible que MoL pueda soportar diferentes sistemas de archivo como FAT, EXT2 y otros.

En este trabajo, la biblioteca elegida para crear el prototipo MoL-FAT fue FatFs [10]. Si bien MoL-FAT fue diseñado como un servidor para ser utilizado como componente de MoL, complementariamente se desarrolló una adaptación FUSE para permitir que aplicaciones comunes de Linux accedan a MoL-FAT en forma local o remota al sistema de archivos en forma transparente.

2.4. Biblioteca FatFs

FatFs es una biblioteca de sistema de archivos FAT/exFAT genérico para pequeños sistemas. Está escrito en ANSI C (C89) y cuenta con una capa de E/S completamente separada del disco. Esto lo hace independiente de la plataforma.

Por sus características, simplicidad y tamaño, puede incorporarse a microcontroladores con recursos limitados. También cuenta con una versión llamada *Petit FatFs* para pequeños microcontroladores. Algunas de sus características son:

- Sistema de archivos FAT/exFAT compatible con DOS, Windows y Linux.
- Independiente de la plataforma. Fácilmente portable
- Varias opciones de configuración como, por ejemplo, nombres largos de archivos, sistema exFAT, tamaño de sector variable, múltiples volúmenes, etc.

Como toda biblioteca, FatFs cuenta con una interfaz (API) que está estructurada en los siguientes grupos de funciones:

- Acceso a archivos: *f_open()*, *f_close()*, *f_read()*, *f_write()*, etc.
- Acceso a directorios: *f_opendir()*, *f_closedir()*, *f_readdir()*, etc.
- Administración de archivos y directorios: *f_stat()*, *f_rename()*, *f_mkdir()*, *f_chdir()*, etc.
- Administración de volúmenes y configuración del sistema: *f_mount()*, *f_mkfs()*, *f_fdisk()*, etc.

2.5. FUSE

El Sistema de Archivos en Espacio de Usuario (Filesystem in User-Space: FUSE) [12] es un mecanismo del que disponen algunos OSs que habilita a usuarios sin privilegios, crear sus propios sistemas de archivos sin modificar el código del kernel. Esto se logra ejecutando el código del sistema de archivos en espacio de usuario, mientras el módulo FUSE hace de "puente" con las interfaces del kernel (Ver Fig. 3). Esto lo vuelve especialmente útil al momento de crear sistemas de archivos virtuales y prototipos.

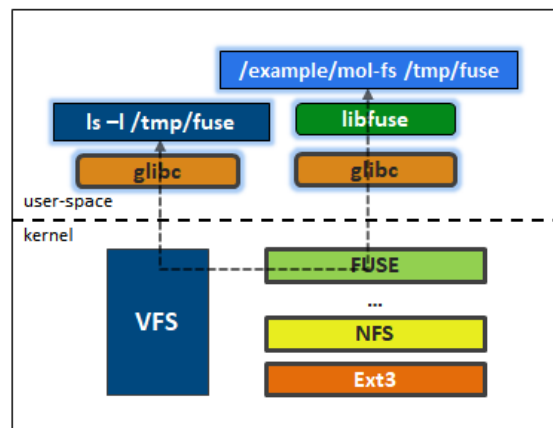


Figura 3. Camino de FUSE (obtenido de [21]).

FUSE está compuesto por un módulo de kernel y una biblioteca que se utiliza por una aplicación que gestiona el sistema de archivos ejecutando en espacio de usuario para invocar y ser invocado por el módulo.

A su vez, FUSE permite al usuario montar el sistema de archivos para que luego los accesos a éste sean enviados a través del módulo de kernel hacia la función *callback* correspondiente (*open*, *read*, *write*, etc.) implementada en modo usuario.

Se desarrolló la adaptación a FUSE de MoL-FAT para habilitar su utilización en forma transparente desde aplicaciones típicas de Linux a los efectos de comprobar su rendimiento y para demostrar su versatilidad.

3. Características de MoL-FAT

MoL-FAT es el resultado de combinar diferentes tecnologías existentes para conformar un servidor de archivos de un DVOS de un DVS. El servicio de sistema de archivos debe ser versátil y transparente en lo que refiere a mecanismos de comunicación con los procesos clientes y con el resto de servidores y tareas que componen un DVOS.

3.1. El Protocolo MoL-FAT

Las aplicaciones basadas en MoL, hacen sus llamadas al sistema tal como si realizaran una Llamada a Procedimiento Remoto (RPC), enviando peticiones al servidor mediante transferencia de mensajes. Para el caso de llamadas al sistema relacionadas con el sistema de archivos, el servidor MoL-FAT resuelve dichas peticiones y devuelve la respuesta a los clientes también en un mensaje.

La conversión de una llamada al sistema a un par de transferencias de mensajes (*request-reply*) es realizada por la biblioteca MoL que empaqueta los argumentos de la llamada al sistema en el contenido de diferentes campos del mensaje de petición (*parameter marshalling*). De forma similar, los resultados de la llamada al sistema se retornan en diferentes campos del mensaje de respuesta y se devuelven a la aplicación como valor de retorno de la función invocada, en la variable *errno* y/o en variables pasadas como argumentos por referencia. Los mensajes del protocolo MoL, tienen una longitud de 36 bytes y están disponibles en varios formatos que combinan números enteros, punteros y caracteres.

En la Fig. 4, se presenta un pseudo-código de la llamada al sistema *mol_read()* y *molsyscall()* para ilustrar cómo funciona el protocolo.

En este ejemplo, la función *molsyscall()* es la encargada de enviar el mensaje con la operación requerida y sus parámetros, como así también de retornar los resultados. *mol_read()* por su parte empaqueta los argumentos de la función dentro del mensaje.

La aplicación de usuario (cliente) utiliza *mol_read()* con los parámetros especificados: un descriptor de archivo (*fd*), un puntero a un buffer donde se almacenarán los datos leídos (*buffer*), y la cantidad de bytes a leer (*bytes*). Esta función invoca a *molsyscall()*, que además de empaquetar los campos ya nombrados, completa con el tipo de mensaje de la operación requerida en el campo *m_type*, que en este caso corresponde al código MOLREAD. Luego, se realiza la transferencia de mensajes *mnx_sendrec()* de M3-IPC con el *endpoint* (FS_PROC_NR) del destinatario MoL-FAT, para luego quedar bloqueado el proceso a la espera del mensaje de respuesta.

MoL-FAT, que se encontraba bloqueado a la espera de peticiones en la función *mnx_receive()* de M3-IPC, ahora es desbloqueado y puede comenzar con el tratamiento del requerimiento.

El pseudo-código de la Fig. 5 muestra que para realizar la copia de datos desde MoL-FAT (origen) hacia el espacio de direcciones del cliente (destino) se utiliza *mnx_vcopy()* de M3-IPC.

```
ssize_t mol_read(int fd, void *buffer, mnx_size_t nbytes)
{
    int rcode;
    message m __attribute__((aligned(0x1000)));

    m.m1_i1 = fd;
    m.m1_i2 = nbytes;
    m.m1_p1 = (char *) buffer;
    rcode = molsyscall(FS_PROC_NR, MOLREAD, &m);
    return(rcode);
}

int molsyscall(int who, int syscallnr, message *msgptr)
{
    int status;
    /* send the request to the server and wait for the reply*/
    msgptr->m_type = syscallnr;
    status = mnx_sendrec(who, msgptr);
    if (status != 0) {
        msgptr->m_type = status;
    }
    if (msgptr->m_type < 0) {
        /* request has failed fill errno */
        errno = -msgptr->m_type;
        return (-1);
    }
    return (msgptr->m_type);
}
```

Figura 4. pseudo-código de *mol_read()* y *molsyscall()*

En este ejemplo se utiliza una archivos de imagen de disco como dispositivo de bloque y la función utilizada para leer los datos es *f_read()* de la biblioteca FatFs para leer datos desde un dispositivo con formato FAT.

MoL-FAT no solo puede utilizar archivos de imágenes de disco como dispositivos de bloques, sino también MoL-VDD que es una tarea que gestiona dispositivos de bloques y que se comunica con M3-IPC. MoL-VDD puede configurarse con soporte de replicación para tolerar fallos.

La utilización de los servicios de MoL-VDD replicados, mejora la indirectamente la disponibilidad del sistema de archivos, y dado que M3-IPC soporta replicación en forma transparente, no se requiere de ninguna configuración particular en MoL-FAT, facilitando así su gestión.

Son varias las ventajas de utilizar almacenamiento basado en archivos de imágenes de disco, tales como: usar archivos regulares de Linux en un disco rígido, en

discos RAM, en un dispositivo USB, en un SSD, un archivo remoto accedido por NFS, etc. La desventaja obvia de este tipo de enfoque, es que la gran cantidad de capas intermedias de software, están relacionadas directamente con el rendimiento.

3.2. FUSE para MoL-FAT

Para acceder a los servicios de MoL-FAT se requiere que la aplicación cliente se registre ante el M3-IPC para que se le otorgue un *endpoint* para identificarla. Esto limita la posibilidad de su utilización a aplicaciones y desarrollos específicos que utilizan M3-IPC.

```

//***** CLIENT *****
client{
  char clt_buff[BUFSIZE];
  int bytes;
  ...
  bytes = mol_read(fd, clt_buff, BUFSIZE);
  if( rcode < 0) exit(EXIT_FAILURE);
  // Here, the buffer has data copied by the server
}

//***** SERVER *****
int clt_ep; /*client endpoint */
int fatFs_fd;
int rcode, len, bytes;
char svr_buff[SSIZE_MAX];
message msg_in, msg_out;

while(true) {
  // blocks until receive a client request
  rcode = mnx_receive(ANY, &msg_in);
  if( rcode < 0) exit(EXIT_FAILURE);
  client_ep = msg_in.oper;
  switch(msg_in.oper) {
    case MOL_READ:
      len = (msg_in.len < SSIZE_MAX)?
        msg_in.len : SSIZE_MAX;
      /* FatFS Read a chunk of source file */
      fr = f_read(fatFs_fd, svr_buff, len, &bytes);
      if(bytes < 0) error_reply(bytes);
      // copies Server's buffer to Client's buffer
      mnx_vcopy(SELF, /* MoL-FAT endpoint */
        svr_buff /* local buffer address */
        clt_ep; /* client endpoint */
        msg_in.addr; /* client address */
        bytes); /* bytes to copy*/

      msg_out.rcode = OK;
      msg_out.bytes = bytes;
      //Send reply to the client
      mnx_send(clt_ep, &msg_out);
      break;
    case MOL_WRITE:
      ...
      break;
    default:
      msg_out.rcode = ERROR_CODE;
  }
}

```

```

}
    mnx_send(clt_ep, &msg_out);
}

```

Figura 5. Cliente y Servidor para *mol_read()*.

Para que las aplicaciones Linux genéricas puedan acceder a MoL-FAT, se desarrolló un controlador FUSE específico que permite la utilización de una enorme gama de herramientas para realizar las pruebas y benchmarks. En este caso es el controlador FUSE es el que utiliza M3-IPC y funciona como un proxy hacia MoL-FAT.

FUSE utiliza varios hilos de ejecución para realizar sus tareas concurrentemente. Aunque M3-IPC está preparado para trabajar con hilos de ejecución, la biblioteca de FUSE crea los hilos en forma automática y los mismos no pueden enlazarse individualmente al kernel de M3-IPC (sin alterar la biblioteca estándar), y solo lo hace el hilo principal.

Consecuentemente, todos los hilos del driver FUSE comparten el mismo *endpoint* M3-IPC del hilo principal. Esto puede llevar a condiciones de competencia al momento de utilizar M3-IPC. Para evitarlo se utilizan *mutexes pthreads* de Linux como mecanismo de exclusión mutua de tal forma de realizar un acceso no concurrente al kernel de M3-IPC (Fig. 6). Esto afecta de manera adversa el rendimiento puesto que las operaciones sobre *mutexes* implican cambios de contexto y de modo adicionales. A esto, hay que agregar el limitado desempeño que tienen los hilos en Linux y el impacto en rendimiento propio de la utilización de FUSE [22].

```

//***** SERIALIZACION *****
pthread_mutex_lock(&m3_IPC);
/* Here, the M3-IPC function call */
pthread_mutex_unlock(&m3_IPC);

```

Figura 6. Acceso serializado a M3-IPC con mutexes.

El controlador FUSE convierte en forma transparente cualquier llamada al sistema de tipo POSIX (por ejemplo *read()*) en una llamada al sistema MoL-FAT (por ejemplo *mol_read()*). De esta forma, es posible acceder al sistema de archivos MoL-FAT desde cualquier aplicación típica de Linux sin realizar modificación alguna.

4. EVALUACION

Al igual que su predecesor MoL-FS[9], MoL-FAT utiliza M3-IPC como mecanismo de comunicación. Esto habilita a otros procesos a solicitar sus servicios sea que comparta el mismo nodo o se encuentre en un nodo diferente del mismo cluster. Esta característica permite conformar diferentes escenarios de operación.

Para realizar los benchmarks y micro-benchmarks sobre el prototipo las configuraciones se agruparon de la siguiente manera:

- Con FUSE: El acceso al sistema de archivos para realizar pruebas utilizando el comando *cp* de Linux se hace a través del controlador FUSE. (Fig. 7)
- Con M3Copy: Un programa cliente que utiliza M3-IPC especialmente desarrollado para realizar copias entre archivos en MoL-FAT y archivos regulares en Linux (Fig. 8).

Los escenarios con FUSE quedan organizados con las siguientes combinaciones:

- A1: El cliente, el controlador FUSE y MoL-FAT se ejecutan en el mismo nodo (Node 0). MoL-FAT usa directamente un archivo regular Linux como imagen de disco.
- A2: El cliente, el controlador FUSE, MoL-FAT y MoL-VDD se ejecutan en el mismo nodo (Node 0). MoL-VDD usa un archivo regular Linux como imagen de disco.
- B: El cliente, el controlador FUSE y MoL-FAT se ejecutan en el mismo nodo (Node 0). MoL-VDD se ejecuta en otro nodo (Node 1) y usa un archivo regular Linux como imagen de disco.

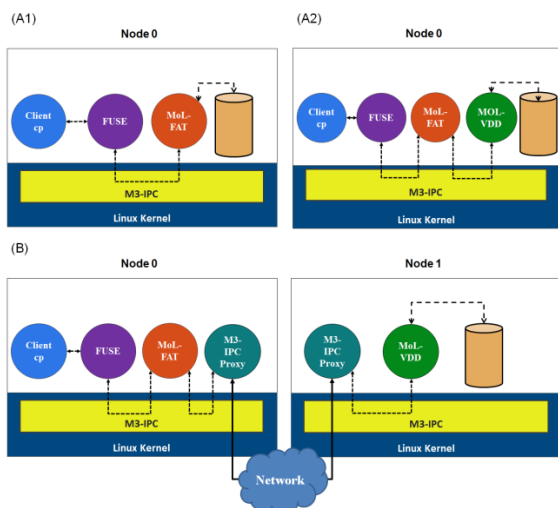


Figura 7. Escenarios de pruebas con FUSE.

Los escenarios con M3copy quedan organizados con las siguientes combinaciones (Fig. 8):

- C1: El cliente M3Copy y MoL-FAT se ejecutan en el mismo nodo. MoL-FAT usa directamente un archivo regular Linux como imagen de disco.
- C2: El cliente M3Copy, MoL-FAT y MoL-VDD se ejecutan en el mismo nodo (Node 0). MoL-VDD usa un archivo regular Linux como imagen de disco.

- D: El cliente M3Copy y MoL-FAT se ejecutan en el mismo nodo (Node 0). MoL-VDD se ejecuta en otro nodo (Node 1) y usa un archivo regular Linux como imagen de disco.

Con estos escenarios se pueden verificar los objetivos de diseño de MoL-FAT:

- Debe soportar archivos de imágenes de disco, tanto locales como remotas.
- La comunicación entre los clientes y MoL-FAT debe ser a través de mensajes M3-IPC.
- Los procesos sin soporte M3-IPC pueden usar el servidor MoL-FAT a través de FUSE, como el comando *copy* de Linux.

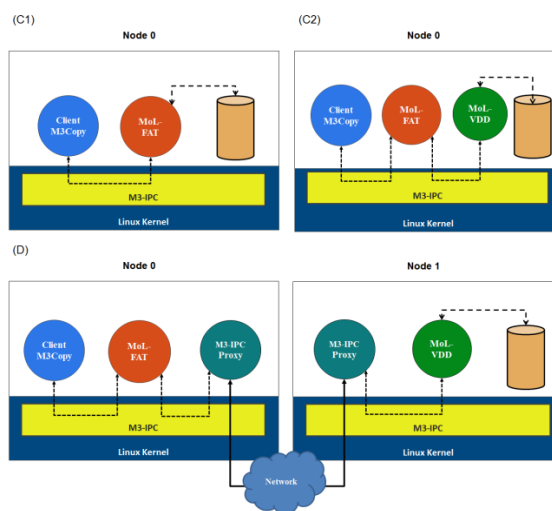


Figura 8. Escenarios de pruebas con M3Copy.

Para la ejecución de las pruebas se utilizó un cluster de PCs con CPU Intel(R) Core(TM) i7-4790 CPU @ 3.60GHz, de 8 núcleos y 8GB de RAM unidos por un switch de 1Gbps por puerto. Las pruebas se realizaron utilizando una versión personalizada de Debian Linux (kernel 2.6.32) en un Live-DVD utilizando discos RAM para el almacenamiento de archivos regulares y de imágenes a los efectos de eliminar la latencia impuesta por los discos rígidos.

En la Fig. 9 se presentan los resultados de los benchmarks de rendimiento de transferencias de archivos (lecturas) con cliente y servidor compartiendo el mismo Nodo (escenarios A1 y A2).

Los mejores resultados, como era de esperarse los tienen las copias realizadas utilizando M3Copy. Se aprecia también el impacto negativo que tiene en el rendimiento la utilización del controlador FUSE. Es de destacar el pobre rendimiento (2 Mbytes/s) que tienen HSFS (cliente NFS) y UNFS (servidor NFS que también utiliza FUSE) que ejecutan modo usuario.

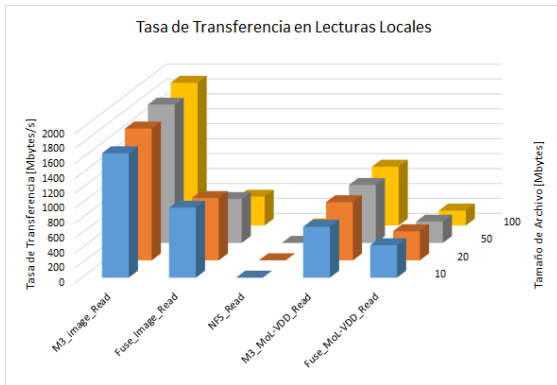


Figura 9. Tasa de Transferencias en Lecturas Locales.

En la Fig. 10 se presentan los resultados para los mismos escenarios, pero ahora para escrituras. HSF5 y UNFS no soportan escritura.

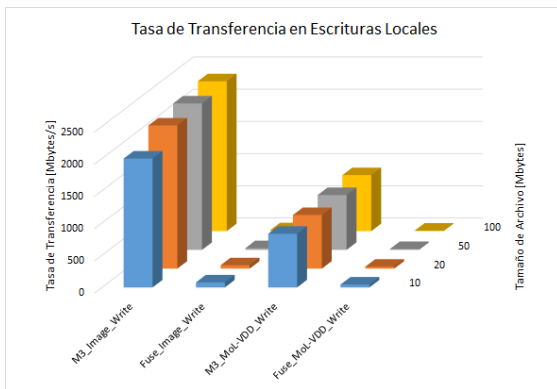


Figura 10. Tasa de Transferencia en Escrituras Locales.

En las escrituras, el impacto que le impone el controlador FUSE es mucho mayor, tal como se anticipa en [22].

Además de las pruebas de desempeño en los que los programas clientes, el servidor de archivos y el servidor de disco comparten el mismo nodo, se desarrollaron micro-benchmarks para evaluar el desempeño de MoL-FAT cuando se utiliza un servidor de disco (MoL-VDD) en otro nodo (Fig. 11).

Las pruebas realizadas utilizando el programa cliente *m3copy*, muestran un desempeño regular independiente del tamaño de archivo y de si la operación es lectura o escritura. En tanto que cuando se utiliza el controlador FUSE, el rendimiento decrece a medida que aumenta el tamaño de archivo. No se ha realizado un análisis más profundo acerca de este comportamiento, pero las sospechas recaen en los buffers cache de FUSE (librerías) y no del controlador propiamente dicho que es

muy sencillo. También existen notables diferencias de rendimiento entre las lecturas y las escrituras, lo que es consistente con las pruebas de transferencias locales.

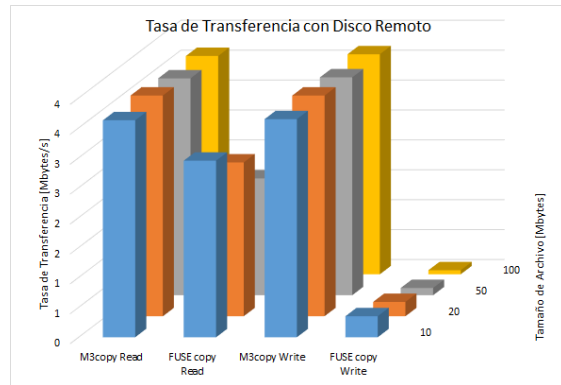


Figura 11. Tasa de Transferencia con Disco Remoto.

Finalmente, se realizaron pruebas con el cliente ejecutando en un nodo y el MoL-FAT en otro nodo, es decir equivalente a un sistema de NFS Cliente y NFS Servidor en nodos diferentes (Fig. 12).

Se puede apreciar que el rendimiento del cliente *m3copy* es prácticamente idéntico al rendimiento del NFS en modo usuario. No existen diferencias apreciables en la tasa de transferencia entre las lecturas y las escrituras de datos. El rendimiento decrece apreciablemente si se utiliza FUSE en el cliente, y lo hace en forma realmente significativa si se trata de escrituras (apenas 563 KBytes/s en promedio), comportamiento consistente con otras pruebas realizadas.

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha propuesto una nueva tecnología de virtualización denominada DVS para ser utilizada en el modelo de IaaS de Computación en la Nube. Un DVS puede gestionar múltiples DCs en los que se ejecutan VOSs y sus aplicaciones desplegadas en múltiples nodos de un cluster.

MoL-FAT es un sistema de archivos de espacio de usuario diseñado como un componente de un VOS denominado MoL. MoL-FAT puede utilizar archivos proporcionados por el OS subyacente como archivo de imagen de disco tal como si éstos fuesen dispositivos de bloques. También se puede utilizar un dispositivo de disco remoto virtual a través de la tarea de disco MoL-VDD.

Si bien el MoL-FAT se desarrolló en el marco del proyecto de DVS, puede ser utilizado por cualquier

proceso ordinario de Linux mediante la instalación de un controlador FUSE.

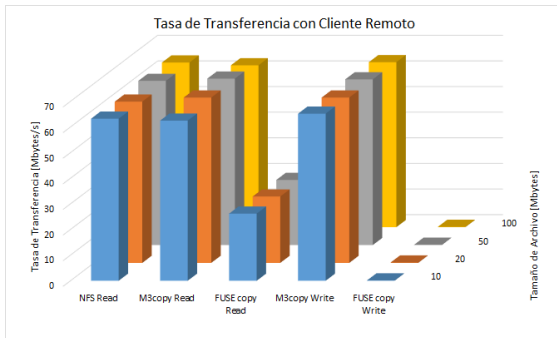


Figura 12. Tasa de Transferencia con Cliente Remoto.

Entre los trabajos futuros planeados como continuidad de este proyecto se puede mencionar:

- Incorporar el soporte de otros tipos de sistema de archivos tales como Ext2/3/4.
- Mejorar la disponibilidad utilizando un esquema de replicación de tipo Primario/Backup [23]
- Mejora de la escalabilidad del sistema de archivos habilitando múltiples servidores distribuidos.
- Incorporar el soporte de dispositivos de bloque remotos de tipo NBD [24].

Como MoL-FAT utiliza M3-IPC, el acceso a sus servicios puede realizarse en forma local o remota respecto a la ubicación de la aplicación cliente que la utiliza. Como se ejecuta en espacio de usuario, es más adecuado para la migración y la replicación. Estas son características básicas requeridas para brindar servicios en la nube escalables y de alta disponibilidad.

Referencias

- [1] D. Hall, D. Scherrer, J. Sventek, "A Virtual Operating System", Journal Communication of the ACM, 1980.
- [2] J. Dike, "A user-mode port of the Linux kernel", USENIX Association. Proceedings of the 4th Annual Linux Showcase & Conference, Atlanta Oct 10 -14, 2000.
- [3] P. Pessolani, O. Jara, "Minix over Linux: A User-Space Multiserver Operating System", in Proc. Brazilian Symposium on Computing System Engineering, Florianopolis, 2011.
- [4] Soltesz, S., P. Ötzl, H., Fiuczynski, M. E., Bavier, A. C., And Peterson, L. L. "Container-based operating system virtualization: a scalable, high-performance alternative to hypervisors". In EuroSys (2007).
- [5] OpenVZ. <http://en.wikipedia.org/wiki/OpenVZ>.
- [6] Osman, S., Subhraveti, D., Su, G., And Nieh, J. "The design and implementation of Zap: A system for migrating computing environments". In OSDI (2002).
- [7] LXC/LXD. <https://linuxcontainers.org/lxd/>
- [8] P. Pessolani, P., T. Cortes, S. Gonnet, F. Tinetti, "Un sistema de virtualización distribuida", Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017), La Plata, 2017.
- [9] D. Padula, M. Alemandi, P. Pessolani, S. Gonnet, T. Cortes, F. Tinetti, "A User-space Virtualization-aware Filesystem", 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información (CoNaiISI 2015), Buenos Aires, 2015.
- [10] FatFS. http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html
- [11] NFS. <https://tools.ietf.org/html/rfc1813>
- [12] User-space NFSv3 Server, <http://unfs3.sourceforge.net/>
- [13] HSFS. <https://github.com/openunix/hsfs>.
- [14] FUSE. <https://github.com/libfuse/libfuse>.
- [15] Ben Pfaff, Tal Garfinkel, Mendel Rosenblum, "Virtualization aware file systems: Getting beyond the limitations of virtual disks", In 3rd Symposium of Networked Systems Design and Implementation (NSDI),2006.
- [16] Anoop Karollil, "RadFS- Virtualizing Filesystems", Master thesis The University Of British Columbia, 2008.
- [17] V. Jujuri, E. Van Hensbergen, A. Liguori, and B. Pulavarty, "VirtFS - A Virtualization Aware File System Pass-through", In Proceedings of the 2010 Linux Symposium, 109-120, 2010.
- [18] Pablo Pessolani, Tony Cortes, Fernando G. Tinetti, Silvio Gonnet; "An IPC Software Layer for Building a Distributed Virtualization System"; CACIC 2017 - Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, La Plata, Argentina, 2017.
- [19] Tanenbaum A., Woodhull A., "Operating Systems Design and Implementation, Third Edition", Prentice-Hall, 2006.
- [20] A. Madhavapeddy, D. Scott, "Unikernels: The rise of the virtual library operating systems", Communications of the ACM (CACM) 57, 1(Jan. 2014), 61-69.
- [21] <https://engineering.facile.it/blog/eng/write-file-system-fuse/>
- [22] B. Kumar, R. Vangoor, V. Tarasov, E. Zadok, "To FUSE or not to FUSE: performance of user-space file systems", in Proceedings of the 15th Usenix Conference on File and Storage Technologies (FAST'17), 2017.
- [23] Navin Budhiraja, Keith Marzullo, Fred B. Schneider, and Sam Toueg. "The primary-backup approach". In Distributed systems (2nd Ed.), Sape Mullender (Ed.). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 1993.
- [24] NBD. <http://nbd.sourceforge.net>.

Modelo Descentralizado de Comunicación Autónoma para Dominios de Internet de las Cosas

Sergio Ariel Salinas^{1,2,3}, Nicolás Cianci^{1,4}, Pablo Daniel Godoy^{2,3}

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNCuyo

²Facultad de Ingeniería, UNCuyo

³ITIC, Instituto universitario para las Tecnologías y las Comunicaciones, UNCuyo

⁴CONICET.

Mendoza, Argentina

ssalinas@uncu.edu.ar, nicocian@gmail.com, pablodgodoy@gmail.com

Abstract—Internet de las cosas (IoT) es un paradigma que mediante la comunicación de dispositivos heterogéneos optimiza el desarrollo de distintas actividades humanas. Estas actividades pertenecen a distintos dominios de aplicación que utilizan Internet para su funcionamiento. En este sentido, IoT genera una mayor dependencia de las actividades humanas del servicio de comunicación y un incremento del tráfico de datos en Internet. El presente trabajo presenta un modelo descentralizado de comunicación autónoma que utiliza dispositivos de IoT para proveer un servicio de intercambio de mensajes independiente de Internet. De esta manera, se busca mantener una infraestructura de comunicación operativa incluso en escenarios de catástrofe, además de mitigar el tráfico de datos generado por IoT.

I. Introducción

Internet se ha convertido en una infraestructura de comunicación fundamental para el funcionamiento de distintas actividades humanas. Este complejo sistema de comunicación duplica su tamaño cada cinco años incorporando una variedad cada vez más amplia de dispositivos.

En los últimos años, comenzó a utilizarse el término Internet de las Cosas (IoT) para referirse a una infraestructura de comunicación construida a partir de Internet para comunicar un número sin precedentes de dispositivos geográficamente dispersos. IoT comprende diversas actividades humanas agrupadas en tres amplios dominios de aplicación: industria, ciudades inteligentes y bienestar social [1].

En el dominio de la industria, las tecnologías actuales permiten implementar IoT en diversas áreas tales como logística, manufactura, control de procesos, servicios a clientes, interacción bancaria, financiera y controles gubernamentales entre otras.

A su vez, las ciudades inteligentes facilitan el desarrollo ambiental sustentable realizando un uso eficiente de los recursos, monitoreando el ambiente y cuidado de espacios públicos. Además, permite mejorar la calidad de vida ciudadana mediante aplicaciones inteligentes relacionadas con el transporte público, circulación vehicular, recreación, uso de espacios públicos, turismo y medio ambiente.

Por último, el dominio de bienestar social es promovido por el desarrollo de servicios inteligentes en dos áreas importantes: salud y calidad de vida. Distintas aplicaciones de IoT permiten observar, controlar y asistir en forma remota a personas con dificultades de salud. También es posible mejorar la calidad de vida de personas de edad avanzada mediante espacios inteligentes que respondan sus necesidades y limitaciones.

IoT requiere de una infraestructura de comunicación global para conectar dispositivos geográficamente dispersos de manera eficiente. Se estima que para el año 2025 existirán 7 billones de dispositivos heterogéneos comunicados a través de Internet [2]. Este número continuará creciendo con la incorporación de nuevos servicios y dispositivos. En el tiempo las actividades humanas formarán parte de algún dominio de IoT [3], [4] y su correcto funcionamiento dependerá cada vez más de la disponibilidad del servicio de Internet [5]. Las fallas en este servicio de comunicación tendrán un impacto económico y social significativo.

La hipótesis del presente trabajo es la siguiente: “es posible definir un modelo de comunicación descentralizado y georeferenciado utilizando dispositivos existentes en un dominio de IoT para crear áreas autónomas que permitan el intercambio de mensajes de manera independiente del servicio de Internet”. Un área autónoma permitiría proveer servicio de comunicación en casos en que Internet no funcione por distintas circunstancias, como por ejemplo, una situación de catástrofe.

Las contribuciones del presente trabajo son, por un lado, la definición de un modelo de comunicación autónomo que puede implementarse en dominios de IoT como por ejemplo ciudades inteligentes y por otra parte, la evaluación mediante un proceso de simulación del número de nodos requeridos en una zona geográfica para crear un área de comunicación autónoma.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma, en la sección II se presentan trabajos relacionados con protocolos de comunicación. La sección III presenta el modelo propuesto mientras que la sección IV muestra los resultados de un proceso de simulación para evaluar

el número de nodos requeridos para crear un área de comunicación autónoma. Finalmente, la sección V presenta las conclusiones del trabajo.

II. Trabajos relacionados

Internet de las Cosas requiere de una infraestructura de comunicación global para conectar dispositivos geográficamente dispersos de manera eficiente [4]. Actualmente, se está trabajando en mejorar la escalabilidad, integración, interoperatividad y estandarización de los protocolos de comunicación existentes [6], [1], [5], [7]. Estos aspectos son importantes para que sea factible implementar en los próximos años alguno de los 150 dominios de IoT propuestos [8].

El primer aspecto de la hipótesis de trabajo es la creación de un modelo de comunicación descentralizado utilizando dispositivos disponibles en un dominio de IoT. Estos dispositivos son heterogéneos y la interoperatividad de los mismos es un requerimiento a cumplir en IoT [1]. Es factible que el modelo propuesto utilice protocolos de comunicación inalámbrica [9] tales como WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4, Z-wave y LTE-Avanzado. La tecnología de WiFi [10] utiliza señales de radio para intercambiar datos con otros dispositivos en un rango de 100 metros. Bluetooth [11] es un protocolo de comunicación inalámbrica que se utiliza principalmente para la comunicación de dispositivos cercanos entre sí, el radio de cobertura varía entre 10 y 15 metros. Z-Wave [12] es un protocolo que tiene un alcance de comunicación de 30 a 40 metros y es utilizado principalmente para la automatización de casas y oficinas. El estándar IEEE 802.15 [13] ha definido varios estándares para implementar desde redes de hasta 1000 metros de alcance. En tanto que la tecnología LTE, por sus siglas en inglés, es un estándar de comunicación inalámbrica para transferir datos entre dispositivos móviles inteligentes [14].

El segundo aspecto de la hipótesis es el intercambio de mensajes en un dominio de aplicación de IoT. Para ello es necesario definir un algoritmo de enrutamiento de mensajes que define la forma en que los nodos en un modelo de comunicación intercambian mensajes. En [15], [16], [17] se presentan los algoritmos de ruteo utilizados en protocolos de comunicación inalámbricas los cuales se clasifican en cuatro categorías.

- Protocolos centrados en los datos: en lugar de direccionar nodos, se direccionan datos con determinadas características. Los nodos colaboran entre sí para suministrar el dato pedido. Por ejemplo, un nodo podría hacer una petición de temperaturas por arriba de cierto valor o la temperatura promedio en una región.
- Protocolos jerárquicos: los nodos se agrupan en clusters y los datos son enviados desde el nodo emisor a través de distintos clusters hasta alcanzar el destino. En cada cluster es posible calcular valores

promedios, mínimos y máximos de datos disponibles en los nodos.

- Protocolos basados en localización: basados en que los nodos conocen su localización. Requieren el uso de sistemas de geoposicionamiento (como GPS) de bajo consumo o técnicas de localización.
- Protocolos basados en calidad de servicio: estos protocolos buscan garantizar la calidad de algún servicio o característica necesaria según la aplicación. En el campo de las WSN, algunas características necesarias pueden ser: garantizar cobertura de datos por el mayor tiempo posible (lo cual no se garantiza maximizando el número de nodos en funcionamiento) o disminuir la latencia de la respuesta a una petición de un dato.

Además, según la forma de actuar, pueden clasificarse en:

- Proactivos: mantienen tablas de ruteo de forma activa aún cuando no se esté necesitando transmitir datos.
- Reactivos: sólo intentan establecer una ruta y actualizan tablas de ruteo cuando es necesario transmitir un dato de un nodo a otro.

Un tercer aspecto de la hipótesis es la georeferenciación del modelo de comunicación, un concepto similar al utilizado en los siguientes protocolos:

- Minimum Energy Communication Network (MECN): utiliza GPS de bajo consumo. Para cada nodo se establece una región de reenvío, en la cual es más económico desde el punto de vista energético enviar un dato a través de nodos intermedios en lugar de enviarlo directamente. Además utiliza algoritmos complejos para seleccionar un camino entre dos nodos.
- Geographic Adaptive Fidelity (GAF): se basa en apagar nodos que no son estrictamente necesarios para rutear datos, pero asegurando que no se pierda conectividad entre nodos. Los nodos cambian su estado (apagado o encendido) periódicamente para garantizar balance de carga.
- Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) [17]: Es un protocolo basado en vector de distancia, es decir, que selecciona un camino en función del menor número de saltos. Es un protocolo reactivo. Cuando un nodo necesita conocer la ruta hacia otro nodo, envía una petición de ruta que inunda la red. Si uno de los mensajes de petición de ruta alcanza el destino, o alcanza un nodo intermedio que conoce la ruta al destino, dicho nodo responde con la ruta solicitada. Todos los nodos intermedios que escuchan y rutean el mensaje que contiene información de la ruta solicitada, almacenan dicha información. Este protocolo surge como una evolución y mejora de varios protocolos anteriores similares [17]. Es el protocolo seleccionado por el protocolo de capa de red ZigBee [16].

De los protocolos mencionados es posible observar dos aspectos. En primer lugar se utilizan en dominios

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería

Informática - Sistema de Información

específicos de aplicación, por ejemplo en zonas rurales donde el acceso a Internet puede ser limitado. Este tipo de dominio impone restricciones respecto del consumo de energía, estrategias para reunir datos de sensores e identificación geográfica de nodos para lograr un eficiente envío de mensajes. En segundo lugar los protocolos son dependientes del hardware de los dispositivos donde operan.

En dominios de IoT como ciudades inteligentes convivirán dispositivos heterogéneos donde el consumo de energía no siempre será una limitante y la diversidad de dispositivos requerirá de interoperatividad de los protocolos. Sin embargo, existen dos limitaciones que se identifican en la literatura analizada y se abordan en el presente trabajo. Por un lado, los protocolos mencionados formarán parte de dominios de IoT y la operación de los servicios de estos dominios tendrán una marcada dependencia de la disponibilidad del servicio de Internet. Por otro lado, el creciente número de dispositivos que introduce IoT incrementa el tráfico de datos en la infraestructura de comunicación de Internet.

En este trabajo se propone un modelo de comunicación que opera en forma independiente del servicio de Internet. De esta manera, se espera disminuir la dependencia de la infraestructura de Internet y, consecuentemente, reducir el tráfico de datos en la misma, en ciertos dominios de IoT como ciudades inteligentes.

III. Modelo Descentralizado de Comunicación Autónoma

En este trabajo se propone un modelo descentralizado de comunicación autónoma para el intercambio de mensajes entre dispositivos de manera independiente de Internet. El modelo asume que se cumplen tres premisas i) existencia de un conjunto de dispositivos inamovibles, ii) georeferenciados e iii) interoperativos que permiten crear un área de comunicación autónoma respecto del servicio de Internet.

Un conjunto de dispositivos geográficamente inamovibles es necesario en dominios de IoT para permitir el acceso a distintos ambientes inteligentes tales como casas, edificios, industrias, hospitales y espacios públicos. En estos ambientes se encuentran dispositivos de comunicación cableados como routers, switches, puntos de acceso y dispositivos inalámbricos ubicados en la vía pública, semáforos, carteles de publicidad y de información. Un dominio de IoT donde se presenta esta situación es una ciudad inteligente [18].

En la actualidad los dispositivos de comunicación disponen de información de geoposicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés) [19]. Esta información puede ser obtenida automáticamente por el dispositivo o puede ser calculada externamente, por ejemplo, utilizando teléfonos inteligentes.

IoT es un concepto que para su implementación requiere, entre otras propiedades, de la interoperatividad de dispositivos heterogéneos. Si esta propiedad no se

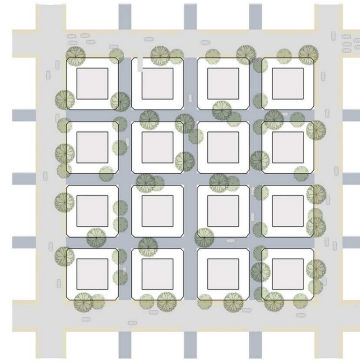


Figure 1. Ejemplo de USB según el Gobierno de Buenos Aires.

cumple entonces es poco probable implementar los dominios de aplicación previamente mencionados [1].

La factibilidad de crear un área de comunicación autónoma está sustentada por las estimaciones respecto del número de dispositivos que formarán parte de IoT en los próximos años. Ya se mencionó que este número asciende a 7 billones a nivel global para el año 2025 y su crecimiento continuará en el tiempo. La mayor concentración de estos dispositivos se presentará en ciudades y zonas industriales donde es posible implementar el modelo de comunicación propuesto.

Generalmente, en ciudades desarrolladas siguiendo una planificación urbana, las edificaciones se distribuyen en áreas que conforman manzanas cuya dimensión es variable y depende de cada país. En Argentina, el tamaño puede variar entre 80 y 100 metros cada lado de la manzana. El Gobierno de Buenos Aires define el concepto de macro manzana o Unidad de Sustentabilidad Básica (USB) como una agrupación de manzanas adyacentes cuyas características son homogéneas y permiten la identificación de una zona.¹ La figura 1 muestra una imagen adaptada de manual de diseño urbano de una USB.

En una macro manzana es posible observar una grilla que puede ser representada mediante un plano cartesiano. De esta observación y considerando las premisas presentadas anteriormente se propone un modelo de comunicación descentralizado y autónomo basado en nodos geográficamente inamovibles que constituyen un área de comunicación autónoma.

Los nodos son dispositivos con capacidad de comunicación con otros nodos independientemente del protocolo de red que implementen de acuerdo a la premisa de interoperatividad. En el modelo propuesto existen dos tipos de nodos que se clasifican en estáticos

¹<http://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/manualdedisenourbano/paisaje-urbano-morfologia/macromananzas/>

y dinámicos. Un nodo estático tiene una ubicación geográfica fija mientras que un nodo dinámico cambia su posición geográfica en el tiempo.

La comunicación entre un nodo emisor y uno receptor puede involucrar nodos intermediarios los cuales intercambian mensajes mediante un algoritmo de enrutamiento selectivo. El algoritmo crea en forma dinámica una ruta de nodos entre emisor y receptor. La ruta se define en la medida que un mensaje se envía de un nodo a otro hasta alcanzar el nodo destino. El criterio de selección de los nodos se basa en una medida numérica de calificación que tiene como objetivo identificar cuales nodos son convenientes incluir en la ruta. La calificación de un nodo está definida por su comportamiento en el pasado en el proceso de comunicación y principalmente en la distancia que existe entre éste y el nodo destino.

En caso de que el nodo destinatario no se encuentre en el área de comunicación, el nodo que identifique esta situación reportará el resultado al nodo emisor. En este sentido, el servicio de comunicación no garantiza la entrega de mensajes si el nodo no está disponible en el área. A continuación se describen en detalle los conceptos presentados.

A. Área de comunicación autónoma

Un área de comunicación autónoma es una zona geográfica donde un conjunto de nodos conforman una red de comunicación independiente del servicio de Internet. Para definir un área determinada se utiliza información de geoposicionamiento de los nodos. Esta información identifica un punto geográfico mediante coordenadas expresadas en grados, minutos y segundos. La variación de una unidad en cada medida equivale a la siguiente distancia en metros: un grado equivale a 111.325 km, un minuto equivale a 1.855,42 metros y un segundo equivale a 30,91 metros [19].

Un área está definida por un punto de inicio $p_1 = (x_1, y_1)$ y de fin $p_2 = (x_2, y_2)$ expresados en grados minutos y segundos. Estos valores se transforman en un valor entero expresados en segundos de acuerdo a la siguiente fórmula $v = segundos + minutos \times 60 + grados \times 3.600$. Esta transformación permite definir un plano cartesiano que comienza en el punto $(0, 0)$ y se extiende n_x unidades en el eje de ordenadas y n_y unidades en el eje de coordenadas.

Los valores n_x y n_y se obtienen de la diferencia entre los valores $x_2 - x_1$ y $y_2 - y_1$ previamente transformados en valores enteros. La variación en una unidad en cualquiera de los ejes equivale a la variación de un segundo en el sistema de geoposicionamiento, es decir, 30,91 mts. Este valor de distancia es conveniente ya que en general los dispositivos inalámbricos tienen un alcance de comunicación mayor o igual a 30 metros.

Para simplificar el modelo, consideramos que un nodo se encuentra en el centro de un cuadrado de dimensión $m \times m$ inscripto en un círculo definido por el alcance de señal de un dispositivo determinado. Es posible estimar el

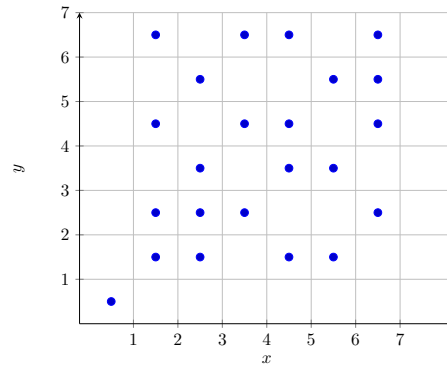


Figure 2. Espacio de cobertura.

número de nodos n necesarios para cubrir una superficie de dimensiones de $b \times h$ mediante la siguiente fórmula 1:

$$n = \frac{b \times h}{m^2} \quad (1)$$

La figura 2 muestra un ejemplo del plano cartesiano de un área de comunicación autónoma con 24 nodos de comunicación estáticos. El plano cartesiano tiene una extensión de siete unidades y esto equivale una distancia en el eje de ordenadas y coordenadas de $30,91 \times 7 = 216$ metros respectivamente. Los puntos de origen y final del plano están determinados por la ubicación geográfica de los dos nodos más distantes en función de los cuales se realizan los cálculos mencionados en el párrafo anterior. Cada nodo tiene una posición en el plano determinada por los valores enteros x, y . Para cubrir el área de 216×216 metros cuadrados se requieren $n = \frac{216 \times 216}{(30,91)^2} = 49$ nodos.

Un nodo dinámico o estático p puede enviar un mensaje a otro estático q conociendo las coordenadas cartesianas de éste último. El nodo emisor envía el mensaje a un nodo determinado y éste a su vez repite el proceso hasta alcanzar el nodo destino. El pasaje de mensajes se realiza de acuerdo a un algoritmo de enrutamiento selectivo que utiliza un valor de calificación para seleccionar el nodo que intervendrá en la ruta de un mensaje. El algoritmo utiliza una tabla de enrutamiento donde se almacenan datos de los nodos vecinos dentro de su radio de cobertura y su respectiva calificación. Esta tabla se actualiza periódicamente para identificar los nodos vecinos disponibles y también su correspondiente calificación. En los siguientes apartados se describen el algoritmo de enrutamiento y la forma en que se califican los nodos respectivamente.

B. Algoritmo de enrutamiento selectivo de mensajes

El algoritmo de enrutamiento selectivo de mensajes tiene como objetivo distribuir un mensaje entre un nodo estático o dinámico y otro nodo estático ubicado en cualquier parte del área de comunicación. El algoritmo

está diseñado para realizar un enrutamiento de mensajes eficiente, descentralizado e independiente de Internet.

La eficiencia se busca alcanzar mediante la creación de una ruta entre el emisor y receptor donde los nodos que intervienen en la misma sean los mejores calificados de acuerdo a una métrica de evaluación. El algoritmo de enrutamiento se ejecuta en cada nodo del área de comunicación y consiste en el envío de mensaje nodo a nodo hasta alcanzar el nodo destino. El enrutamiento puede ser indeterminado o predeterminado dependiendo de la disponibilidad de información respecto de la ruta que un mensaje debe recorrer para ser entregado.

El enrutamiento indeterminado no dispone de datos respecto de los nodos que pueden constituir una ruta de comunicación entre el emisor y el receptor. El enrutamiento predeterminado dispone de datos respecto a los nodos que conforman una ruta de comunicación entre dos nodos al momento de enviar un mensaje.

Para construir una ruta de comunicación, cada nodo utiliza una tabla de enrutamiento que contiene una lista de nodos vecinos. Por cada nodo vecino se mantiene información de tres métricas: disponibilidad del nodo en el tiempo, eficiencia en el envío de mensajes y visibilidad. La visibilidad se define por la cantidad de vecinos que un nodo conoce.

El algoritmo de enrutamiento comienza cuando un nodo envía un mensaje a un nodo estático próximo. El mensaje contiene dos datos importantes: los identificadores de los nodos emisor y receptor. En función de estos datos, el nodo receptor del mensaje califica a los nodos vecinos contenidos en su tabla de enrutamiento. Del resultado obtenido se pueden seleccionar los k nodos mejor calificados. El valor de la variable k es un parámetro de configuración, su valor por defecto es uno y valores mayores a uno permiten crear rutas paralelas entre dos nodos.

Cada vez que un mensaje se envía de un nodo a otro, se actualizan en el mensaje datos de la ruta que se ha definido en el proceso de comunicación hasta ese momento. Esta información permite realizar un enrutamiento predeterminado y se puede utilizar, por ejemplo, en el envío de una respuesta al nodo emisor que comenzó la comunicación.

Están previstos dos posibles resultados al realizar el enrutamiento de mensajes: el mensaje fue entregado con éxito o el nodo destino se encuentra fuera de alcance. En el primer caso, se envía una respuesta de entrega exitosa que puede contener en el mensaje datos de interés para el cliente emisor. En el segundo caso, se envía una respuesta de error en la entrega utilizando el enrutamiento determinado.

Un posible dominio de IoT de aplicación del modelo presentado es una ciudad inteligente. En este dominio es factible que exista una densidad elevada de dispositivos de comunicación por superficie cuadrada. Esto permitiría crear un área de comunicación autónoma donde es posible implementar distintos servicios. Otro posible dominio de

aplicación es una zona industrial con equipos dispersos en áreas geográficas amplias. En ambos casos, un usuario desde su oficina podría acceder, controlar u obtener información de distintos dispositivos.

C. Calificación y relevamiento de nodos vecinos

El enrutamiento de mensajes se realiza de acuerdo a la información de calificación que cada nodo posee sobre sus nodos vecinos. Para ello se define un algoritmo de calificación y de relevamiento de nodos vecinos.

Se propone calificar un nodo considerando la distancia en el plano cartesiano al nodo al cual está dirigido el mensaje que se está transmitiendo y un conjunto de métricas relacionadas con otros aspectos de comunicación. Como se anticipó en el apartado anterior las métricas propuestas son las siguientes:

- 1) Distancia: valor definido por la distancia d entre un nodo y el nodo destino al cual está dirigido un mensaje, se calcula utilizando la siguiente fórmula $d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$.
- 2) Eficiencia: se representa con la variable e y es la relación entre el número de mensajes enviados con éxito hacia otros nodos y el total de mensajes recibidos desde otros nodos en un intervalo de tiempo determinado, el cual es un parámetro de configuración.
- 3) Disponibilidad: valor representado por la variable a y se obtiene de la relación entre el tiempo que un nodo se encuentra operativo y el tiempo total en que se evalúa el nodo. La ventana de tiempo que se considera para calcular esta métrica es un parámetro de configuración.
- 4) Visibilidad en la red: es un valor representado por la variable v que se calcula utilizando la función Sigmoid $v(x) = \frac{1}{1+e^{-xk}}$ donde x es el número de vecinos con los cuales un nodo puede comunicarse. La variable k permite ajustar la velocidad de crecimiento de la función cuando aumenta el número de vecinos. El valor de la función tiende a uno cuando el número de vecinos es muy elevado.

La calificación de un nodo se obtiene de la siguiente forma. Primero se construye un vector con los valores de las métricas mencionadas $v = (w_1d, w_2e, w_3a, w_4v(x))$ donde los valores w_i son coeficientes con valores reales entre 0 y 1 que permiten ponderar la importancia que cada métrica en un escenario de comunicación determinado.

En segundo lugar se define un vector $u = (w_1 \times 1, w_2 \times 1, w_3 \times 1, w_4 \times 1)$ con valores ideales de cada métrica. Estos valores significan que el nodo está a una unidad de distancia del nodo destino, tiene una eficiencia y disponibilidad del 100% y un número elevado de nodos vecinos. Este caso ideal se utiliza como referencia para comparar el nodo a calificar.

Por último, el valor de la calificación se obtiene al comparar los valores de las métricas del nodo a calificar con los valores ideales. Para realizar esta comparación y

obtener un valor numérico que la represente se calcula la distancia euclidiana que existe entre los vectores v y u mediante la fórmula 2.

$$d(v, u) = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (v_i - u_i)^2} \quad (2)$$

En la fórmula presentada el valor de la variable distancia al nodo destino tiene mayor incidencia en el resultado final que el resto de las variables. Esto se debe a que la distancia es mayor o igual a uno mientras que los valores posibles del resto de las métricas se encuentran en el intervalo $[0, 1]$. Para alterar la incidencia que las métricas pueden tener en la calificación de un nodo se utilizan los valores de ponderación w_i correspondientes.

En la tabla I se muestran ejemplos de calificación de cuatro nodos vecinos cuando el nodo destino tiene coordenadas $p(7,9)$ y donde los valores de las ponderaciones w_i para cada métrica es uno.

TABLE I: Ejemplo de calificación nodos.

Nodo	Distancia	Eficiencia	Disponibilidad	#Vecinos	Visibilidad	Calificación
(2,2)	8,60	1,00	1,00	8	0,98	7,6023
(3,4)	6,40	0,66	1,00	7	0,97	5,4134
(2,5)	7,81	0,66	0,91	5	0,92	6,8193
(3,5)	5,65	0,33	0,41	1	0,62	4,7553

La calificación de cada nodo se realiza cuando un nodo recibe un mensaje que debe enviar a otro nodo. Para realizar la calificación, el nodo debe disponer de los valores de las métricas de sus nodos vecinos. Para ello cada nodo, luego de un intervalo de tiempo t difunde un mensaje en el radio de alcance de señal los valores de sus respectivas métricas. Los nodos receptores del mensaje utilizan esta información para construir la tabla de enrutamiento que contiene las coordenadas del nodo, tiempo en segundos desde la última vez que se solicitaron los valores de las métricas eficiencia, disponibilidad, número de vecinos y visibilidad.

IV. Factibilidad Operativa del Modelo

Teniendo presente que un área de comunicación autónoma puede crearse en una ciudad inteligente se desarrolló un simulador² en java para evaluar áreas geográficas de distintas dimensiones. Para simplificar el análisis se consideraron áreas de forma cuadrada con valores de 5, 15, 40 y 60 en kilómetros cuadrados. Los tamaños considerados se encuentran dentro de las dimensiones de una ciudad promedio en Argentina.

Por cada área se calculó un número inicial n_i de nodos necesarios para lograr un entramado tal que cubriera toda el área si los nodos estuviesen dispuestos de manera equidistantes unos de otros. Por ejemplo, un área de 5 km^2 está conformada por un cuadrado de 2.230 metros cada lado. Aplicando la fórmula 1 el número de nodos

es $n = \frac{2.230 \times 2.230}{(30,91)^2} = 5.205$ para nodos de un alcance de aproximadamente 31 metros cada uno. Considerando que en la realidad los nodos no necesariamente se encuentra ubicados equidistantes unos de otros, se les asignó una posición aleatoria dentro del área, determinada por un par de coordenadas (x, y) . El valor aleatorio se calculó siguiendo una distribución estadística uniforme.

Luego de ubicar los nodos de manera aleatoria en el área bajo análisis se calculó el porcentaje de cobertura lograda con los nodos. A continuación se incrementó en una unidad el número inicial de nodos, se distribuyeron aleatoriamente y nuevamente se calculó el porcentaje de cobertura. Este proceso se repitió hasta cubrir aproximadamente el 100% de cada área. Además, cada área se evaluó 30 veces para obtener valores estadísticamente representativos.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla II donde para cada área se muestra el porcentaje de cobertura lograda, el número promedio de nodos requeridos y su respectiva desviación estándar.

TABLE II: Resultados obtenidos del proceso de simulación.

% Cobertura	5 km ²		15 km ²		40 km ²		60 km ²	
	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
63	5.270	55	15.799	105	42.367	205	63.471	280
64	5.341	94	16.014	228	42.974	541	64.388	762
65	5.446	126	16.412	262	44.135	572	66.152	783
66	5.599	131	16.870	277	45.353	588	67.982	819
67	5.756	129	17.334	289	46.603	602	69.862	835
68	5.911	137	17.820	295	47.896	629	71.806	879
69	6.074	139	18.314	304	49.244	650	73.816	891
70	6.249	141	18.827	316	50.600	676	75.876	934
71	6.419	147	19.351	324	52.035	694	78.006	963
72	6.607	157	19.896	337	53.519	728	80.216	1.003
73	6.792	158	20.469	346	55.051	736	82.516	1.028
74	6.990	166	21.057	369	56.627	784	84.900	1.082
75	7.192	174	21.677	376	58.274	798	87.366	1.111
76	7.405	183	22.316	394	59.998	841	89.925	1.164
77	7.628	185	22.977	409	61.791	865	92.613	1.206
78	7.856	197	23.679	423	63.658	916	95.418	1.268
79	8.095	209	24.405	450	65.611	944	98.364	1.314
80	8.344	213	25.162	472	67.667	1.001	101.427	1.397
81	8.620	221	25.962	489	69.828	1.035	104.673	1.436
82	8.896	239	26.818	516	72.096	1.094	108.090	1.532
83	9.202	245	27.710	532	74.496	1.150	111.672	1.598
84	9.513	260	28.655	567	77.061	1.229	115.512	1.712
85	9.852	274	29.678	590	79.763	1.284	119.586	1.791
86	10.215	296	30.751	639	82.680	1.387	123.943	1.940
87	10.590	306	31.919	673	85.798	1.463	128.620	2.031
88	11.012	327	33.165	728	89.177	1.593	133.674	2.232
89	11.463	353	34.530	779	92.855	1.699	139.170	2.380
90	11.965	382	36.026	855	96.872	1.870	145.197	2.631
91	12.514	418	37.690	923	101.325	2.028	151.858	2.842
92	13.133	451	39.536	1.028	106.300	2.284	159.333	3.226
93	13.821	507	41.635	1.142	111.928	2.543	167.769	3.551
94	14.644	581	44.094	1.315	118.489	2.941	177.599	4.157
95	15.586	655	46.961	1.522	126.211	3.418	189.191	4.819
96	16.800	783	50.537	1.841	135.790	4.217	203.472	6.000
97	18.338	988	55.148	2.335	148.195	5.391	222.089	7.684
98	20.310	1174	61.910	3.361	166.245	7.958	249.061	11.475
99	21.551	553	66.499	1.666	180.864	4.380	272.533	6.795

Es posible observar que en general el valor inicial de nodos alcanza un porcentaje de cobertura de aproximadamente el 63% en las distintas áreas evaluadas. También, se observa que la desviación estándar es baja en casi la totalidad de los escenarios evaluados.

²resultados y simulador disponibles: ssalinas@uncu.edu.ar

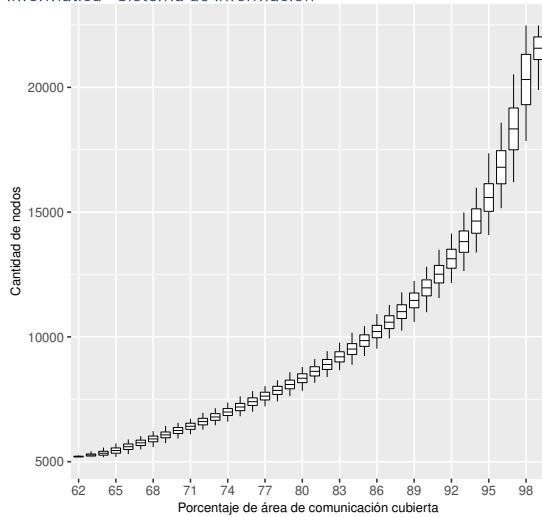


Figure 3. Área de cobertura de 5 km²

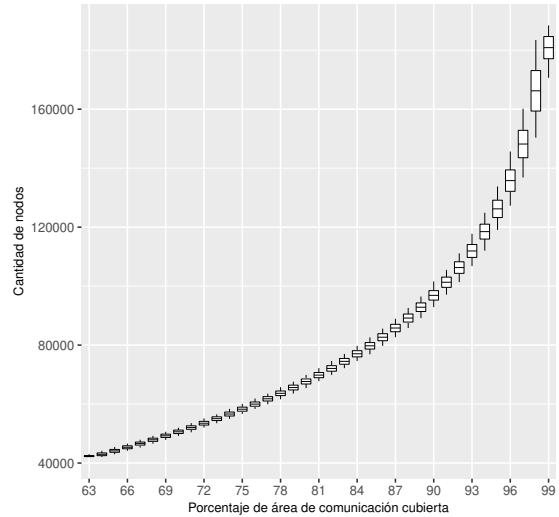


Figure 5. Área de cobertura de 40 km²

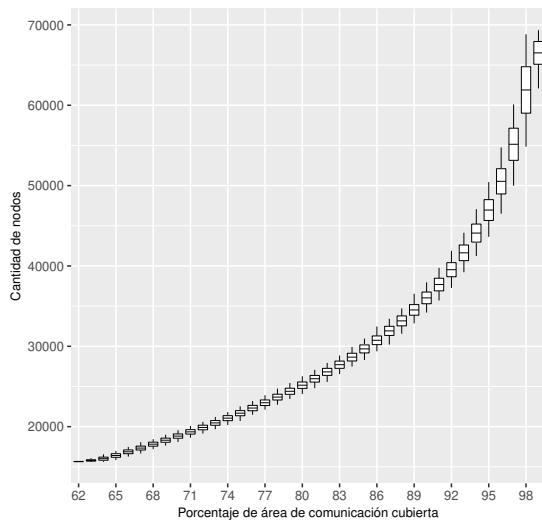


Figure 4. Área de cobertura de 15 km²

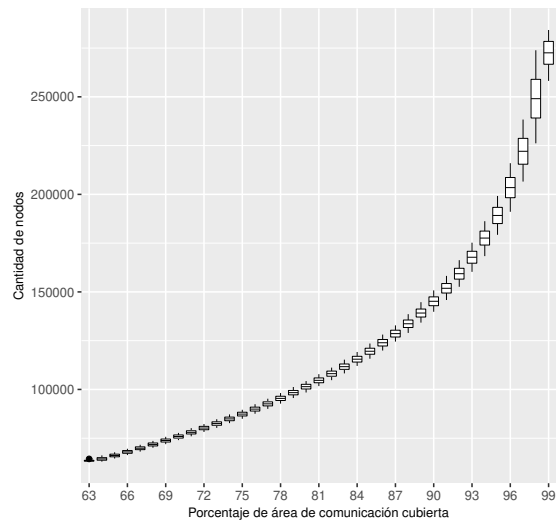


Figure 6. Área de cobertura de 60 km²

Las figuras 3 a 6 muestran los resultados presentados anteriormente. Por un lado, se observa un comportamiento similar en las distintas áreas evaluadas donde el crecimiento del número de nodos no es lineal respecto al porcentaje de cobertura. En general, si se duplica el número de nodos se alcanza aproximadamente un 90% de cobertura en el área.

Podemos comparar los resultados presentados hasta el momento con estimaciones obtenidas del análisis de la urbanización de una ciudad. Por ejemplo, si consideramos la ciudad de Mendoza, ésta presenta una distribución similar a una cuadrícula donde el principal conglomerado tiene un tamaño de aproximadamente 900 metros por

1.300 metros. Si consideramos nodos con un alcance de señal de 31 metros y utilizamos la fórmula 1 entonces obtenemos que se necesitan $n = \frac{900 \times 1.300}{(30,91)^2} = 1.224$ nodos para crear una área de comunicación autónoma.

Asumiendo que se trata de una macro manzana de 9 por 13 manzanas donde cada una tiene una dimensión aproximada de 100 × 100 metros y las edificaciones tienen unos 10 metros de frente entonces una manzana tendría unas 40 construcciones. Esto resulta en aproximadamente $40 \times 9 \times 13 = 4.680$ construcciones. Si cada construcción dispone de un dispositivo de comunicación utilizado para acceder a Internet entonces se dispondrían de 4.680 nodos, un valor muy superior a 1.224.

En este trabajo, se presentó un modelo de comunicación para crear un área de comunicación autónoma que puede implementarse en distintos dominios de IoT como una ciudad inteligente o zona industrial. De esta manera es posible disponer de un servicio de intercambio de mensajes en una zona geográfica incluso si el servicio de Internet no funcionara como puede suceder en un escenario de catástrofe.

El modelo permite acceder a un servicio de intercambio de mensajes entre dos nodos, uno de ellos estático. Para ello se define un plano cartesiano donde los nodos ocupan un lugar en el mismo dependiendo de su posición de georeferencia. Los datos de posicionamiento en el plano permiten crear una ruta de comunicación entre dos nodos. El intercambio de mensajes se realiza mediante un algoritmo de enrutamiento selectivo que utiliza un valor de calificación para seleccionar los nodos que definen una ruta de comunicación. La calificación de un nodo depende de su distancia al nodo destino, cantidad de nodos vecinos en su área de cobertura, calidad de servicio y disponibilidad en un periodo de tiempo determinado.

Para determinar la factibilidad de implementación del modelo propuesto se diseñó un proceso de simulación. En el proceso se evaluaron áreas de tamaños de 5, 15, 40 y 60 km² donde en cada caso se evaluó qué porcentaje del área podría estar comunicada con un número de nodos determinado. Por cada área, se inició un proceso iterativo donde en cada iteración se creó el número de nodos ubicados aleatoriamente de manera uniforme.

Del resultado de simulación se observó que si el número de nodos se obtiene de dividir el total del área por el área de cobertura de cada nodo y luego se distribuyen estos nodos en forma aleatoria se obtiene aproximadamente un 60% de cobertura y si este número se duplica se logra más de un 80% de cobertura. Los resultados obtenidos en el proceso de simulación se compararon con una estimación de nodos en la ciudad de Mendoza, donde se observa que existirían el triple de dispositivos que el número estimado en el proceso simulación. De esta manera, se concluye que es factible crear un área de comunicación autónoma de Internet para dominios de aplicación de IoT que permitirían operar en caso de escenarios de catástrofe y reducir el tráfico de Internet.

VI. Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido por parte de la Universidad Nacional de Cuyo por medio del proyecto M049 "Análisis de topologías de comunicación en Internet de las Cosas" y el apoyo por parte de las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales en el desarrollo del presente trabajo.

References

[1] E. Borgia, "The internet of things vision: Key features, applications and open issues," *Computer Communications*, vol. 54, pp. 1 – 31, 2014.

[2] A. S. Vincentelli, "Let's get physical: Adding physical dimensions to cyber systems," in *Low Power Electronics and Design (ISLPED)*, 2015 IEEE/ACM International Symposium on, pp. 1–2, July 2015.

[3] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The internet of things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, pp. 2787 – 2805, 2010.

[4] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 17, pp. 2347–2376, Fourthquarter 2015.

[5] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645 – 1660, 2013. Including Special sections: Cyber-enabled Distributed Computing for Ubiquitous Cloud and Network Services & Cloud Computing and Scientific Applications — Big Data, Scalable Analytics, and Beyond.

[6] A. Botta, W. de Donato, V. Persico, and A. Pescapé, "Integration of cloud computing and internet of things: A survey," *Future Generation Computer Systems*, vol. 56, pp. 684 – 700, 2016.

[7] D. Miorandi, S. Sicari, F. D. Pellegrini, and I. Chlamtac, "Internet of things: Vision, applications and research challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 10, no. 7, pp. 1497 – 1516, 2012.

[8] "Internet of Things Journal iot scenarios." <http://iot.ieee.org/iot-scenarios.html>. Accessed: 2018-08-21.

[9] S. Al-Sarawi, M. Anbar, K. Alieyan, and M. Alzubaidi, "Internet of things (iot) communication protocols: Review," in 2017 8th International Conference on Information Technology (ICIT), pp. 685–690, May 2017.

[10] I. Farris, L. Militano, M. Nitti, L. Atzori, and A. Iera, "Mifaas: A mobile-iot-federation-as-a-service model for dynamic cooperation of iot cloud providers," *Future Generation Computer Systems*, pp. –, 2016.

[11] M. Dideles, "Bluetooth: A technical overview," *XRDS*, vol. 9, pp. 11–18, June 2003.

[12] M. B. Yassein, W. Mardini, and A. Khalil, "Smart homes automation using z-wave protocol," in 2016 International Conference on Engineering MIS (ICEMIS), pp. 1–6, Sept 2016.

[13] IEEE, "Ieee standard for local and metropolitan area networks - part 15.4: Low-rate wireless personal area networks (lr-wpans) - amendment 7: Physical layer for rail communications and control (rcc)," *IEEE Std 802.15.4p-2014 (Amendment to IEEE Std 802.15.4-2011 as amended by IEEE Std 802.15.4e-2012, IEEE Std 802.15.4f-2012, IEEE Std 802.15.4g-2012, IEEE Std 802.15.4j-2013, IEEE Std 802.15.4k-2013, and IEEE Std 802.15.4m-2014)*, pp. 1–45, May 2014.

[14] A. Ghosh, R. Ratasuk, B. Mondal, N. Mangalvedhe, and T. Thomas, "Lte-advanced: next-generation wireless broadband technology [invited paper]," *IEEE Wireless Communications*, vol. 17, pp. 10–22, June 2010.

[15] K. Akkaya and M. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," *Ad Hoc Networks*, vol. 3, no. 3, pp. 325 – 349, 2005.

[16] P. Baronti, P. Pillai, V. W. Chook, S. Chessa, A. Gotta, and Y. F. Hu, "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and zigbee standards," *Computer Communications*, vol. 30, no. 7, pp. 1655 – 1695, 2007. *Wired/Wireless Internet Communications*.

[17] C. E. Perkins and E. M. Royer, "Ad-hoc on-demand distance vector routing," in *Proceedings WMCSA'99. Second IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, pp. 90–100, Feb 1999.

[18] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, pp. 22–32, Feb 2014.

[19] P. Misra and P. Enge, *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*. Ganga-Jamuna Press, Lincoln MA, 2nd edition ed., 2006.

A SAMM-based model for Assessing Cybersecurity Implementations

Ana Funes, Aristides Dasso, Germán Montejano, Daniel Riesco

SEG,

Universidad Nacional de San Luis,

San Luis,

Argentina

{afunes, arisdas, gmonte, driesco}@unsl.edu.ar

Abstract

How to evaluate cybersecurity implementations is a question that is increasingly being considered of the utmost importance in the agenda of different organizations. In this work, we present an evaluation model that has been developed having in mind the requirements necessary to reach a certain maturity level in conformity with the Software Assurance Maturity Model (SAMM) proposed by The Open Web Application Security Project (OWASP).

SAMM adopts during the assessment stage a simple additive scoring method to return a security maturity level. However, when we have to deal with complex and/or decisions a more powerful method is necessary. To this end, we have adopted the Logic Score of Preference (LSP) evaluation method and have established a set of security requirements in the form of a hierarchical structure. These requirements have been taken from each level of the SAMM to obtain a requirement tree, as it is prescribed by LSP. This requirement tree in addition to an aggregation structure or LSP criterion function –built from the requirement tree leaves at a later step– form the proposed model and allow obtaining a single numerical value for any system under evaluation. This resulting value, lying into the interval [0..100], represents the percentage of compliance with respect to the established security requirements and it is an indicator, in this case, of the maturity level reached.

1. Introduction

The evaluation of cybersecurity implementations is not an easy task, either in an existing working information system or even in one under development. Many features have to be considered in this process,

including not only physical aspects, such as access policies to servers and installations, but also software security measures, such as firewalls and inline coding must be considered.

Therefore, to be able to assess whether the security measures taken into account in a given implementation are adequate, we need to consider features not only relating to information and software but also relative to software installations of fully working systems or even systems under development, going from physical protection of hardware installations to the implementation of software tools. Hence, the need of having available standards and adequate tools to assess the degree of compliance with them is a must for people responsible of the security implementation in an organization.

The Open Web Application Security Project (OWASP) is a worldwide not-for-profit charitable organization focused on improving software security. They have several ongoing security-related projects; among them is the Software Assurance Maturity Model (SAMM) project [15]. A maturity model is a widely used tool to assess the maturity level reached by an organization in a particular domain. They are extensively used in the field of software development. In particular, SAMM is oriented to cybersecurity.

As part of the project, OWASP has developed the SAMM Assessment Toolbox v1.5 [14], an interview template where the team in charge of the evaluation can assign scores to each question and the tool automatically computes a maturity score by adopting a simple additive scoring method. However, evaluating cybersecurity maturity is not a simple task and many and/or decision must be taken.

On the other hand, the Logic Score of Preference (LSP) method [4] is oriented to the evaluation of complex systems since it allows the definition of complex evaluation functions by means of the combination of a number of predefined logical operators.

Having this in mind, we propose here the use of the concept of maturity model to assess cybersecurity implementations by combining SAMM with a more powerful evaluation method: the LSP method. We apply the LSP method to develop a new model, which is based on OWASP's SAMM. Specifically, OWASP's maturity model defines a set of requisites, from where we have taken the requirements to build part of our model, such that ascertain the maturity level reached by a particular organization can be readily done.

It must be observed that the model proposed here yields a final indicator in the interval [0..100], which is interpreted as the percentage of the maturity reached, while other models classify according to a group of predetermined categories.

The rest of the work is organized as follows. In Section 2, we give an overview of the state of the art in the field of evaluation of cybersecurity implementations. Section 3 introduces the method applied for the development of the evaluation model proposed here. Section 4 describes the model proposed and, finally, in Section 5 we present our conclusions and future work.

2. Evaluation of Cybersecurity Implementations

Some related work to our proposal can be found in the literature. M. F. Saleh [11] presents an Information Security Maturity Model (ISMM). It identifies four domains that affect security in an organization: 'organization governance', 'organizational culture', 'architecture of the systems', and 'service management', plus five levels of compliance.

Karokola et al. [8], following an inductivistic approach, revised and analyzed a number of ISMM, to finally propose a new ISMM for e-government services, which allows to classify security services according to five critical maturity levels (undefined, defined, managed, controlled and optimized).

Sjelin et al. [20] describe their Community Cybersecurity Maturity Model (CCSMM) that was created to provide guidance on how to implement a cybersecurity program. The model is organized into four dimensions, each of which has five levels of maturity.

Based on the NIST Cybersecurity Framework for Critical Infrastructure, S. Almuhamadi et al. [21] complement the NIST framework by proposing an

information security maturity model with five maturity levels and twenty three assessed areas.

Into a report to the European Union Agency for Network and Information Security ENISA, Mattioli et al. [17] critically examine the ICS (Industrial Control Systems) - Supervisory control and data acquisition (SCADA) maturity level of cybersecurity in Europe. To that end, they created a Maturity Model, which has three major operating dimensions (legislation, support and local conditions) further divided into nine operating sub-dimensions; a questionnaire of 82 questions formulated on these sub dimensions and scored against a 5 level scale (Basic, Developing, Established, Advanced and Leading) determine the maturity level of ICS-SCADA cybersecurity.

Adopting ISO 27000 series as well as the SSE-CMM – ISO/IEC 21827, Rosmiati et al. [16] reports the results of a survey conducted on fourteen employees of the Office of the Bureau of Information Technology in Indonesia to assess the level of information security. Also following the ISO/IEC 27002 standard, A. Dasso et al. [3] proposed a model employing a continuous logic.

S. Monteiro et al [19] presented a methodology to assess the Information Security Maturity Model of an organization. The methodology employs three axes and three functional areas. Furthermore, there is more general work done on the evaluation of methods, implementations, procedures, etc., of different areas of security. However, a great deal of these is based on testing, particularly on specific segments of security such as coding.

In addition, some governmental, educational and international institutions issue certificates or propose standards or tests for different parts of security implementations. At the same time, private companies express their concerns about cybersecurity and its evaluation, e.g. Oracle that has a blog (Oracle Security Evaluations Blog) where it deals with subjects such as Common Criteria, FIPS and other security certificates [13].

On the side of public organizations, we can find many governmental, educational and international institutions like the CERT Division [2] of the Software Engineering Institute (SEI) of Carnegie Mellon University (CMU) that was created in 1988 in response to the Morris worm incident or the National Institute of Standards and Technology (NIST) of USA that has developed the Security Content Automation Protocol (SCAP) [12], which "is a synthesis of interoperable specifications derived from community ideas.". SCAP combines several standards, schemes, etc. that can be used to automate of various security measures. IEEE

[10], [18] also has its standards and special initiatives in the field of cybersecurity and, particularly, the IEEE Centre for Secure Design (CSD) that “...intends to shift some of the focus in security from finding bugs to identifying common design flaws.” [9].

Other organizations have special security objectives, such as (i) EVITA (E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications) whose objectives are “to design, verify, and prototype architecture for automotive on-board networks where security-relevant components are protected against tampering and sensitive data are protected against compromise.” EVITA is founded, at least partially, by the European Union [7]. (ii) The Department of Homeland Security of the USA that has a cybersecurity Evaluation Tool (CSET®) that “helps asset owners to assess their information and operational systems cybersecurity practices by asking a series of detailed questions about system components and architecture, as well as operational policies and procedures. These questions are derived from accepted industry cybersecurity standards.” [4]. (iii) The DoD, USA, that has the Information Assurance Technology Analysis Center (IATAC), as part of the Defense Technical Information Center, and has published a report on the state of the art of “Measuring cybersecurity and Information Assurance” [1].

3. The Logic Score of Preference Method

In this section we present a brief introduction to LSP (Logic Score of Preference) method, the method we followed during the creation of our cybersecurity model. A more detailed description and examples of its application can be found in [4], [5].

LSP is a method intended for the evaluation of complex systems and it is based on a continuous logic. Figure 1 shows an overview of the evaluation process in LSP. The figure depicts three different areas that have a correspondence with the main steps prescribed by the method to be followed during evaluation. Area (I) shows the performance variables, which corresponds to the system attributes and are the leaves of a requirement tree. During a system evaluation, they capture the values of the system attributes.

During step (II), the values previously collected for each performance variable are transformed into elementary preferences by means of the application of elementary criteria, i.e. functions that map Real values into the Real interval [0..100]. Each elementary preference represents the percentage of fulfillment of a given requirement in the requirement tree.

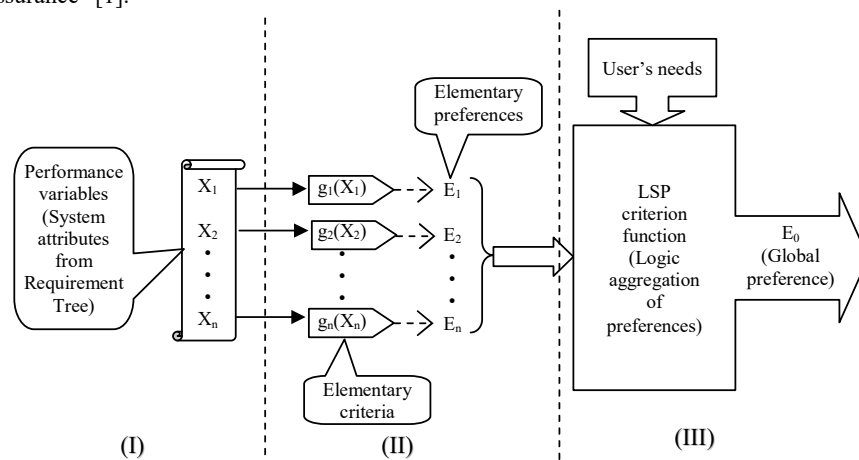


Figure 1. An overview of the LSP evaluation process.

Table 1. The first three levels of SAMM

Business Functions	Security Practices	Objectives
1. Governance	1.1. Strategy & Metrics	1.1.1. SM1: Establish a unified strategic roadmap for software security within the organization.
		1.1.2. SM2: Measure relative value of data and software assets and choose risk tolerance.
		1.1.3. SM3: Align security expenditure with relevant business indicators and asset value.
	1.2. Policy & Compliance	1.2.1. PC1: Understand relevant governance and compliance drivers to the organization
		1.2.2. PC2: Establish security and compliance baseline and understand per-project risks.
		1.2.3. PC3: Require compliance and measure projects against organization-wide policies and standards.
	1.3. Education & Guidance	1.3.1. EG1: Offer development staff access to resources around the topics of secure programming and deployment.
		1.3.2. EG2: Educate all personnel in the software lifecycle with role-specific guidance on secure development.
		1.3.3. EG3: Mandate comprehensive security training and certify personnel for baseline knowledge.
2. Construction	2.1. Threat Assessment	2.1.1. TA1: Identify and understand high-level threats to the organization and individual projects.
		2.1.2. TA2: Increase accuracy of threat assessment and improve granularity of per-project understanding.
		2.1.3. TA3: Concretely align compensating controls to each threat against internal and third-party software.
	2.2. Security Requirements	2.2.1. SR1: Consider security explicitly during the software requirements process.
		2.2.2. SR2: Increase granularity of security requirements derived from business logic and known risks.
		2.2.3. SR3: Mandate security requirements process for all software projects and third-party dependencies.
	2.3. Secure Architecture	2.3.1. SA1: Insert consideration of proactive security guidance into the software design process.
		2.3.2. SA2: Direct the software design process toward known secure services and secure-by-default designs.
		2.3.3. SA3: Formally control the software design process and validate utilization of secure components.
3. Verification	3.1. Design Review	3.1.1. DR1: Support ad-hoc reviews of software design to ensure baseline mitigations for known risks.
		3.1.2. DR2: Offer assessment services to review software design against comprehensive best practices for security.
		3.1.3. DR3: Require assessments and validate artifacts to develop detailed understanding of protection mechanisms.
	3.2. Implementation Review	3.2.1. IR1: Opportunistically find basic code-level vulnerabilities and other high-risk security issues.
		3.2.2. IR2: Make implementation review during development more accurate and efficient through automation.
		3.2.3. IR3: Mandate comprehensive implementation review process to discover language-level and application-specific risks.
	3.3. Security Testing	3.3.1. ST1: Establish process to perform basic security tests based on implementation and software requirements.
		3.3.2. ST2: Make security testing during development more complete and efficient through automation.
		3.3.3. ST3: Require application of specific security testing to ensure baseline security before deployment.
4. Operations	4.1. Issue Management	4.1.1. IM1: Understand high-level plan for responding to issue reports or incidents.
		4.1.2. IM2: Elaborate expectations for response process to improve consistency and communications.
		4.1.3. IM3: Improve analysis and data gathering within response process for feedback into proactive planning.
	4.2. Environment Hardening	4.2.1. EH1: Understand baseline operational environment for applications and software components.
		4.2.2. EH2: Improve confidence in application operations by hardening the operating environment.
		4.2.3. EH3: Validate application health and status of operational environment against known best practices.
	4.3. Operational Enablement	4.3.1. OE1: Enable communications between development teams and operators for critical security-relevant data.
		4.3.2. OE2: Improve expectations for continuous secure operations through provision of detailed procedures.
		4.3.3. OE3: Mandate communication of security information and validate artifacts for completeness.

The elementary preferences resulting from step (II) are then incorporated as input to a LSP criterion function. This is shown as step (III) in Figure 1. During this final stage, the application of a predefined LSP criterion function allows to obtain a set of partial preferences as well as a final global preference, which represent percentages of fulfillment of the whole or parts of the system under evaluation.

The LSP criterion function applied during step (III) is created as the result of an iterative process that starts by aggregating groups of related elementary preferences by means of CPL operators (provided by the method) and generating a number of aggregated preferences. This bottom up process is repeated on the resulting groups of aggregated preferences until a single global preference is obtained. The logic aggregation structure or LSP criterion function created by the described process must reflect the user needs that, in the case under consideration, correspond to the cybersecurity requirements of SAMM. That is why LSP criterion functions suffer a tune-up process before they can be used for evaluation.

To aggregate n elementary preferences E_1, \dots, E_n in a single preference E_0 , the resulting preference E_0 – interpreted as the percentage of satisfaction of the n requirements – is expressed by a function having the following two properties:

- (i) The relative importance of each elementary preference E_i ($i = 1 \dots n$) is expressed by a weight W_i ,

$$\min(E_1, \dots, E_n) \leq E \leq \max(E_1, \dots, E_n).$$

- (ii) These functions are obtained from the instantiation of the weighted power means:

$$E(r) = (W_1 E_1^r + W_2 E_2^r + \dots + W_n E_n^r)^{1/r}, \text{ where}$$

$$0 < W_i < 100, 0 \leq E_i \leq 100, i = 1, \dots, n, W_1 + \dots + W_n = 1, -\infty \leq r \leq +\infty$$

The choice of r determines the location of $E(r)$ between the minimum value $E_{\min} = \min(E_1, \dots, E_n)$ and the maximum value $E_{\max} = \max(E_1, \dots, E_n)$. For $r = -\infty$ the weighted power mean reduces to the pure conjunction (the minimum function) and for $r = +\infty$ to the pure disjunction (the maximum function), giving place to a Continuous Preference Logic (CPL). The range between pure conjunction and pure disjunction is usually covered by a sequence of equidistantly located CPL operators named: C, C++, C+, C+–, CA, C–+, C–, C––, A, D––, D–, D–+, DA, D+–, D+, D++, D. For a more detailed description of the technique for selection of r see [4].

Weights (W_i) associated to each elementary preference are assigned by the user according to the importance that

each elementary preference has in the model being constructed. The same goes when choosing the different CPL operators.

All this is illustrated in Section 4.3, with examples of two partial aggregation structures we have built using the requirement tree shown in Table 1.

4. An Evaluation Model based on the OWASP's SAMM

We present in this section our maturity evaluation model, which has been created following the LSP method and on the basis of the security features considered by the OWASP in its Software Assurance Maturity Model (SAMM). The proposed model is geared to evaluate the maturity level reached by a given organization, represented as a percentage of maturity.

4.1. SAMM Implementation Requirements

The Software Assurance Maturity Model (SAMM) [15] is an open framework to help organizations in several software security aspects such as security evaluation, development of security programs, improvements in its program and definition and measure of security-related activities.

SAMM is organized in four main business functions (Governance, Construction, Verification and Operations) as Table 1 shows. Each business function comprises three security practices and each of these has three maturity levels as objectives shown in the third level of the table. These objectives are defined by specific activities and metrics.

Business function 1. *Governance* focuses on how an organization manages all the software development activities. It comprises three security practices: 1.1. *Strategy & Metrics* that involves the strategy for the software assurance program and the collection of metrics; 1.2. *Policy & Compliance* that is related to the setting up and control throughout an organization to achieve assurance in software; and 1.3. *Education & Guidance* that is concern with training and guidance on security topics for the personnel in software development.

Business function 2. *Construction* has to do with the processes and activities relating to how an organization defines its goals and creates software within software development projects. It comprises security practice 2.1. *Threat Assessment*, which involves the accurate identification and characterization of potential attacks upon an organization's software; practice 2.2. *Security Requirements*, which has to do with the promotion of inclusion of security-related requirements during the software development process; and practice 2.3. *Secure Architecture*, which is related to the promotion of secure-

by-default designs, technologies and frameworks upon which software is built.

Business function 3. *Verification* is focused in the testing and verification of software artifacts. It comprises security practice 3.1. *Design Review*, which is related to inspections of software to ensure provision of adequate security mechanisms. 3.2. *Implementation Review*, which involves revision of an organization’s source code to aid vulnerability discovery; and 3.3. *Security Testing*, which involves testing the organization’s software in its runtime environment, in order to both discover vulnerabilities, and establish a minimum standard for software releases.

Finally, business function 4. *Operations* relates to how an organization manages software releases; it comprises security practice 4.1. *Issue Management*, which focus on the management of internal and external vulnerability reports and the gathering of data to enhance the security assurance program. 4.2. *Environment Hardening*, which involves implementing controls for the organization’s software operating environment to strengthen security. 4.3. *Operational Enablement*, which involves identifying and capturing security-relevant information needed by an operator to properly configure, deploy, and run an organization’s software.

The LSP method prescribes, as a first step during the model development process, to establish the user requirements in the form of a requirement tree. It must be

stressed that the choice of the requirements is a prerogative of the user. In the present case, requirements have been taken from both the Software Assurance Maturity Model (SAMM) [15] and the SAMM Assessment Toolbox v1.5 [14], which are partially shown in Table 1 and Table 2, and we have proposed a way of evaluation based on the application of a criterion function, which has been created combining a number of CPL operators offered by the LSP method.

In the LSP method, a requirement tree is built by applying a hierarchical decomposition process for requirement derivation. The first three levels of our tree have been taken from the first three levels of SAMM, namely: Business Functions, Security Practices, and Objectives, as shown in Table 1. The fourth level of the tree contains a number of questions to be done during assessment interviews. The leaves of the requirement tree correspond to what the LSP method calls Performance Variables. In our model, leaves are located in the fifth level and they have been taken from the interview guidance that are given in the SAMM Assessment Toolbox v.1.5 [14]. There are more than two hundred leaves so the complete tree cannot be shown here. Table 2 shows the last four levels of the requirement tree only for item 2.1. *Threat Assessment*.

Table 2. Last four levels of the requirement tree for item 2.1. Threat Assessment only

2.1. Threat Assessment	2.1.1. TA1: Identify and understand high-level threats to the organization and individual projects	2.1.1.1 Do projects in your organization consider and document likely threats?	2.1.1.1.1
			2.1.1.1.2
			2.1.1.1.3
			2.1.1.1.4
		2.1.1.2. Does your organization understand and document the types of attackers it faces?	2.1.1.2.1
			2.1.1.2.2
	2.1.2. TA2: Increase accuracy of threat assessment and improve granularity of per-project understanding.	2.1.2.1. Do project teams regularly analyze functional requirements for likely abuses?	2.1.2.1.1
			2.1.2.1.2
		2.1.2.2 Do project teams use a method of rating threats for relative comparison?	2.1.2.2.1
			2.1.2.2.2
		2.1.2.3 Are stakeholders aware of relevant threats and ratings?	2.1.2.3.1
2.1.3. TA3: Concretely align compensating controls to each threat against internal and third-party software	2.1.3.1 Do project teams specifically consider risk from external software?	2.1.3.1.1	
		2.1.3.1.2	
	2.1.3.2. Are the majority of the protection mechanisms and controls captured and mapped back to threats?	2.1.3.2.1	
		2.1.3.2.2	
		2.1.3.2.3	
		2.1.3.2.4	

4.2. Elementary Criteria

During the evaluation process, each performance variable must be mapped into an elementary preference that expresses the degree of fulfillment of the requirement associated to the performance variable. Therefore, elementary criteria must be defined and applied to each performance variable to transform their values to values in the interval [0..100], where 0 means that the requirement has not been fulfilled at all and 100 that it has been completely satisfied. In our case, each elementary preference value comes out directly from the evaluation made by the team conducting the interviews during the assessment; therefore, there is no need in this case of defining any elementary criteria. Other simple scales can also be considered, as the one proposed by OWASP in [15], where a score of four values is shown, i.e. 0.0; 0.2; 0.5; 1.0 and where each performance variable can be easily transformed into an elementary preference into the standard value [0..100]. Let us note that, in some cases, OWASP propose the use of the range of values 0..3 like, for example, in the SAMM Toolbox [14]. In this case, each elementary preference should be obtained from the normalization of the value in the range 0..3 to the range 0..100.

4.3. Building the Aggregation of Preferences

Once the requirement tree has been defined, its leaves are then aggregated into a LSP criterion function, which allows obtaining a global as well as several partial indicators of the percentage of maturity met by a given organization. For reason of space, it is not possible to show the complete structure but only portions of it.

Figure 2 and Figure 3 show two aggregation structures, which are part of the LSP criterion function. Circles represent CPL operators, also referred to as Generalized Conjunction Disjunction (GCD) operators, rectangles correspond to elementary preferences and weights are shown over the edges (arrows). Rounded rectangles in light grey do not form part of the aggregation structure. We have introduced them to indicate partial preferences corresponding to the aggregation of a set of items in the requirement tree.

We have chosen to illustrate this section with the partial aggregation structure built for the first three levels of item 2.3.1 SAI, which is part of item 2.3 Secure Architecture, which in turn is part of item 2.Construction (as it can be seen in Table 1). Preferences 2.3.1.1.1., 2.3.1.1.2. and 2.3.1.1.3. have been aggregated by the CPL function CA, since they all have been judged to be mandatory, meaning none of them should be with a very low value. Preferences 2.3.1.2.1 and 2.3.1.2.2 have been

considered of a higher mandatory nature therefore they have been joined by a stronger conjunction operator C+. Also both items 2.3.1.1 and 2.3.1.2 have been aggregated by the CPL operator C+. Note that the relative importance of each item is also given by the weights associated to them.

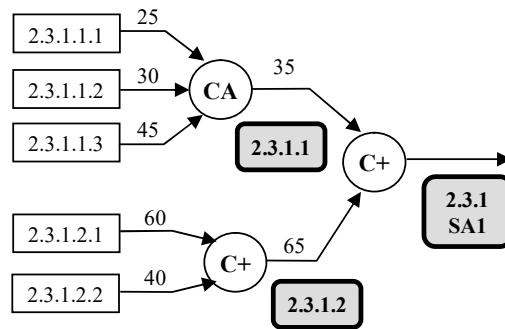


Figure 2. Aggregation structure of item 2.3.1. SAI.

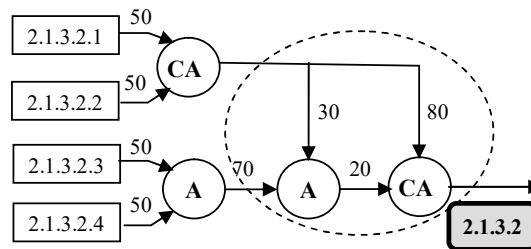


Figure 3. Partial Absorption for item 2.1.3.2.

It can be argued that many security features are mandatory therefore nearly all CPL operators will be conjunctive. However, sometimes there are features that can be considered optional and their absence should not penalize the result of the whole evaluation. In this situation a particular LSP structure, called partial absorption can be used. This structure is useful when joining a mandatory preference p_m with other optional preferences. Hence, if the mandatory preference p_m is equal to zero whatever the result of the partial absorption will be zero whatever the values of the optional preferences are. In any other case, the output corresponds to the mean of the range $(p_m - \delta-, p_m + \delta+)$, where $\delta-$ and $\delta+$ determine the weights to be used. Both $\delta-$ and $\delta+$ are obtained from a pre calculated table (see [4] for more on this). This kind of situation is illustrated by Figure 3, where a partial absorption for the evaluation of item 2.1.3.2 has been used. In this structure, items 2.1.3.2.1. An assessment for each project has been conducted to identify mitigating controls that prevent preconditions identified in attack

trees or threat models and 2.1.3.2.2. This assessment is updated each time new features or requirements are introduced or the attack tree is modified. have been considered mandatory, while items 2.1.3.2.3. *Mitigating controls have been documented within the attack tree or threat model.* and 2.1.3.2.4. *Mitigating controls or security requirements have been added to each project to address any preconditions that still lead to a successful attack within attack trees.* have been considered optional.

5. Conclusion and Future Work

Assessing the functioning of a security system to verify how correctly implemented is and how much covers the security needs of an organization is a complex task, so it is important to have a model to assist in this undertaking.

In this paper a model for the evaluation of cybersecurity implementation is presented. The model is based on the recommendations given by the Software Assurance Maturity Model (SAMM), particularly the Assessment Toolbox v1.5 and it has been developed by following the LSP Method, a method for complex system evaluation, which is based on a Continuous Logic.

The presented model uses the above mentioned standard as a basis for a requirement tree and it allows obtaining a numerical indicator of the security requirements fulfillment; in this case what percentage of maturity has been attained.

Our model does not include cost as an item. Cost is obviously an important attribute to be well thought-out when implementing a system, however its evaluation is very complex since the different features to be considered are numerous and not trivial. Items as being taken into consideration here are not only equipment's cost, but also maintenance, amortization, storage, transportation, etc. This is another area that is being approached and where we expect to have results to show in future publications.

Since the model is based on a method that is very flexible it can be adapted to the different needs and user requirements. This is an open area where there is room for improvement of the presented model.

6. References

- [1] Bartol, Nadya; Bates, Brian; Goertzel, Karen Mercedes; Winograd, Theodore: "Measuring Cyber Security and Information Assurance". State-of-the-Art Report (SOAR), Information Assurance Technology Analysis Center (IATAC), Defense Technical Information Center, Department of Defense, USA. May 8, 2009.
- [2] CERT Division of the Software Engineering Institute (SEI). Carnegie Mellon University (CMU). <http://www.cert.org/> (Retrieved March 2015)
- [3] Dasso, Aristides, Funes, Ana, Montejano, Germán, Riesco, Daniel, Uzal, Roberto, Debnath, Narayan; "Model Based Evaluation of Cybersecurity Implementations". In S. Latifi (ed.), Information Technology New Generations, Advances in Intelligent Systems and Computing 448. DOI: 10.1007/978-3-319-32467-8_28. Springer International Publishing, Switzerland 2016.
- [4] Department of Homeland Security (DHS) Control Systems Security Program (CSSP). Cyber Security Evaluation Tool.
- [5] Dujmovic, J. J. and Elnicki, R., "A DMS Cost/Benefit Decision Model: Mathematical Models for Data management System Evaluation, Comparison, and Selection", National Bureau of Standards, Washington, D.C., No. NBS-GCR-82-374, NTIS No. PB82-170150 (155 pages), 1982.
- [6] Dujmovic, Jozo J.: "Continuous Preference Logic for System Evaluation", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 15, N° 6, December 2007
- [7] EVITA, E-safety Vehicle Intrusion Protected Applications. <http://www.evita-project.org/> (Retrieved March 2015)
- [8] Geoffrey Karokola, Stewart Kowalski and Louise Yngström. "Towards An Information Security Maturity Model for Secure e-Government Services: A Stakeholders View". Proceedings of the Fifth International Symposium on Human Aspects of Information, Security & Assurance (HAISA 2011). Editors: Steven Furnell, Nathan Clarke. London, United Kingdom 7-8 July 2011. Publisher: Lulu.com - 2011
- [9] IEEE Computer Society Center for Secure Design. <http://cybersecurity.ieee.org/center-for-secure-design.html> (Retrieved March 2015)
- [10] IEEE Cyber Security Initiative. <http://cybersecurity.ieee.org/about.html> (Retrieved March 2015)
- [11] Malik F. Saleh. "Information Security Maturity Model". INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND SECURITY (IJCSS). Edited by DR. NABEEL TAHIR. Volume 5, Issue 3, August 2011. Publishing Date: July / August 2011. ISSN (Online): 1985 -1553
- [12] National Institute of Standards and Technology (NIST), Security Content Automation Protocol (SCAP) <http://scap.nist.gov/index.html> (Retrieved March 2015)
- [13] Oracle Security Evaluations Blog. <https://blogs.oracle.com/seceval/> (Retrieved March 2015)
- [14] OWASP. SAMM_Assessment_Toolbox_v1.5_FINAL.xlsx. Retrieved 28/11/2017 from: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_SAMM_Project
- [15] OWASP. Software Assurance Maturity Model. A guide to building security into software development. Version 1.5. OWASP The Open Web Application Security Project. Retrieved 28/11/2017 from: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_SAMM_Project

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [16] Rosmiati, Imam Riadi, Yudi Prayudi. "A Maturity Level Framework for Measurement of Information Security Performance". *International Journal of Computer Applications (0975 - 8887)*, Volume 141 –No.8, May 2016
- [17] Rossella Mattioli, Konstantinos Moulinos, "Analysis of ICS-SCADA Cyber Security Maturity Levels in Critical Sectors". *European Union Agency for Network and Information Security (ENISA)*, 2015.
- [18] Rozenfeld, M.: "IEEE Standards on Cyber Security". *THE INSTITUTE. IEEE*. Volume 39, Issue1, March 2015.
- [19] Sérgio Monteiro, "Information Security Maturity Level: A Fast Assessment Methodology". In *proceedings of Ambient Intelligence-Software and Applications –8th International Symposium on Ambient Intelligence (ISAmI 2017)*. 21-23 June, Porto, Portugal. J.F. De Paz, V. Julián, G. Villarrubia, G. Marreiros, P. Novais (Eds.). ISBN 978-3-319-61118-1
- [20] Sjelín N., White G. "The Community Cyber Security Maturity Model". In: Clark R., Hakim S. (eds) *Cyber-Physical Security. Protecting Critical Infrastructure*, vol 3. Springer, Cham.
- [21] Sultan Almuhammadi and Majeed Alsaleh. "INFORMATION SECURITY MATURITY MODEL FOR NIST CYBER SECURITY FRAMEWORK". *Computer Science & Information Technology, Sixth International Conference on Information Technology Convergence and Services (ITCS 2017)*. Sydney,

Computing Power, Key Length and Cryptanalysis. An Unending Battle?

Aristides Dasso, Ana Funes, Daniel Riesco, Germán Montejano

SEG,

Universidad Nacional de San Luis,

San Luis,

Argentina

{*aridas, afunes, driesco, gmonte*}@unsl.edu.ar

Abstract

There are several methods to measure computing power. On the other hand, Bit Length (BL) can be considered as an indicator of the strength of an asymmetric encryption method. We review here ways to determine the security, –given an span of time– of a factoring-based encryption method –such as RSA– by establishing a relation between the processing power needed to break a given encryption and the BL used in the encryption. This relation should help us to provide an estimation of the time span during which an encryption method for a given BL will be secure from attacks.

1. Introduction

For our purposes we define a document as a text, image, sound, etc., that needs to be transmitted or kept. In both cases it has to be secured against inspection, modification, or both, by non authorised agents; an agent being a person or a computer program. The document's protection has a life span, i.e. a period of time during which the protection should work.

Along history there has been a need for protection against potential attacks to a document. This need has been satisfied by storing the document in a secure place or using encryption of the document. Several encryption methods have been used, from the most simple transposition of symbols or even the use of a different language, to the more modern methods used in electronic transmission and storage, so is safely to say that encryption has a long history that precede their use in the computer area.

Nowadays we can distinguish two main families of encryption methods, namely Symmetric and Asymmetric (or Public-Key). Symmetric methods are used from what can be called the beginnings of cryptography to the

present. Symmetric methods use the same cryptographic key for both encryption and decryption of a document.

Asymmetric (or Public-Key) methods rely –at least at present– on what are called ‘one way functions’. This concept can be exemplified by quoting W. S. Jevons, who said in 1874: “Can the reader say what two numbers multiplied together will produce the number 8,616,460,799 ? I think it unlikely that anyone but myself will ever know; for they are two large prime numbers, and can only be rediscovered by trying in succession a long series of prime divisors until the right one be fallen upon. The work would probably occupy a good computer for many weeks, but it did not occupy me many minutes to multiply the two factors together.” [12]. However, according to [21] the Jevons’ number was factored by Bancroft Brown around 1925.

Without going into the theory of ‘one way functions’, a one-way function is a function that is ‘easy’ to compute for any input, but ‘hard’ to compute the inverse, i.e. given an output of the function is hard to obtain the corresponding input. ‘Easy’ and ‘hard’ relate to computational complexity theory.

Going back to Jevons’ example, it is not ‘impossible’ to find the factors that produce 8,616,460,799, is ‘hard’, and getting easier –less ‘hard’ if you will– with the increase along time of electronic computer power. One of the most commonly used methods is based on what is known as the factorization problem, i.e. how long it takes to factor a composite number.

A document that is encrypted has a protection life span; this life span is related to the nature of the document and this is also related to the security of the encryption method. For instance, nowadays, a document that is a message which only needs to be secure until electronic delivery, has a very short protection life span, probably measured in seconds or fractions of a second; while a document that is digitally signed using an

encryption method would need a life span of several years. The protection life span of a document depends – when the encryption method is based on the factorization problem– on the time it takes to find the factors of a composite number (public key) and this is related to the length (number of digits) of the composite number to be factored. Hence determining the required life span of a document is directly related to the number of digits of the encryption key to be used. At present, the length of an encryption key is measured in bits (BL).

Therefore, time comes now into the picture, i.e. life span of a document as well as time taken to break a given encryption key are important. So, to keep a secret based on the ‘hardness’ of a computation at a given moment and pretending to be kept so for a period of time, the ongoing increase in computer power as well as cryptanalysis must be considered. That is the gist of this article, namely, if at time t_0 a document is normally encoded with x_0 bits and at time t_1 encoding is normally done using x_1 bits ($x_0 < x_1$), can a document encoded with x_0 bits be broken at time t_1 ?, and if so, how large will x_0 have to be; at least $x_0 = x_1$?, or larger still?, and how to estimate, when you are at t_0 , the value of x_0 ?

The rest of the article is organized as follows: in section 2 a short presentation of the RSA method is given. RSA is the Asymmetric (or Public-Key) method that we have analyzed, since RSA is currently not only the most used method but also the method on which there are more attacks done. In section 3, the different attacks that RSA has suffered are reviewed and compared to some statistics on the increase in computer power along the years. In section 4 we present a method to combine time, BL and computer effort to estimate the BL needed at a particular time period. In Section 5, we discuss the data presented in previous sections, so as to estimates possible outcomes. Section 6 gives some conclusions.

2. Asymmetric Encryption Methods - RSA

The example given above by Jevons [12] is actually the basis of one of the most used method nowadays of public key cryptography, i.e. RSA. Discovery of the basics of the public key method is normally attributed to Whitfield Diffie and Martin Hellman [8] although others like Ralph Merkle [18], James Ellis, Clifford Cocks, among others [29] can claim to have discovered a similar method.

The RSA method was developed by Rivest, Shamir and Adleman [24] in 1978. RSA stands for the initials of their last names.

RSA encryption works as follows: given a public key $k_{pub} = (n, e)$, and a plain document represented by a

number M , the encryption function that produced the encrypted document C , is:

$$C = e(M) \equiv M^e \pmod n$$

where:

$$n = pq; (p, q) \text{ are primes} \quad (1)$$

$$\text{and } M, C \in \mathbb{Z}_n$$

RSA decryption works as follows: given the private key $k_{pr} = d$ and the cipher text C ,

$$M = d(C) \equiv C^d \pmod n$$

where:

$$d \text{ is a large integer, that is relatively prime to } (p-1)(q-1), \quad (2)$$

$$\text{which is the same as } \Phi(n) = (p-1)(q-1)$$

$$\text{i. e. } \gcd(d, (p-1)(q-1)) = 1$$

$$\text{and } M, C \in \mathbb{Z}_n$$

While the encryption key (n, e) is public, i.e. known to everybody, the decryption key, d , is private; also (p, q) , are known only to the proprietor of the decryption key.

n is sometimes known as the modulus, and since n is the product of two prime numbers (p and q in equation (1)) the security of RSA is based on the difficulty of the integer factorization problem.

3. Attacks on RSA

The security level of a cryptosystem can be measured in bits. In general, “An algorithm is said to have a “security level of b bit if the best known attack requires 2^b steps.” [22]. Following this idea, an example of an estimation of security level is given in Table 1.

Table 1. Bit lengths of various cryptosystems for different security levels [22]

Algorithm Family	Crypto systems	Security Level (bit)			
		80	128	192	256
Integer factorization	RSA	1024 bit	3072 bit	7680 bit	15360 bit
Discrete logarithm	DH, DSA, Elgamal	1024 bit	3072 bit	7680 bit	15360 bit
Elliptic curves	ECDH, ECDSA	160 bit	256 bit	384 bit	512 bit
Symmetric-key	AES, 3DES	80 bit	128 bit	192 bit	256 bit

The size of an RSA key refers either to the bit-length of the RSA modulus or the number of decimal digits of the number (n in equation (1) and (2)). So in the cryptosystem RSA- $\langle number \rangle$, the $\langle number \rangle$ refers to the number of decimal digits, or in other cases to the number of bits. Chiefly, decimal digits were used from RSA-100 to RSA-500, and bits from RSA-576 on [31].

RSA Laboratories had a challenge to encourage research into the difficulty of factoring large integers. The challenge ran from 28 January 1997 until May 2007. A list of the numbers proposed for the challenge with the author, date, etc., on which some of them were factored, can be found in [32].

3.1. RSA Attacks that are not contemplated

There are different attacks on RSA security to obtain the private key, ranging from social engineering to straight stealing of the key, bad management of the key and their generation, among others. However we are not concerned here with these kinds of attacks on RSA. We considered these attacks as ‘physical’ attacks and their security is correspondingly ‘physical’ and do not depend on the Bit Length of the key.

We do not consider either the feasibility of obtaining the key using methods like eavesdropping with sophisticated means such as those described in [11].

Also, the possibility of different organizations having factored large integers –larger than those publicly known at the time of writing– and keeping it private is not considered in this work. However, on this last point, [17] believes that “unpublished work is many years ahead of what the public at large gets to see”. But, since we are not considering this scenario, neither will we estimate how many years ahead is the unpublished work.

The advent of quantum computing and the corresponding algorithms such as [27] are also not contemplated; although progress continues in this area [7].

Excluded as well are different proposals of special hardware to perform factorization [25] [26] [28].

Whether factoring a large integer is easy or harder than breaking RSA –or solving the so called RSA problem– is also not covered here, for more on this see [1] [2] [3] [4].

3.2. RSA Attacks analyzed

The attacks on RSA that we have considered are those based on the factorization of large integers, i.e. getting p and q from n (see equation (1) and (2)).

If an attacker succeeds in factoring n , then it can get d –and then M , of course– as shown in equation (3).

$$\begin{array}{l} 1^{\text{st}} \quad \phi(n) = (p - 1) \cdot (q - 1) \\ 2^{\text{nd}} \quad d^{-1} \equiv e \pmod{\phi(n)} \\ 3^{\text{rd}} \quad M \equiv c^d \pmod{n} \end{array} \quad (3)$$

Up to the time of writing, the claim for the largest known RSA number factored is RSA-768 [14]. Also in

[32] the RSA Numbers, the date when they were factored and who did it, can be found.

Figure 1 shows a curve where the RSA key length is plotted against the date when it was factored. It also shows in red the tendency as an exponential line.

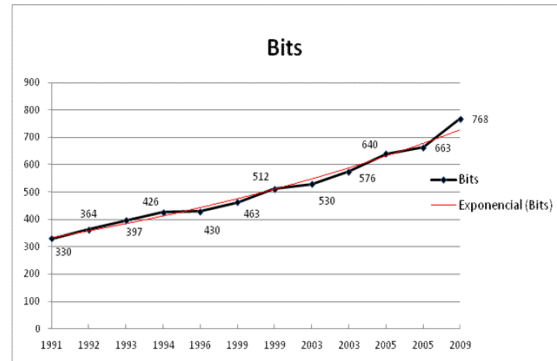


Figure 1. RSA bit length/date factored

Not only it is important the key length in the factoring process but also the cost of such process. Cost can be measured in several ways, from simple monetary cost, ranging to speed, time, etc.; obviously, the complexity of the algorithm used, as stated above, is the absolute cost in terms of the computing effort. However, from the point of view of security, overall speed in breaking a given RSA number is one important factor, if not the most important. Monetary cost on the other hand could be said to be directly related to the expected monetary gain in breaking a given RSA key.

Along history there have been many methods to try integer factorization, from the sieve of Eratosthenes, to Fermat’s factorization algorithm. It can be said that John M. Pollard new method, i.e. Pollard’s ρ algorithm (1975), is much faster than trial division. MPQS, invented by Carl Pomerance in 1981 was a significant step, and then of course NFS in 1993.

Currently factorization is done using the Number Field Sieve (NFS) [15], or General Number Field Sieve (GNFS); that was an important improvement from previous methods, e.g.: Multiple Polynomial Quadratic Sieve (MPQS). NFS considerably accelerated the factoring process.

This change can be observed in Table 2 where there was a factor of 5 in improvement in effort measured in MIPS/year when changing from MPQS to NFS. Also, the extrapolations from factoring the previous RSA numbers (RSA-130 and RSA-140) to the effort it should have taken factoring RSA-155 shows differences of 4 and 2 times respectively with the actual effort taken. This reveals that the effort needed –in this case measured in

MIPS/year– not only decreases along time, something to be expected, but it does so dramatically.

Table 2. Computing Time Effort [10] [14]

Number	Date	MIPS /year	Algorithm	Extrapolation from:	
				RSA-140	RSA-130
C116	1990	275	MPQS		
RSA120	1993	830	MPQS		
RSA129	1994	5,000	MPQS		
RSA130	1996	1,000	NFS		
RSA140	1999	2,100	NFS		
RSA155	1999	8,400	NFS	16,800	33,600

The complexity of factoring an RSA number can be expressed, using L -notation, by equation (4); that is the heuristic complexity associated with NFS [15]. It is not a polynomial time, and is not either an exponential one; it's considered super-polynomial. The algorithm in [27] is considered polynomial.

$$L[n, u, c] = \exp(c(\ln n)^u (\ln \ln n)^{1-u})$$

Were $c = (64/9)^{1/3} \approx 1.923$ and $u = 1/3$ (4)

For convenience $L[n, u, c]$ is referred as $L[n]$

The fastest factoring of an RSA number is claimed by [30]; they factored RSA-160, 512 bits, in 2015, in under four hours using Amazon Elastic Compute Cloud platform for a cost of \$75; and although they were not the first by a long shot, the great reduction in processing time is a significant advance and a clear indication of the importance of cloud computing and must be taking into consideration for the future of the security of factoring-based systems.

4. Key length estimation

Key length, given in bits (BL), is critical for the security of a cryptographic protocol. BL has to be considered together with the time span that the security is desired to be kept.

There are several points to be considered when estimating the strength in time of a given key, namely, processing power, and theoretical computational effort needed (see equation (4) above) that implies not only the amelioration of the current method but also the emergence of a radically new method, hardware cost, empirical data from the published reports of RSA breaking. The theoretical computational effort needed is unlikely to change in the foreseeable future unless a new method is introduced.

On the other hand, is difficult to predict the advent of a radically new method [17]. The arrival of a totally new factoring method that transform factoring from superpolynomial to polynomial, e.g. a quantum method, unpublished reports coming to light, or anything equally catastrophic from the security point of view, etc., as it was already said above, cannot be considered since it is nearly impossible to estimate anything about them and it would amount to sheer speculation. Should any of this happen, then all bets are off.

So in the next sections we will be considering only three factors, namely experimental data on factoring RSA numbers, computer power, and factoring effort based on equation (4).

4.1. Data on factoring and their relation to each other

It is also true that the current method employed, namely GNFS, is steadily being improved, but these improvements do not produce significant changes as a completely new method will.

Table 3 shows three RSA number with the year they were factored, and the number of hours taken to do it. We can see that the two RSA-512 were factored 16 years apart, but the second time (2015) took approximately 1,260 times less hours than the first (1999). RSA-768, that is 1.5 times longer than RSA-512, took approximately 4.3 times more (in 2009) than RSA-512 (1999).

Table 3. RSA number, year factored and hours taken for factoring

Number	Year	Hours taken for factoring	
RSA-512	1999	5,040 [5]	
RSA-512	2015	4.[30]	1,260 times less than RSA-512 (1999)
RSA-768	2009	21,600 [14]	4.29 times more than RSA-512 (1999)

4.2. Moore's law and BL estimation

The increase in computer power has been related to the so called Moore's law [19] [20] by many –amongst others [9] [13] [16] [17]. Although Moore's law applies to the density of components in an integrated circuit, it has been correlated with computer power in general. According to Moore, the density of components in an integrated circuit doubles every 18 months, so we could assume that computer power should double every 18 months. Whether this doubling will keep in the future is a matter for debate. Several times it has been predicted its dismissal, however it continues to be 'alive', and there

are indications that it will continue to be so, since new fabrication methods continue appearing [6].

This assumption –increase in computer power and Moore’s law– also fits in closely enough with the increase in the factoring speed of a RSA number, namely RSA-512. If 1999 is chosen as a starting period, there are roughly 192 months between 1999 –the first time RSA-512 was factored– and 2015 –the second time RSA-512 was factored–; if computational power would have double every 18 months (there are 10.67 periods of 18 months in the 192 months, with a total doubling of $2^{10.67}$ times), then factoring in 2015 should have taken 3.10059 hours ($5,040 \text{ hs} / 2^{10.67}$) –all things being equal– instead of the actual 4 hours reported [30], so this means doubling every 18.6422 months ($192 / \log_2(5,040 / 4)$) instead of every 18 months as it is shown in Table 4.

Table 4. Doubling every 18m vs. real time taken

Number	Year factored	Months in between	Doubling (months)	Hours
RSA-512	1999			5,040
RSA-512	2015	192	18	3.10059
RSA-512	2015	192	18.6422	4

The differences in these numbers are small enough to attribute them to small errors and therefore they can be ignored, and accept –conservatively– the 18 months doubling for the computational power increase. Since the factoring of RSA-512 in 2015 was done using cloud computing we can say that the doubling takes care of the use of cloud computing too.

Considering the experimental data coming from the actual time taken to factorize RSA numbers, we can see that this data succeeds in explaining both the increase in computer power as well as the steady enhancement of the current factoring method, i.e. GNFS.

4.3. Complexity measure and estimation

We have used equation (4) to calculate the effort required for factoring RSA-512, RSA-768, RSA-1024 and RSA-2048. This is shown in Table 5, where how much harder factoring RSA-768, RSA-1024 and RSA-2048 than RSA-512 is also presented.

Table 5. Effort for RSA-512, RSA-768, RSA-1024 and RSA-2048, using equation (4)

Number	Effort (L)	Times harder
RSA-512	1.73671977E+19	
RSA-768	1.06663813E+23	6.14168242E+03
RSA-1024	1.30207587E+26	7.49732856E+06
RSA-2048	1.52377537E+35	8.77387012E+15

Table 6 shows the claimed time taken to factor RSA-512 in 2015 [30] and RSA-768 in 2009 [14]. It also

shows an estimation of the time it would take given how much harder RSA-768, RSA-1024 and RSA-2048 are in relation to RSA-512 (2015).

Table 6. Time estimation for factoring RSA-768, RSA-1024 and RSA-2048

Number	Actual Time taken (hours)	Time Estimation	
		hours	years
RSA-512 (2015)	4		
RSA-768 (2009)	21,600	24,567	2.80
RSA-1024		29,989,314	3,423
RSA-2048		3.50954805E+16	4.00633E+12

The numbers in Table 5 could be seen as overestimations of the effort needed [17]. However, these estimations are not too far out considering that the numbers shown in Table 6 for RSA-768 are not too different (only approximately 14% more) to the actual time taken. When considering estimation, for a cryptographic key for security reasons, is not too bad to err on the cautious side. This overestimation can increase as n grows bigger. Again, since we are trying to come out with a BL that gives a reasonable guaranteed of protection against attacks, we are not overly concerned with it.

5. Discussion

Looking at Table 7, where we have considered the data on the breaking of RSA-512 in 2015 and supposed a doubling of computer power every 1.5 years, for example, by the year 2039, just 22 years away (from 2018) and according to our estimation, it will take seven and a half minutes to break an 512-encryption.

Table 7. Breaking RSA-512 considering doubling power 1.5 years

Year	years	minutes
2015		240
2016,5	1,5	120
2018	3	60
2021	6	30
2027	12	15
2039	24	7,5
2063	48	3,75
2111	96	1,875

On the other hand, when taking into account the effort needed –as presented in Table 5–, if we look at Table 8,

that shows the estimated time it takes factoring RSA-1024 and RSA-2048 if we suppose that RSA-512 takes 1 minute –instead of the four hours it really took to break it– then RSA-1024 takes more than 14 years to be broken and RSA-2048 takes more than 16 billion (1.66930558E+10) years to be broken. All this considering the present conditions, of course.

Table 8. Considering RSA-512 would take 1 minute

Number	Time Estimation		
	minutes	hours	years
RSA768	6,141.68	102.3613737	0.01
RSA-1024	7,497,328.56	124,955.4761	14.26
RSA-2048	8.77387012E+15	1.46231E+14	1.66930558E+10

In [23] it is recommended that the minimum size for an encryption up to the year 2030 should be 2048, while 3072 bits (or more) should be used after the year 2030.

However, for anything that goes beyond a horizon fifty years away is difficult to ascertain its reliability. Who can say that a new polynomial algorithm or machine –whether quantum or otherwise– cannot appear in fifty years time? That raises an important issue in digital signatures, where an encoding should last one, or even two generations –considering a generation to be twenty five years– and moreover, if we take into consideration that whoever signed the document could not be around anymore to change the signature of the document, then there is no guaranteed that a 2048 or even larger BL would last that long to protect a digital signature.

6. Conclusion

We have considered BL in factoring-based encryption methods to evaluate the level of protection given during a particular time frame, especially when the time desired spans for several years. To achieve that, we have resorted to analyze decryption methods, focusing our attention on factoring algorithms that are the main breaking methods used at present.

We have not considered social engineering methods since they belong to ‘physical’ security protection mechanisms. Neither were analyzed the possibilities of new and better factoring algorithms that those currently in use, or the appearance of different types of computers such as quantum or otherwise. It is very hard to estimate the speed of the advances in those two areas.

In analysing the breaking of factoring-based encryption methods we directed our attention to RSA that is one of the most widely used method and for which there is plenty of evidence of successful breaking attempts. Also we employed the heuristic formula L for the effort needed to factorize different key lengths. So

using both data –‘real life’ breaking of different RSA lengths, as reported in the literature and the effort needed, for a given RSA length, at the time of breaking– we have given an estimation of the BL needed to keep an encryption secured for an specified time frame.

As a final question we can ask: will a new polynomial algorithm or machine appears in the next fifty years (two generations in our previous scenario)? If the answer is yes then there is no BL that would protect a document encoded with a factoring–based algorithm. If the answer is not then the other alternative is to choose a BL of 2048, that considering the present situation and equation (4), should be good enough to ensure security for the next 16 billion years.

7. References

- [1] Aggarwal, Divesh; Maurer, Ueli M. “Breaking RSA Generically is Equivalent to Factoring” Advances in Cryptology - EUROCRYPT 2009, 28th Annual International Conference on the Theory, Applications of Cryptographic Techniques. Volume 5479 Lecture Notes in Computer Science Editors Antoine Joux. Springer Berlin, Heidelberg. 2009.
- [2] Aggarwal, Divesh; Maurer, Ueli M. “FACTORIZING IS EQUIVALENT TO GENERIC RSA”. IACR, Cryptology ePrint Archive, 2008. Retrieved 12/07/2016 <http://eprint.iacr.org/2008/260> SAMEas previous one
- [3] Boneh, D; Venkatesan, R. “Breaking RSA may not be equivalent to factoring”. Proceedings of the International Conference on the Theory, Application of Cryptographic Techniques. Espoo, Finland, May 31 – June 4, 1998. Advances in Cryptology — EUROCRYPT’98. Lecture Notes in Computer Science, Volume 1403. Editor: Kaisa Nyberg. Springer Berlin, Heidelberg 1998.
- [4] Brown, Daniel R. L. “Breaking RSA May Be As Difficult As Factoring”, IACR, Cryptology ePrint Archive, 2005. Retrieved 07/12/2016 <http://eprint.iacr.org/2005/380>
- [5] Cavallar, S.; Dodson, B.; Lenstra ,A., K., Lioen, W.; Montgomery, P. L.; Murphy, B.; te Riele, Herman; Aardal, K.; Gilchrist, J.; Guillerm, G.; Leyland, P.; Marchand, J.; Morain, F.; Muffett, A.; Putnam ,Chris and Craig; Zimmermann, P. “Factorization of a 512-Bit RSA Modulus”. Proceedings, International Conference on the Theory and Application of Cryptographic Techniques Bruges, Belgium, May 14–18, 2000. pp 1-18. Editors Bart Preneel. Lecture Notes in Computer Science 1807. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI 10.1007/3-540-45539-6_1
- [6] Courtland, Rachel. “The Molten Tin Solution”. IEEE SPECTRUM, Nov 2016.
- [7] Dattani, Nikesh S.; Bryans, Nathaniel. “Quantum factorization of 56153 with only 4 qubits”. December 1, 2014. arXiv.org > quant-ph > arXiv:1411.6758. Retrieved 19/08/2016, <http://arxiv.org/pdf/1411.6758v3.pdf>

- [8] Diffie, W. and Hellman, M. "New Directions in Cryptography". *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY*, VOL. IT-22, NO. 6.
- [9] ECRYPT II, European Network of Excellence in Cryptology II, "Yearly Report on Algorithms and Keysizes (2011-2012)". ICT-2007-216676. Retrieved 2/11/2016, <http://www.ecrypt.eu.org/ecrypt2/>
- [10] FactorWorld. "General Purpose Factoring Records." Retrieved 20/02/2018, <http://www.cryptoworld.com/FactorRecords.html>
- [11] Genkin, D.; Shamir, A.; Tromer, E. "RSA Key Extraction via Low-Bandwidth Acoustic Cryptanalysis". Retrieved 12/07/2016, <http://www.tau.ac.il/~Etromer/papers/acoustic-20131218.pdf>.
- [12] Jevons, W. S. *The principles of science : a treatise on logic and scientific method*. MACMILLAN AND CO. New York, 1874.
- [13] Kleinjung, T.; Lenstra, A.K.; Page, D.; Smart, N.P. "Using the Cloud to Determine Key Strengths". Retrieved 2/11/2016, <http://www.cs.bris.ac.uk/~nigel/Cloud-Keys/>
- [14] Kleinjung, Thorsten; Aoki, Kazumaro; Franke, Jens; Lenstra, Arjen; Thomé, Emmanuel; Bos, Joppe; Gaudry, Pierrick; Kruppa, Alexander; Montgomery, Peter; Osvik, Dag Arne; te Riele, Herman; Timofeev, Andrey; Zimmermann, Paul; "Factorization of a 768-bit RSA modulus". IACR, Cryptology ePrint Archive, Report 2010/006, 2010, Retrieved 21/07/2016, <http://eprint.iacr.org/2010/006>.
- [15] Lenstra, A.K., Lenstra, H.W.J. (Eds.). "The Development of the Number Field Sieve". Series: Lecture Notes in Mathematics, Vol. 1554. 1993, VIII, 140 p. Springer-Verlag Berlin Heidelberg,
- [16] Lenstra, Arjen K. "Unbelievable Security Matching AES security using public key systems". Proceedings of the 7th International Conference on the Theory and Application of Cryptology and Information Security: Advances in Cryptology (ASIACRYPT '01), Pages 67-86. Springer-Verlag London, UK 2001. Retrieved 2/11/2016, <http://iacr.org/archive/asiacrypt2001/22480067.pdf>
- [17] Lenstra, Arjen K.; Verheul, Eric R.. "Selecting Cryptographic Key Sizes". *Journal of Cryptology* (2001), 14: 255–293. DOI: 10.1007 / s00145-001-0009-4.
- [18] Merkle, R., C. "SECURITY, AUTHENTICATION, AND PUBLIC KEY SYSTEMS". Doctoral Dissertation. Technical Report No. 1979-1. STANFORD UNIVERSITY. June 1979. Retrieved 01/08/2016, <http://www.merkle.com/papers/Thesis1979.pdf>
- [19] Moore, Gordon E. "Cramming more components onto integrated circuits". *Electronics*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965
- [20] Moore, Gordon E. "Progress In Digital Integrated Electronics". Technical Digest 1975. International Electron Devices Meeting, IEEE, 1975, pp. 11-13.
- [21] Odlyzko, A. M., "The future of integer factorization", *CryptoBytes* (The technical newsletter of RSA Laboratories) 1 (no. 2) (1995), pp. 5-12. Retrieved 17/08/2016, <http://www.dtc.umn.edu/~odlyzko/doc/complete.html>
- [22] Paar, C.; Pelzl, J. *Understanding Cryptography*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
- [23] République Française. Premier ministre. Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information. "Référentiel Général de Sécurité". version 2.0. Annexe B1. "Mécanismes cryptographiques. Règles et recommandations concernant le choix et le dimensionnement des mécanismes cryptographiques. Version 2.03 du 21 février 2014
- [24] Rivest, R. L.; Shamir, A.; Adleman, L. "A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems". *Communications of the ACM*, Volume 21 Issue 2, Feb. 1978. Pages: 120-126 doi>10.1145/359340.359342
- [25] Shamir, Adi and Tromer, Eran. "Factoring Large Numbers with the TWIRL Device". Retrieved 21/08/2016, <http://cs.tau.ac.il/~Etromer/papers/twirl.pdf>
- [26] Shamir, Adi. "Factoring Large Numbers with the TWINKLE Device". (Extended Abstract). Retrieved 21/07/2016, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.19.8645&rep=rep1&type=pdf>
- [27] Shor, P. W.. "Algorithms for quantum computation: discrete logarithms and factoring". *Proceedings of the 35th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, 1994, Pages: 124 - 134, DOI: 10.1109/SFCS.1994.365700
- [28] Silverman, Robert D. "An Analysis of Shamir's Factoring Device". *RSA Laboratories. Bulletin. Number 12*, May 2, 1999
- [29] Singh, S., *The code book : how to make it, break it, hack it, crack it*. Delacorte Press. New York, 2001.
- [30] Valenta, Luke; Cohnen, Shaanan; Liao, Alex; Fried, Joshua; Bodduluri, Satya; Heninger, Nadia. "Factoring as a Service". In <http://eprint.iacr.org/2015/1000>, Retrieved 05/29/2016. Also in *Financial Cryptography, Data Security 2016*, Twentieth International Conference, February 22–26, 2016. Accra Beach Hotel & Spa, Barbados.
- [31] Wikipedia, "RSA_numbers". Retrieved 21/02/2018, https://en.wikipedia.org/wiki/RSA_numbers
- [32] Wikipedia. "RSA Factoring Challenge". Retrieved 20/02/2018, https://en.wikipedia.org/wiki/RSA_Factoring_Challenge

Redes Definidas por Software en un Entorno de Cloud Computing

Montes de Oca, Federico¹; Galarza, Brian¹; Morales, Martin^{1,2}; Encinas, Diego^{1,3}

¹Instituto de Ingeniería y Agronomía - Universidad Nacional Arturo Jauretche

²Unidad CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN

³Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP -
Centro Asociado CIC

federicomdo97@gmail.com, {bgalarza, martin.morales, dencinas}@unaj.edu.ar

Resumen

Se puede decir que entre los paradigmas más recientes se encuentra la computación en la nube (cloud computing) y las redes definidas por software (Software Defined Networking, SDN). En este trabajo se realiza un acercamiento a ambos paradigmas, a sus arquitecturas y tecnologías. Primero, de manera individual y, luego, en conjunto, haciendo mención de las características que explota la computación en la nube de las SDN.

Luego se muestra una actividad práctica de laboratorio que consiste en desplegar una instancia de cómputo en la nube utilizando un proveedor de Cloud conocido, para luego desplegar en dicha instancia una red SDN virtual y realista, en la cual se realizan pruebas sobre el plano de datos, con el fin de lograr un acercamiento a las tecnologías de enrutamiento utilizadas en los Datacenters Definidos por Software u otros centros virtuales de cómputo similares.

Por último, se hace un análisis de los temas abordados y del significado de estos paradigmas proyectados a futuro.

Palabras Clave: Redes Definidas por Software, Cloud Computing, OpenFlow, AWS

1. Introducción

Dentro del ámbito de las redes de computadoras, el presente trabajo trata sobre un tema que actualmente no se encuentra demasiado explorado.

La investigación presenta la implementación de Redes Definidas por Software [1] aplicadas sobre infraestructura como servicio (IaaS) de un proveedor de servicio de Cloud Computing.

Como objetivos principales de esta investigación e implementación práctica se proponen:

- Comprender los fundamentos y el funcionamiento de las redes definidas por software
- Comprender los servicios brindados por los proveedores de Cloud Computing -en especial, Infraestructura como Servicio-
- Hacer uso de ambas tecnologías de manera exitosa, logrando la comunicación de una red SDN virtual montada en una instancia de un proveedor de Cloud.

2. Introducción a Cloud Computing

El Cloud Computing [2] consiste en un paradigma de consumo de cómputo y de Internet.

Se ofrece servicio de cómputo remoto en el cual una terminal de bajas prestaciones puede realizar tareas complejas para la misma, haciendo uso de Internet.

Este paradigma representa mejores posibilidades en la computación ya que ofrece numerosas ventajas frente a los paradigmas anteriores. Desde una PC, laptop o incluso un smartphone, con el avance de las tecnologías de servicio de internet móvil, se puede estar consumiendo cómputo, almacenamiento y servicios de manera remota a través de internet desde cualquier lugar. Además, abstrae de la complejidad a los usuarios permitiéndoles fácil acceso a los servicios sin la necesidad de tener conocimientos avanzados en computación.

De esta forma, es posible tener “centralizados” datos y programas facilitando el variado uso de dispositivos y haciéndolos útiles por igual.

El paradigma de Cloud Computing es posible gracias a la existencia física de servidores y/o clusters conectados a Internet o a la intranet que son capaces de distribuir por estos medios su capacidad de cómputo, sus programas y almacenamiento a demanda de los clientes. Es decir que pueden ofrecer todo como servicio (XaaS).

Los antecesores de la computación en la nube a lo largo de la historia de las computadoras e Internet son el uso de mainframes por los años 1970s, luego años después el uso del paradigma cliente/servidor en los 1990s y por último el despegue absoluto de Internet en los años 2000s.

La creciente demanda de almacenamiento y cómputo distribuido en la red (redes sociales, portales de streaming, etc) dio lugar al crecimiento del paradigma Cloud y su asentamiento total en la actualidad.

2.1. Servicios de Cloud Computing

Los proveedores de Cloud Computing brindan principalmente las siguientes modalidades de servicio (Figura 1):

- **Infraestructura como Servicio (IaaS):** Se brinda acceso remoto a instancias de cómputo con conectividad a internet, almacenamiento y servidores. Estos servicios son administrados por el proveedor de Cloud. El cliente administra el sistema operativo, middleware, tiempo de ejecución, datos y aplicaciones. IaaS es el servicio más flexible brindado por la mayoría de los proveedores de Cloud. Algunos ejemplos de IaaS son Amazon EC2, OpenNebula y OpenStack [3].
- **Plataforma como Servicio (PaaS):** Engloba los servicios de IaaS, agregando los módulos de sistema operativo, middleware y tiempo de ejecución. Estos últimos ahora son administrados por el proveedor. El cliente administra los datos y las aplicaciones. Elige directamente el OS que necesita, cantidad de almacenamiento y los middleware que brinde el proveedor y que necesite para su trabajo. Por ejemplo Google App Engine [4].
- **Software como Servicio (SaaS):** Se engloban los servicios de IaaS y PaaS. Se agregan los módulos de datos y aplicaciones. El proveedor brinda soluciones de software tales como ERP, Office, diseño gráfico, render y más, todos ellos

centralizados en la nube. El cliente se abstrae del funcionamiento de la red, hardware, sistemas operativos, almacenamiento y programas. Algunos ejemplos de SaaS son Google Docs [5] y Microsoft Office 365 [6].

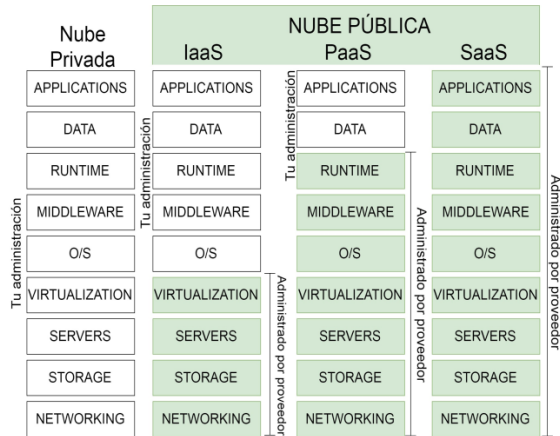


Figura 1. Servicios de Cloud

2.2. Modalidades de Nubes

- **Nube Pública:** Implementada totalmente en la nube, de modo que todas las partes de la aplicación se ejecutan en esta. Las aplicaciones en la nube se han creado directamente en la nube o se han transferido de la infraestructura existente para aprovechar los beneficios de la Cloud Computing. Las aplicaciones basadas en la nube se pueden construir en partes de infraestructura de bajo nivel o pueden utilizar servicios de nivel superior que proporcionan abstracción de los requisitos de administración, arquitectura y escalado de la infraestructura principal.
- **Nube Privada:** Implementación privada mediante herramientas de administración de recursos y virtualización. No aporta muchos de los beneficios de Cloud Computing. Se utiliza por su capacidad de proporcionar recursos dedicados. Este modelo de implementación es semejante al de la infraestructura de TI antigua, mientras que utiliza tecnologías de virtualización y administración de aplicaciones para intentar incrementar el uso de los recursos. Este tipo de nube es utilizada con más frecuencia en empresas grandes con alta complejidad de sistemas y almacenamiento y

donde esta implementación les resulta más rentable y sustentable.

- **Nube Híbrida:** Es una manera de conectar los recursos basados en la nube y los recursos existentes situados fuera de la nube. El método más común de implementación híbrida consiste en conectar la nube pública con la infraestructura privada para ampliar e incrementar la infraestructura de la empresa en la nube al mismo tiempo que se conectan estos recursos en la nube con el sistema interno.

Cada implementación presenta sus ventajas y desventajas y cada una tiene su nivel de dificultad para sincronizar las Políticas Internas de la empresa cliente y las Políticas del proveedor. Se muestra en la Figura 2.

NUBE PRIVADA	NUBE HIBRIDA	NUBE PUBLICA
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la operación IT interna • Mejoras modestas en costes • Escalabilidad y flexibilidad limitadas • Riesgo de obsolescencia • Gestión limitada de picos de demanda • Proyectos a medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Mix de los anteriores • Incertidumbres sobre calidad • Adecuado en escenarios de desbordamiento y poco críticos • Proyectos a medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor escala, costes mas bajos • Difícil integración con Políticas de la empresa • Incertidumbres sobre calidad y seguridad • Mayor nivel de autogestión • Modular y escalable

Figura 2. Implementaciones de Cloud

2.3. Amazon Web Services EC2

Elastic Computing Cloud (EC2) consiste en uno de los principales servicios de AWS para la computación en la nube. Dispone de una consola central de administración donde se pueden lanzar nuevas instancias rápidamente con una imagen de “*máquina Amazon*” y aplicarle cualquier otro servicio agregado como redundancia geográfica, optimización de latencia, y muchos más. Por “elástico” se refiere a la forma de brindar y facturar el servicio de cómputo, ya que el cliente dispone de máquinas virtuales de capacidades escalables bajo demanda, pagando así por horas de cómputo en función del uso.

3. Introducción a Redes Definidas por Software

El campo de las redes de computadoras ha sido gobernado durante los últimos 30 años por la arquitectura TCP/IP. A día de hoy se han presentado nuevos paradigmas alternativos que introducen numerosas ventajas frente al paradigma tradicional.

Uno de estos nuevos paradigmas es el de las Redes Definidas por Software (SDN).

Las SDN presentan una nueva forma de gobierno del tráfico de datos, centralizando en distintos tipos de software el control del tráfico. Una red bajo el paradigma de SDN es capaz de cambiar en tiempo real la ruta de los datos en base a un cambio de norma, de políticas o a partir de cualquier acontecimiento que necesite este cambio. Esto es posible en las redes tradicionales pero representa un trabajo exponencialmente mayor, teniendo que reconfigurar muchos más dispositivos que en SDN, donde, dependiendo de la arquitectura SDN adoptada, sólo se tendría que cargar otras tablas de enrutamiento en el controlador de la red; o, de estar ya cargadas de antemano, simplemente intercambiarlas.

Así, las SDN presentan una solución más rápida, más flexible y más rentable.

3.1. Arquitectura SDN

Es un tipo de red emergente y su arquitectura puede variar en cada implementación específica, dependiendo de las características del proyecto. En general, se apunta al desacoplamiento y centralización del plano de control, abstrayéndose de la infraestructura y accediendo al mismo a través de aplicaciones y APIs, con lo cual puede ser programable.

En las redes tradicionales, disponemos de dispositivos de red que tienen embebidos los tres puntos anteriores (aplicación, control e infraestructura), con lo cual adoptan una característica de tipo monolítica, como los mainframes, donde se tiene que configurar cada uno de ellos de forma individual.

Con SDN y protocolos “hacia el sur” (southbound) se puede cambiar totalmente el patrón de tráfico de toda la red de forma transparente y en tiempo real. Esto genera una enorme ventaja para las empresas ya que aligeran tiempos, complejidad, costos y servicios [7]. OpenFlow es el protocolo más utilizado de tipo southbound ya que brinda libertad a la hora de configurar apartados de la capa de infraestructura y también es Open Source.

Por otro lado, tenemos los protocolos “hacia el norte” (northbound) que trabajan entre la capa de aplicaciones y la capa de control de la red. SDN aporta ventajas a los comportamientos que están adoptando las redes con la llegada de nuevos paradigmas

como el Cloud Computing; alto tráfico como la Big Data, donde se generan patrones de comunicación constante de “este-oeste” entre servidores y bases de datos antes de enviar la información al cliente (comunicación “norte-sur”, haciendo alusión al paradigma cliente servidor).

Las empresas que tienen una gran diversidad de servicios corporativos que utilizan la red (Cloud, VPNs, etc) y los datacenters que al no ver alternativas necesitaban escalar verticalmente sus dispositivos de red, lo cual no era rentable, ya están implementando sus soluciones SDN.

Dentro de ámbitos de Cloud se utiliza SDN en conjunto con NFV[8] (Virtualización de Funciones de la Red) para realizar la “Cloud Orchestration” entre las numerosas e intermitentes instancias de las nubes públicas e híbridas (para los proveedores) y privadas (para los clientes). A continuación, se describen las capas de la arquitectura SDN y se muestran en la Figura 3.

- **Plano de Aplicación:** Está conformado por aplicaciones SDN que son programas que directamente comunican las necesidades y los comportamientos deseados de su red al controlador SDN a través de las interfaces Northbound (NBI), que consisten interfaces “driver” para interconectar el plano de aplicación y el plano de control a través de las APIs Northbound.

Están formadas por una lógica de aplicación y una o más interfaces Northbound.

- **Plano de Control:** La arquitectura permite tener centralizado e independiente el conjunto de políticas y estrategias de ruteo dentro de la red. El encargado de llevar a cabo la retransmisión de esta información hacia los conmutadores y enrutadores es el Controlador, que funciona como “cerebro” de la red. Sin embargo las SDN actual no están obligadas a tenerlo totalmente centralizado, sino que puede ser mínimamente distribuido como clúster por razones de seguridad (ataques DDoS). El controlador se puede configurar y programar con software del plano de aplicación y también con middleware como APIs.
- **Plano de datos:** Está compuesto por los enrutadores y conmutadores que ya no tienen embebidos controladores distribuidos. Esto facilita el despliegue y configuración de nueva infraestructura y aumenta su modularidad. Pero no solo entran en este apartado dispositivos de ruteo o conmutación físicos, sino que abundan las implementaciones SDN con switches virtuales con cómoda portabilidad al

estar programados en lenguajes masivamente soportados como C.

- **Northbound y Southbound APIs:** Consisten en tipos específicos de middleware que interconectan y comunican los tres planos principales de la arquitectura SDN.

Las APIs Northbound hacen referencia a aquellas que interconectan al plano de aplicación y gestión del plano de control, haciendo alusión a la estructura jerárquica.

Por otro lado, el plano de control es interconectado con el plano de datos a través de las APIs Southbound.

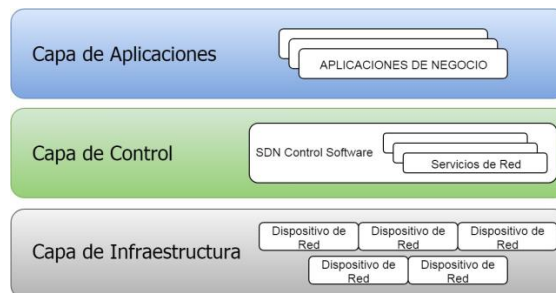


Figura 3. Arquitectura SDN

3.2. OpenFlow

OpenFlow [9] nació como un conjunto de proyectos de investigación, principalmente en la Universidad de Stanford [10], para separar el plano de control del plano de datos de las redes tradicionales. Las primeras pruebas fueron exitosas y se quiso implementar este protocolo de forma escalada. Así, algunas empresas comenzaron a abrirse a estos nuevos cambios y OpenFlow logró gran popularidad hasta ser hoy en día el protocolo de comunicación entre el plano de control y plano de datos por excelencia en las SDN.

Hoy en día numerosos switches físicos son lanzados con compatibilidad OpenFlow ya que la tendencia de las empresas en el ámbito de redes es claro: apuntan hacia la rentabilidad y flexibilidad.

3.3. Mininet

Es un emulador de redes SDN de código abierto programado en Python con el objetivo de apoyar el desarrollo de las SDN [11]. Genera tráfico artificial entre nodos virtuales de la red. Con esta herramienta se pueden crear redes virtuales, hosts corriendo kernels reales y dispositivos de red virtualizados de forma simple y rápida. Se encuentra acotado a ejecutarse en un host anfitrión.

4. Desarrollo

La implementación del proyecto de investigación está dividido en dos partes: Despliegue y Ejecución.

4.1. Despliegue

La planificación se centra en utilizar los servicios de Amazon EC2 [12, 13] para utilizar su capa gratuita de IaaS y, así, desplegar la red SDN virtual Mininet en una de sus instancias remotas.

- **CONEXIÓN REMOTA:** La conexión con el servidor se realiza con el cliente SSH PuTTY desde una terminal local con OS Windows. Luego de lanzar la instancia en AWS EC2, se descarga la pareja de claves desde AWS en formato .pem y se convierte a .ppk con la herramienta PuTTYgen.
- **ESPECIFICACIONES t2.micro (IaaS):** La instancia IaaS de capa gratuita de EC2 a utilizar (t2.micro) cuenta con las características que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones t2.micro

vCPU (cant.)	Memoria	Almacenamiento
1	1 GB	Solo EBS ¹

- **SDN VIRTUAL REALISTA:** Se utiliza la herramienta Mininet, basada en OpenFlow, por su simpleza y documentación. La instalación en el servidor IaaS se realizó con el instalador de paquetes de Linux.
- **SO de la instancia:** Se selecciona como SO Ubuntu Server 14.04 LTS de 64 bits [14].

4.2. Ejecución

Una vez lanzada la instancia desde la consola de AWS EC2 con las especificaciones correspondientes, se realiza la conexión remota a través del Protocolo SSH con el cliente PuTTY y el DNS que AWS proporciona.

4.2.1. Instalación Mininet

La instalación de Mininet [15] en el servidor Linux se realiza mediante el instalador de paquetes:

```
>>sudo apt-get install mininet
```

¹ Amazon Elastic Block Store: Almacenamiento de bloques persistente para Amazon EC2

4.2.2. Test de instalación

- **TOPOLOGÍA TREE:**

Árbol con profundidad 2, 9 switches, 64 hosts. Puede verse en la Figura 4.

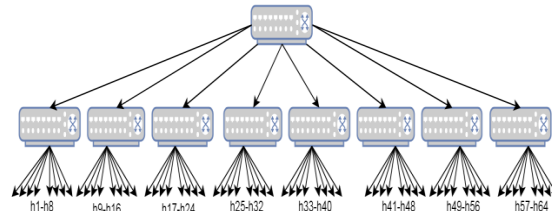


Figura 4. Topología Tree Mininet

Se ejecuta el comando

```
>>sudo mn --topo tree,depth=2,fanout=8
```

Se define a h1 como servidor HTTP y que h64 haga un GET a h1:

```
>>h1 python -m SimpleHTTPServer 80 >&  
/tmp/http.Log &
```

Luego:

```
>>h64 wget -O - - h1:
```

```
mininet> h64 wget -O - h1  
--2018-09-09 20:43:48-- http://10.0.0.1/  
Conectando con 10.0.0.1:80... conectado.  
Petición HTTP enviada, esperando respuesta... 200 OK  
Longitud: 474 [text/html]  
Grabando a: "STDOUT"  
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 3.2 Final//EN">  
<title>Directory listing for /</title>  
<body>  
<h2>Directory listing for /</h2>  
<hr>  
<ul>  
<li><a href=".bash_history">.bash_history</a>  
<li><a href=".bash_logout">.bash_logout</a>  
<li><a href=".bashrc">.bashrc</a>  
<li><a href=".cache">.cache</a>  
<li><a href=".profile">.profile</a>  
<li><a href=".rnd">.rnd</a>  
<li><a href=".Xauthority">.Xauthority</a>  
<li><a href="result">result</a>  
</ul>  
<hr>  
</body>  
</html>
```

Figura 5. HTML Response HTTP de h1

En la Figura 5 se observa el resultado de una petición GET a un servidor HTTP montado en la red SDN virtual.

5. Resultados

Para el análisis de resultados se utiliza la herramienta Iperf [16] y el comando ping de Mininet. A fin de contrastar los mismos y a modo de referencia, se realizan

los tests en la instancia de AWS EC2 y también en una VM Local.

Como topología de red de Mininet se toma la *single* que consiste en dos hosts enlazados por medio de un switch.

- Configuración de la VM Local: Ubuntu Server 14.04 64 bits, 1024MB de RAM, 10GB fijos de ROM.
- Observación: la instalación de Mininet en la VM local generó problemas con el kernel 4.4.0-31-generic, debiendo realizarse un downgrade a la versión 3.13.0-32-generic.

5.1. Bandwidth throughput

Como eje del primer análisis se toma el *throughput* de ancho de banda arrojado entre el tráfico de 2 sobre la red SDN virtual en la VM local y en la instancia en AWS EC2, Se observan los resultados.

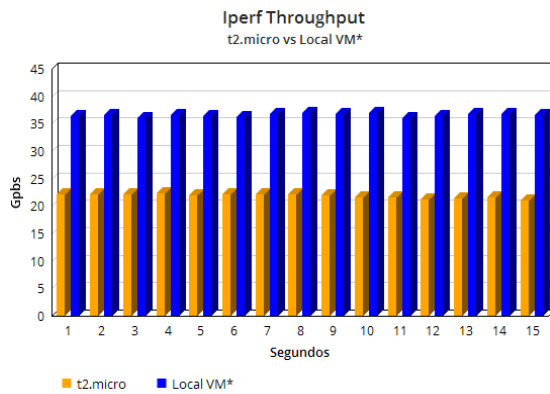


Figura 6. Iperf Bandwidth Throughput

A partir de los datos de la Figura 6 se pueden ver los promedios: t2.micro 21,8Gbps - VM Local 36.5Gbps. Se analiza una diferencia importante de *bandwidth throughput* y, a primera vista, se puede concluir con que la instancia t2.micro presenta desventajas. Pero haciendo un análisis más profundo en la elasticidad de la instancia, bajo demanda de más cómputo puede aumentar de forma escalable su rendimiento y pasar fácilmente los 36.5Gbps de *throughput*. En cambio, la VM Local cuenta con una capacidad de cómputo fija y no tendrá la misma escalabilidad. También, se debe recordar que este *benchmark* analiza la capacidad del host/instancia para virtualizar la red y generar tráfico de un host a otro. No se enfoca en la capacidad de red.

5.2. Latencia

El segundo análisis es simple y consta de realizar 15 pings secuenciales entre dos hosts de la red SDN.

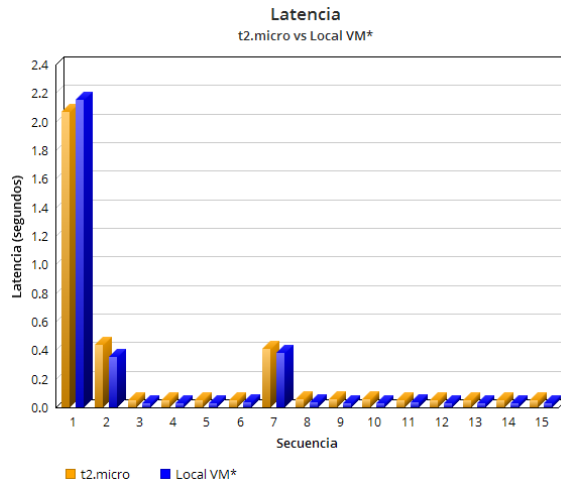


Figura 7. Latencia

A partir de los datos de la figura 7 se pueden ver los datos más relevantes en la Tabla 2:

Tabla 2. Resultados Benchmark de Latencia

	t2.micro	VM Local
Latencia mínima	0,046ms	0,028ms
Latencia máxima	2,07ms	2,155ms
Desviación estándar	0,524ms	0,548ms
Promedio	0,203ms	0,22ms

En este benchmark ambas máquinas trazaron una línea de comportamiento similar y mantuvieron latencias similares. Como detalle, se observa que la VM Local obtuvo una latencia mínima más baja, pero en el promedio pierde contra la instancia t2.micro ya que ésta última obtuvo mayor estabilidad con menor desviación.

6. Conclusiones

6.1. Marco teórico

Las SDN, por su parte, son flexibles, robustas, centralizadas, económicamente más eficiente, de rápido despliegue y manipulables a nivel de aplicación.

El Cloud Computing necesita de las SDN para brindar QoS, seguridad, despliegues en tiempo real, elasticidad de almacenamiento y para modificar sus sistemas propios de acreditación del servicio de cómputo en la nube.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

La revolución del Cloud es un hecho. Está presente en la vida de las personas mediante los servicios de almacenamiento, redes sociales, IoT y aplicaciones.

Desde un buen enfoque, representa el futuro de la computación y las redes. A medida que se vayan mejorando los tiempos de retardo cada vez más servicios van a poder ser brindados por proveedores de Cloud. Por ejemplo, Gaming en la Nube: sin necesidad de costosas consolas.

6.2. Marco práctico

Se abordaron los temas necesarios para realizar despliegue de instancias de cómputo en la nube y su manipulación remota.

En el apartado de las SDN se generó la simulación realista de una red de computadoras SDN. Se trabajó sobre el plano de datos y se interactuó de forma indirecta con el controlador (sin manipularlo).

La intersección se encontró en realizar un Laboratorio SDN en una instancia IaaS corriendo en AWS EC2.

De esta manera, se logró un acercamiento a la tecnología de enrutamiento utilizada en centros de cómputo virtuales, tales como los clústeres o los datacenters definidos por software [17] (SDDC por sus siglas en inglés), donde resulta vital la flexibilidad de la red en tiempo real para satisfacer los requerimientos de alta disponibilidad.

7. Trabajos Futuros

Dado el trabajo realizado es posible extender el alcance de las pruebas en distintos entornos. Por un lado es posible expandir lo hecho utilizando las opciones pagas que ofrece AWS, por otro lado la utilización de SDN en otras IaaS tales como Google Cloud, Microsoft Azure, Eucalyptus y OpenNebula.

Además, es posible la implementación de estas herramientas en despliegue de Clusters y SDDC para nubes privadas con OpenStack.

También es factible realizar trabajos de inyección de políticas de tráfico basadas en seguridad a través de la manipulación del plano de control para aprovechar la flexibilidad del paradigma SDN.

8. Referencias

[1] Boudacair, M., Jaquet, C., “*Software-Defined Networking: A Perspective from within a Service Provider Environment*”. IETF - RFC 7149.
<https://tools.ietf.org/html/rfc7149>

[2] Belizan, M., Duarte, D., Morales, M., Encinas D., “*Rendimiento de Cloud Computing Público para el uso de E/S en Clusters*”. 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. CoNaIISI 2017. 2 y 3 de Noviembre. UTN. Santa Fe. Argentina.

[3] Zaccardi, G., Galarza, B., Morales, M., Encinas, D., “*Despliegue y ejecución en un cloud privado*”. 4to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. CoNaIISI 2016. 17 y 18 de Noviembre. UCASAL. Salta. Argentina.

[4] Google App Engine. <https://cloud.google.com/appengine/>. Mayo 2018

[5] Google Docs. https://www.google.com/intl/es_AR/docs/about/. Mayo 2018

[6] Microsoft. <https://www.microsoft.com>. Mayo 2018

[7] Kim, H., & Feamster, N. (2013). Improving network management with software defined networking. IEEE Communications Magazine, 51(2), 114–119. doi:10.1109/mcom.2013.6461195

[8] Jain, R., & Paul, S. (2013). Network virtualization and software defined networking for cloud computing: a survey. IEEE Communications Magazine, 51(11), 24–31. doi:10.1109/mcom.2013.6658648

[9] Openflow - Stanford. <http://openflow.stanford.edu/>. Junio 2018

[10] Stanford University. <https://www.stanford.edu>. Junio 2018

[11] Mininet. <http://mininet.org>. Junio 2018

[12] Amazon Web Services. AWS | Cloud Computing. <http://aws.amazon.com>. Junio 2018

[13] AWS - Documentación. <https://aws.amazon.com/es/documentation/>. Junio 2018

[14] Ubuntu Server. <https://www.ubuntu.com/server>. Junio 2018

[15] Mininet - Documentación. <https://github.com/mininet/mininet/wiki/Documentation>. Junio 2018

[16] Iperf - Documentación <https://iperf.fr/>. Julio 2018

[17] Software-Defined Data Center - Introducción al servicio <https://code.vmware.com/sddc-getting-started>. Octubre 2018

Implementación de un switch genérico en CORE

Guillermo Rigotti

Facultad de Ciencias Exactas

Universidad Nacional del Centro de la Pcia. de Bs. As.

grigotti@exa.unicen.edu.ar

Resumen

En este trabajo se presenta el agregado de un switch genérico configurable al emulador de redes CORE. El objetivo es principalmente didáctico, y apunta a que los alumnos se familiaricen con la configuración y la funcionalidad de los switches en el mismo medioambiente que utilizan para realizar las prácticas de redes a nivel IP y superiores. Concretamente, se define un nuevo tipo de nodo en el emulador CORE, capaz de ejecutar el switch genérico vde_switch. Esto posibilita la emulación de diferentes switches reales, incluyendo tanto su configuración, en modo gráfico y por línea de comandos, como la práctica con las distintas funciones que presentan los diferentes tipos de switch, las que se agregan a través de la capacidad de incorporar plugins que posee vde_switch.

Palabras clave: Emulación de redes, Switch

1 Introducción

Common Open Research Emulator (CORE) [1] [2] es un emulador de redes desarrollado por la división de Investigación y Tecnología de Boeing y soportado en parte por el US Naval Research Laboratory.

El emulador está diseñado para múltiples usos, tales como pruebas y evaluación de redes y protocolos, demostraciones, etc., y en particular, es muy adecuado para crear redes virtuales con objetivos didácticos, ya que su interfaz gráfica posibilita el diseño rápido e intuitivo de redes, mientras que por las características que presenta en la fase de emulación, es posible la ejecución de la red en un mismo equipo, y opcionalmente en un ambiente de virtualización, lo que posibilita que los alumnos desarrollen las prácticas en sus propias PCs. CORE es utilizado en el conjunto de materias que integran el área de Comunicación de Datos.

El emulador consta de dos partes principales:

- una interfaz gráfica escrita en Tcl/Tk, proveniente de Integrated Multiprotocol Network Emulator/Simulator (IMUNES) [3] [4] y con algunas modificaciones de Boeing, que permite diseñar redes, arrancar la emulación e interactuar con los equipos durante esta etapa,
- un servidor, escrito principalmente en Python, que se encarga de implementar los diferentes tipos de componentes (equipos, links, etc.) basado en soportes de virtualización provistos por el sistema operativo host (en nuestro caso, Linux,

utiliza namespaces).

Ambos componentes se comunican vía sockets a través de una API [5] que incluye tanto funciones de creación de los componentes de la red como de interacción entre el usuario y la emulación.

Aunque esos componentes están estrechamente relacionados, cada uno de ellos puede funcionar independientemente del otro (con ciertas limitaciones), por ejemplo el daemon puede continuar con una emulación cuando la GUI se desconecta, o es posible utilizar la GUI sin tener conexión con el daemon.

CORE ha ido incorporando mejoras desde sus primeras versiones, hasta la actual estable, 4.8. Estas mejoras abarcan tanto las facilidades ofrecidas por la interfaz gráfica, como la funcionalidad referida a la emulación llevada a cabo por el daemon; entre otras, agregado de redes wireless, parametrización de las características de los links, soporte de numerosos servicios disponibles en los nodos, etc.

Las modificaciones realizadas a CORE en el presente trabajo se hicieron sobre la versión 5.0, actualmente en desarrollo [6].

Los desarrolladores de CORE han puesto énfasis en los niveles IP y superiores de la arquitectura TCP/IP; esto se ve reflejado en los servicios provistos, que permiten ejecutar protocolos utilizados tanto en intranets como en ámbitos más extendidos (por ejemplo BGP, etc en el ámbito interdominio).

Respecto al nivel link layer de la arquitectura, se han realizado esfuerzos para la emulación de redes inalámbricas (EMANE), Sin embargo, respecto de las redes Ethernet, sólo se cuenta con un nodo que representa la funcionalidad de los hubs y otro que ofrece la funcionalidad básica de los switches (forwarding, flooding, learning, etc.) pero no cuenta con capacidad de ejecución del protocolo STP, posibilidad de configurar VLANs, ni con capacidad de configuración o agregado de otra funcionalidad.

A efectos didácticos, en nuestro caso, resulta útil integrar las prácticas del nivel IP y superiores con las prácticas referidas a switches; de esta manera sería posible por ejemplo evaluar el uso de VLANs en el diseño de intranets, configurar el protocolo STP, configurar funciones tales como filtrado de paquetes, port mirroring, access control lists, etc.. Además, a través de funcionalidad adicional, sería posible utilizar interfaces CLI y gráficas similares a las usadas por los switches existentes en el mercado.

Esta necesidad de integrar las prácticas, es lo que motiva principalmente el presente trabajo.

En la Figura 1 se muestra la GUI de CORE en la que se ha diseñado una LAN jerárquica, utilizando `vde_switch` en lugar del switch provisto por CORE. El uso de `vde_switch` implica prácticas que abarcan aspectos no cubiertos antes: por ejemplo, en la topología que se muestra se producirán ciclos en la LAN debido a la topología redundante si no activamos STP en los switches; por otra parte, es posible definir VLANs y comprobar el tráfico de datos.

El resto del paper se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se mencionan posibles alternativas al emulador seleccionado, en la sección 3 se describen las características que debe tener el switch a integrar a CORE y se analizan alternativas para su implementación; en la sección 4 se describe la implementación, incluyendo los aspectos relativos al daemon y a la interfaz gráfica de CORE. En la sección 5 se describe el mecanismo propuesto para interactuar con el switch a efectos de configurarlo. En la sección 6 se describe brevemente el uso dado a

la extensión del emulador, se plantean posibles trabajos que complementan lo realizado y se presentan las conclusiones. Finalmente, se enumeran las referencias bibliográficas de mayor relevancia.

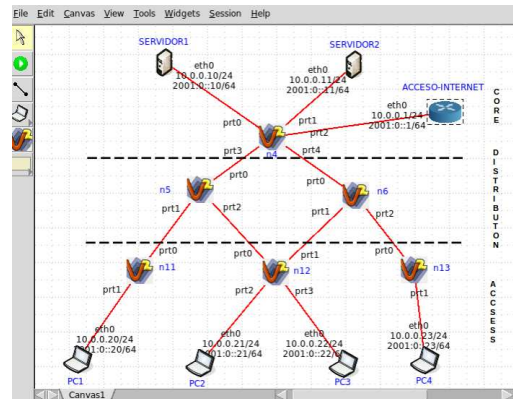


Figure 1: Ejemplo de uso: LAN jerárquica

2 Trabajo relacionado

En nuestro caso, la selección de Core se produjo previamente, cuando se evaluaron diferentes alternativas que se adaptarían a los objetivos de las cátedras: fundamentalmente proveer a los alumnos con un entorno real de trabajo con redes, relativamente sencillo de utilizar, y con soporte para aplicaciones, tales como protocolos de ruteo, servidores, etc.

Las alternativas evaluadas abarcaron tanto herramientas de simulación como de emulación.

Las primeras, como ns-2 y OPNET, fueron descartadas debido a que no proveen un entorno "real" para los alumnos.

Con respecto a los emuladores, como PlanetLab y NetBed, resultan más complejos para utilizar y son de más difícil acceso, no siendo adecuados para los objetivos buscados.

Como se mencionó, el hecho de que el énfasis de los desarrolladores de CORE esté puesto en el nivel de aplicación, y no en los aspectos del link layer, dio lugar al desarrollo presentado en el presente trabajo.

3 Características del switch y alternativas de implementación

Como se mencionó previamente, el emulador CORE se utiliza intensivamente en las diferentes cátedras para fijar los conceptos teóricos, que se aplican en la práctica diseñando intranets para luego configurar sus equipos. Esta configuración se realiza principalmente a niveles IP y superiores, dado que CORE no cuenta con switches configurables. Para poder integrar a la práctica las

funciones de los switches, el switch a implementar debe cumplir con las características que se describen a continuación.

1-Capacidad de implementar diferentes tipos de funciones de manera independiente, es decir, poder disponer de un switch genérico con funciones básicas, y fácilmente incorporar una o más funciones adicionales en base a los aspectos que quieran tratarse. Estas funciones pueden ser las definidas normalmente en los switches, por ejemplo port mirroring, listas de control de acceso, etc., o funciones orientadas a aspectos didácticos, por ejemplo acceso a la tabla de ruteo del switch, registro de frames recibidos, etc..

2-Capacidad de ser configurado, de manera local (a través de un proceso local al switch, ejecutándose en su namespace) o remota (desde el host o desde un equipo diferente). La configuración remota es necesaria, ya que no es posible utilizar modo gráfico desde el mismo namespace en el cual corre el switch.

3-Posibilidad de configuración tanto a través de una interfaz de línea de comandos (CLI), como a través de una interfaz gráfica (GUI). En este aspecto, es importante poder replicar ya sea la sintaxis de las interfaces CLI o el aspecto de las interfaces GUI, para emular switches existentes en el mercado o al menos familiarizar a los alumnos con interfaces similares a las utilizadas en productos reales.

En principio se evaluó la alternativa de implementar la funcionalidad básica completa de los switches, o utilizar alguna implementación de un switch virtual que se adaptara a las necesidades del trabajo. En base al análisis realizado, principalmente sobre los dos switches virtuales que se mencionan a continuación, se decidió utilizar una implementación existente y adaptarla al emulador de manera de cumplir con las características mencionadas arriba.

Open vSwitch (OVS) [7] [8] es un switch virtual de código abierto cuyo objetivo es la comunicación en entornos virtualizados, pudiendo abarcar uno o más equipos físicos.

Incluye una variedad de funciones como bonding, port mirroring, VLANs, STP, etc.. Es eficiente en su operación, pero presenta una complejidad considerable respecto a su administración y respecto al agregado de funciones.

Vde_switch [9] [10] es un switch virtual genérico, desarrollado en el marco del proyecto Virtual Square, cuyo objetivo es, como en el caso anterior, proveer un medioambiente que permita comunicar equipos reales y virtuales. En el marco de este proyecto, para proveer un soporte de comunicaciones genérico y adaptable a diferentes equipos y máquinas virtuales, se decide soportar un ambiente de comunicación virtual de tipo Ethernet, para lo cual se implementa el vde_switch (Virtual Distributed Ethernet).

Si bien vde_switch presenta menor funcionalidad que OVS, es más sencillo de instalar y administrar, adaptándose mejor al uso que se le pretende dar.

El software de vde_switch puede correr en forma de daemon, pudiéndose definir ports conectados a interfaces del equipo; tiene las capacidades básicas de operación según las normas IEEE, presentando además funciones como VLANs, FSTP, etc.. Es posible definir un socket para administración del switch, y a través de este socket, cualquier aplicación local al switch puede acceder a su CLI para monitorearlo o configurarlo. En particular, se provee la aplicación vderm, que permite acceder a la interfaz CLI del switch desde una consola.

Una característica de suma importancia que infuyó a la hora de seleccionarlo es la facilidad que presenta para el agregado de funciones, ya que esto permite

definir aquellas específicamente orientadas al aspecto didáctico. Las nuevas funciones se agregan en forma de plugins [11], a través de una interfaz clara y bien definida; entre los diferentes agregados existentes se puede citar port mirroring [12], descarte de paquetes [13], registro de frames, y vuelco de paquetes, estas dos últimas incluidas en la distribución de vde_switch. En la etapa de ejecución, las funciones, que se encuentran como librerías compartidas, se agregan dinámicamente a través de la CLI.

4 Implementación

Como se mencionó antes, el emulador consta de una interfaz gráfica y un motor de emulación.

Si bien la interfaz gráfica es la parte más visible del emulador, permitiendo entre otras cosas, definir los tipos de elementos que componen la red y su conectividad, el componente encargado de la emulación es el que implementa en las diferentes plataformas, los tipos de elementos a emular que componen la red.

Ambos componentes debieron ser considerados: en lo referente al motor de emulación, se seleccionó la clase adecuada a la función del switch y se creó un nuevo servicio; en lo que respecta a la interfaz gráfica, debieron realizarse modificaciones debido a que el switch, siendo un elemento del nivel link layer, se materializa en un nodo que para la interfaz gráfica es interpretado a priori como de nivel IP y superiores.

En las siguientes subsecciones se describe las modificaciones realizadas.

4.1 Características de los elementos emulados por CORE

Los objetos básicos que se definen para la emulación son las clases base para nodos, redes e interfaces.

La clase base para interfaces (PyCoreNetIf) representa interfaces de red (por ejemplo Ethernet); contiene información propia de las interfaces, tal como direcciones de nivel link layer y de nivel IP, mtu, etc. Estos objetos tienen la capacidad de asociarse a un nodo (al que pertenecen) y a una red (que conecta con otros nodos).

La clase base para definir vínculos de comunicación (PyCoreNet), contiene parámetros del link (ancho de banda, demora, etc) y es capaz de asociarse a interfaces, conectando de esta forma a los nodos. La clase derivada (LxBrNet) permite especificar redes virtuales, basándose en la funcionalidad de ebttables y las facilidades de bridging Ethernet. Los elementos derivados son por ejemplo vínculos punto a punto (PtpNet), hubs (HubNode), switches (SwitchNode), etc. La clase que permite definir equipos con capacidad de procesamiento (PyCoreNode) incluye la especificación de servicios residentes en el nodo (por ejemplo protocolos de ruteo, etc.), creación del sistema de archivos y agregado de interfaces de red entre otras cosas. Estos nodos utilizan la facilidad de namespaces de Linux para ejecutarse independientemente unos de otros, con su propio stack de red y sistema de archivos. Para comunicar un par de nodos (residentes en diferentes namespaces), se utilizan pares de interfaces de tipo veth, asignando cada una del par al namespace de cada nodo.

Debido a que la funcionalidad que se desea incorporar al switch es mucho más amplia que la que puede lograrse a través de ebttables y bridges, la alternativa es implementar el switch en un nodo (LxcNode) en cuyo namespace asociado puede ejecutarse vde_switch. Esta elección implica modificaciones a la interfaz gráfica, descriptas más adelante.

4.2 Implementación del switch

La figura 2 muestra la estructura del nodo que implementa el switch. Como componente principal encontramos el daemon vde_switch, que se ejecuta en el namespace correspondiente al nodo.

Vde_switch debe interactuar por un lado con una aplicación local o remota (al nodo) para ser administrado, y, por otro lado, debe poder conectar sus ports a otros nodos de la emulación para cumplir con la función de switching.

Respecto a la administración del switch, éste tiene asociado un socket (PF_UNIX) para administración local (Socket managment), que permite que otros procesos locales interactúen con él.

En la figura vemos un ejemplo de acceso local a vde_switch (desde el mismo namespace). Este acceso es realizado utilizando vdeterm, un programa distribuido con vde_switch, a través de una consola que se abre durante la etapa de ejecución del emulador. En nuestro caso, debe agregarse un proceso con la misma función de vdeterm, pero que presente al usuario una interfaz CLI standard; este proceso no se muestra en la figura.

Por otra parte, se muestra otro proceso (AR), que posibilita que se acceda en forma remota al switch (desde otro namespace o desde otro host). Este programa fue desarrollado especialmente para posibilitar esta conexión remota: se conecta por un lado al socket de managment, y por otro acepta conexiones remotas en el port 3005 (AF_INET6), soportando TCP/IPv6 y TCP/IPv4. El programa simplemente hace de puente entre el socket de management y el socket TCP. El acceso remoto a través de este socket en el port 3005 es posible utilizando la característica de CORE de proveer una conexión de control que permite acceder al nodo desde el host o desde otro equipo externo.

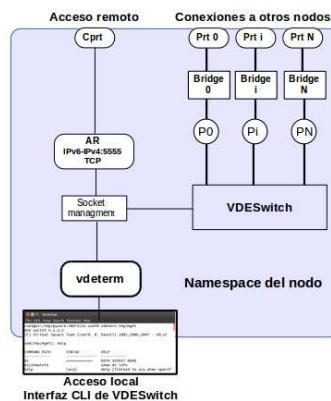


Figure 2: Estructura del nodo emulando vde_switch

Respecto de la función de switching, vde_switch debe conectarse a las interfaces definidas en el nodo (Prt0, Prt1, etc.), que se conectan a otros nodos de la emulación, y representan los ports del switch. Estas interfaces creadas por el proceso de emulación, deben estar conectadas con los ports del switch (P0, P1, etc.). Para lograrlo, se utilizó la capacidad de vde_switch de asociar interfaces tuntap a sus ports. Luego, cada una de estas interfaces tuntap del switch se conecta directamente mediante un bridge (Bridge0, Bridge1, etc.) a la interfaz correspondiente del nodo, de esta forma vde_switch obtiene la entrada y salida. Tanto la ejecución de vde_switch como la creación de los bridges y la conexión se realiza en el arranque de la emulación, a través de un nuevo servicio creado (VDESwitch).

A la hora de crear este nuevo servicio, se decidió crear un grupo de servicios (switching) del cual, por el momento, el único es VDESwitch; esto previendo que luego se agreguen otros tipos de switches.

El servicio consiste en generar la línea de comandos que arranca vde_switch, indicando la cantidad de interfaces tap a generar, tantas como interfaces (que no sean de control) tenga el nodo. Luego por cada interfaz, se crea el bridge correspondiente y se agrega a él la interfaz del nodo y la interfaz creada por el switch, quedando así conectadas de a pares. El código se muestra en la figura 3.

Respecto de la conectividad provista por CORE, cada port del switch es considerado de la misma manera que una interfaz Ethernet, dando lugar una conexión con el o los elementos adyacentes, materializada por un objeto PtpNet.

```
def generateconfig(cls, node, filename, services):
    cfg = "#!/bin/sh\n"
    cfg += "# auto-generated by VDESwitch service (utility.py)\n"
    cfg += "vde_switch -d -s /tmp/switch -H /tmp/mgmt "
    i = 1
    for ifc in node.netifs():
        if hasattr(ifc, 'control') and ifc.control == True:
            continue
        cfg += " -t stap%s % (i)
        i = i + 1
    cfg += "\n"
    i = 0
    for ifc in node.netifs():
        if hasattr(ifc, 'control') and ifc.control == True:
            continue
        i = i + 1
        cfg += "ip link set dev %s down\n" % (ifc.name, i)
        cfg += "ip link set dev %name port%s\n" % (ifc.name, i)
        cfg += "brctl addbr br%s\n" % (i)
        cfg += "brctl addif br%s port%s\n" % (i, i)
        cfg += "brctl addif br%s stap%s\n" % (i, i)
        cfg += "ip link set dev br%s up\n" % (i)
        cfg += "ip link set dev port%s up\n" % (i)
        cfg += "ip link set dev stap%s up\n" % (i)
    return cfg
```

Figure 3: Servicio VDESwitch

4.3 Modificaciones a la interfaz gráfica

El código de la interfaz gráfica, escrito en Tcl/Tk, debió ser modificado en numerosos puntos para poder incluir el nodo con la funcionalidad de vde_switch. Principalmente, estas modificaciones se deben a que la interfaz marca una diferenciación entre los nodos de nivel 3 y superiores, y los de nivel link layer. Como vde_switch tiene funciones del nivel link layer pero está implementado como un nodo de nivel 3, se debió modificar el código en algunos aspectos, siendo los siguientes los de mayor relevancia:

-eliminar la asignación de direcciones IPv4 e IPv6 a las interfaces del nodo: la

interfaz gráfica asigna por defecto direcciones IPv4 e IPv6 a los nodos; en el caso de que un nodo esté cumpliendo funciones de switch, no debe asignarse estas direcciones, ya que las interfaces se convierten en los puertos del switch.

- considerar al nodo como parte del link layer, en el sentido que debe ser transparente (a nivel IP) cuando conecta otros dos o más nodos. Es decir, el hecho de que dos nodos estén separados por un vde_switch no implica que sus interfaces deban ser consideradas como pertenecientes a distintas redes IP y por lo tanto se les asigne un prefijo de red IP diferente a cada uno.
- Incluir a vde_switch en el menú de nodos a nivel link layer, ya que el código lo toma por defecto como un nodo de nivel IP y superiores.
- Cambiar el nombre de las interfaces, de "ethi" a "prt*i*" para la opción de visualización que provee la GUI.

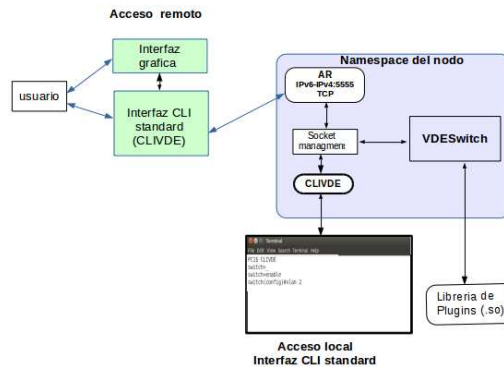


Figure 4: Acceso remoto a vde_switch

5 Interacción con el switch

Vde_switch corriendo en modo daemon provee una interfaz local, a través del uso de vdtterm. Es posible también interactuar a través de vdtelweb, que provee acceso remoto vía web y telnet.

Si bien es posible utilizar estas maneras de acceder al switch, no cumplen con los objetivos planteados, que son, para el acceso tanto en modo CLI como en modo gráfico, proveer interfaces similares a las ofrecidas por los switches reales. En el caso de interfaces CLI, debe convertirse la entrada/salida que ofrece vde_switch a una entrada/salida standard: esta función está a cargo del módulo CLIVDE. Este módulo debe estar presente en el namespace del switch, ya que debe poder invocarse abriendo una consola local a vde_switch; por otro lado, debe estar presente también en el equipo remoto desde el cual se accederá eventualmente al switch.

Como se muestra en la figura 4, CLIVDE interactúa localmente en forma directa con el socket de management (reemplaza a vdtterm de la figura 3), mientras que en forma remota lo hace a través de AR.

CLIVDE está basado en el uso de la librería libcli [14], y su función es la traducción de sentencias CLI a las aceptadas por el switch y en sentido inverso. Está estructurado de manera tal de trabajar independientemente para cada tipo de funcionalidad provista por vde_switch (por ejemplo, para ports, para vlans,

etc), y también para cada plugin provisto.

En el caso de nuevos plugins a implementar, su entrada y salida podrán definirse de manera similar a la de la CLI standard, simplificando la traducción.

Respecto de la interfaz gráfica, simplemente consiste en un módulo gráfico encargado de presentar las características deseadas, e interactuar con CLIVDE de manera tal de recibir y enviar información al switch. En la figura 5 se muestra, para el caso de creación de una VLAN, la diferencia entre ambas interfaces.

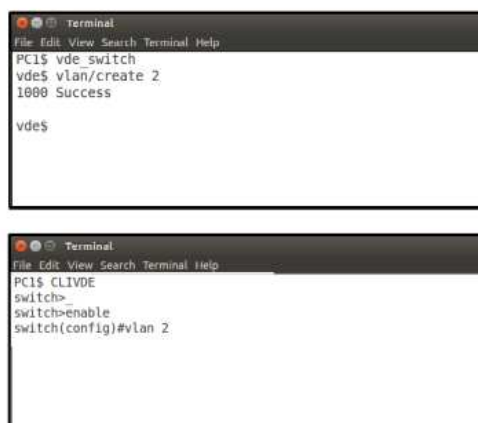


Figure 5: Interfaces: arriba vde_switch, abajo CLI standard

6 Conclusiones y Continuación del trabajo

CORE resultó relativamente simple de extender, aunque sería deseable contar con documentación más detallada al respecto. El daemon de CORE resultó a nuestro criterio muy bien estructurado y apto para extenderlo naturalmente; en cambio, la GUI presenta una serie de agregados a la versión original y no está codificada de manera que sea fácilmente extensible. Hay aspectos, como los "modelos" de nodos, que ya no se utilizan y resultan confusos a la hora de modificar el código.

Respecto de vde_switch, resultó eficiente en su operación; en este caso no tuvo que modificárselo, sino solamente se le agregó funcionalidad, en procesos separados (AR y CLIVDE).

Finalmente, el CORE modificado fue instalado en una máquina virtual con S.O. Ubuntu Light, release 16.04.

Con lo realizado hasta el momento, es posible afirmar que se logró el objetivo inicial propuesto, que es contar con switches configurables en el entorno de CORE para realizar prácticas sobre aspectos simples, tales como VLANs y algunos monitoreos sobre el switch.

Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios, permitiendo a los alumnos integrar a las prácticas el uso de redes locales virtuales (VLANs). Esto abarcó aspectos tales como la evaluación del uso de VLANs en la In-

tranet, confrontando esta alternativa con el uso de routers con redes Ethernet físicamente separadas, y el análisis del tráfico generado, conforme a la norma IEEE 802.1Q.

Con respecto al tipo de trabajos posibles que surgieron de lo realizado, podemos dividirlos en dos clases: relacionados a agregar funcionalidad al switch, y relativos a la mejora de la interfaz gráfica de CORE.

Respecto de los primeros, si bien es posible agregar funciones al switch a través de plugins, sería útil analizar si además de los eventos que invocan los callbacks definidos para los plugins, es posible incorporar otros que sean de utilidad, principalmente para agregar características didácticas.

Con respecto a la GUI de CORE, hay bastantes aspectos que no se mencionan aquí por razones de extensión, y que ameritarían reescribirla.

Referencias

- [1] "CORE: A real-time network emulator", Jeff Ahrenholz, Claudiu Danilov, Thomas R. Henderson, MILCOM 2008 - 2008 IEEE Military Communications Conference Nov. 2008
- [2] <https://www.nrl.navy.mil/itd/ncs/products/core>
- [3] "IMUNES Based Distributed Network Emulator", Z. Puljiz and M. Mikuc, 2006 International Conference on Software in Telecommunications and Computer Networks, Oct 2006
- [4] www.imunes.net
- [5] https://downloads.pf.itd.nrl.navy.mil/docs/core/core_api.pdf
- [6] <https://github.com/orgs/coreemu>
- [7] "Extending Networking into the Virtualization Layer", B. Pfaff, J. Pettit, T. Koponen, K. Amidon, M. Casado, S. Shenker, HotNets-VIII, Oct. 22-23, 2009.
- [8] <http://www.openvswitch.org/>
- [9] "VDE: Virtual Distributed Ethernet", R. Davoli, Proc. of TRIDENTCOM, Feb. 2005
- [10] http://wiki.virtualsquare.org/wiki/index.php?title=Main_Page
- [11] http://wiki.virtualsquare.org/wiki/index.php/Vde_switch_plugins
- [12] https://github.com/beg0/vde_port_mirroring
- [13] <https://github.com/jssjr/vde-drop>
- [14] <https://github.com/dparrish/libcli>

Sincronización Dinámica de Datos de Discos Virtuales Replicados

Mariela Alemandi, Pablo Pessolani, Constanza Quaglia
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
UTN- Facultad Regional Santa Fe
Santa Fe – Argentina
{ppessolani, malemandi, cquaglia}@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Los servicios en la nube suelen utilizarse como plataforma para la ejecución de aplicaciones críticas que requieren de altos niveles de disponibilidad, escalabilidad y robustez. La replicación del almacenamiento es una de las técnicas que se emplea para lograrlo. Requiere una equilibrada gestión tanto en la carga como en la recuperación de las unidades destinadas a guardar los datos. Cuando una de las réplicas se detiene para reemplazar una unidad de disco o incorporar una nueva al grupo, los datos/estado de los dispositivos de dicho grupo deben transferirse al nuevo dispositivo para que le permita a esa réplica sincronizarse e incorporarse como nuevo miembro.

En este artículo se presenta un algoritmo de sincronización de los datos de discos virtuales replicados que opera en forma dinámica mientras se brinda servicios a los clientes para un nuevo modelo de arquitectura que opera en un Sistema de Virtualización Distribuido.

1. Introducción

Las diversas tecnologías de virtualización de almacenamiento responden a un creciente requerimiento para dar soporte a datos digitalizados en volúmenes cada vez mayores poniendo de manifiesto la necesidad de contar con sistemas de este tipo a gran escala.

La tecnología de Virtualización que fue desarrollada a finales de la década de los '60[1] resurgió en los '90 como consecuencia de lo atractivo de sus características tales como la capacidad de consolidar múltiples Máquinas Virtuales (sus siglas en inglés, VM) en un único computador. Esta característica distintiva permite obtener una mayor eficiencia energética y proporcionar entornos de ejecución (dominios) seguros y aislados para las aplicaciones críticas.

Actualmente la tecnología de virtualización de hardware es la más difundida y conocida en la cual los dispositivos de hardware son virtualizados por un hipervisor. La virtualización **basada en** Sistema

Operativo (sus siglas en inglés, OS), realiza la virtualización en un nivel más alto encapsulando aplicaciones de espacio de usuario dentro de Contenedores o Jaulas. Ejemplos de estos sistemas de virtualización son: VServer [2], OpenVZ-[3] y LXC/LXD [4].

Otra tecnología es la virtualización **de** OS en el cual un Sistema Operativo Virtual (sus siglas en inglés, VOS) ofrece abstracciones y servicios a las aplicaciones de usuario, pero no gestiona hardware real; para ello utiliza dispositivos virtuales que le brinda una capa inferior de software de un OS. Un ejemplo de este tipo de virtualización son User Mode Linux (UML) [5] y Minix over Linux (MoL) [6].

Los OSs y los sistemas de gestión de bases de datos (DBMS) tienen versiones distribuidas que les permiten obtener mayor rendimiento e incrementar la disponibilidad de los servicios mediante técnicas de replicación de datos y procesos. Parece entonces que tiene sentido pensar en una versión distribuida de una tecnología de virtualización dado que comparte estos requerimientos. Esta nueva tecnología se denomina en inglés *Distributed Virtualization System* (DVS) [7] y permite ejecutar múltiples instancias aisladas de VOSs distribuidos en donde los recursos computacionales, de red y almacenamiento se encuentran dispersos en diversos nodos de un clúster. En la Fig. 1 se muestra un esquema topológico de un cluster DVS. Un DVS presenta capacidades de agregación (permite utilizar múltiples computadores de un cluster para el mismo VOS), y de particionado (permite ejecutar múltiples componentes de diferentes VOSs en un mismo nodo) en forma simultánea. Cada VOS distribuido se ejecuta dentro de un contexto de ejecución o dominio al cual se le denomina Distributed Container (DC).

En un entorno de ejecución típico, se asignan archivos regulares del OS-host a dispositivos de bloques de los VOS. Cada VOS le da formato a este dispositivo de bloques con su propio sistema de archivos (filesystem). Existen varios beneficios en mapear dispositivos virtuales como archivos:

1. Se puede utilizar en forma más eficiente el espacio de almacenamiento dado que los archivos regulares generalmente solicitan la asignación de bloque en forma dinámica.

2. Resulta más sencillo tomar una instantánea (snapshot) y realizar una migración de un VOS o uno de sus procesos que utiliza archivos frente a otra que utiliza un dispositivo de bloques directamente.

3. Existe una amplia gama de herramientas basadas en archivos que facilitan la gestión del almacenamiento.

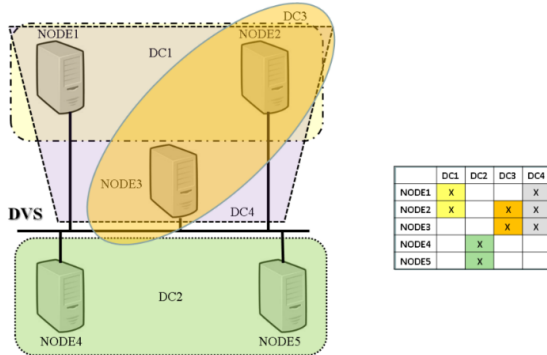


Figura 1. Topología de un DVS.

Toda tecnología que pretenda ser utilizada para brindar servicios en la Nube debe disponer de determinadas características que la hacen apta para ese uso, tal como mecanismos de tolerancia a fallos. Generalmente, se utiliza redundancia o replicación de datos y servicios que permiten obtener la robustez y los niveles de disponibilidad requeridos para brindar servicios con calidad de proveedor.

En la medida que las demandas de almacenamiento y disponibilidad crecen, se deben incrementar la cantidad de dispositivos, qué como contrapartida, incrementa su tasa de fallos.

Un mecanismo comúnmente utilizado para tolerar fallos mediante replicación es el algoritmo de tipo Primary/Backup [8] o de Replicación Pasiva. A todo el conjunto de procesos con sus datos se lo conoce como *Réplicas*. Todos los procesos Réplicas son *miembros* de un grupo de replicación. Se asume que cada Réplica se ejecuta en un host físico diferente con el fin de tolerar fallos de caídas de nodos del cluster.

Cuando se incorpora una Réplica al grupo o una de ellas es reemplazada, la nueva Réplica debe actualizarse con los datos y estado del grupo. De esta forma, los datos contenidos en su dispositivo (disco) terminan siendo idénticos a los almacenados en los discos de las Réplicas activas. Se dice entonces que la nueva Réplica se ha sincronizado con el resto.

Uno de los procesos tipo Réplica se establece como Primario y otros varios como Backups. El Primario

replica los comandos de las actualizaciones a los procesos Backups utilizando un sistema de comunicaciones de grupo (del inglés GCS). Éste GCS debe tolerar fallos y mantener idéntico orden de entrega de mensajes para todas las Réplicas (orden Total o Atómico). El algoritmo asume un modelo determinista, donde todas las Réplicas comienzan en el mismo estado y ejecutan secuencias idénticas de operaciones a pesar de las solicitudes simultáneas de los clientes y de los fallos de procesos, nodos o de red.

Dado que el Primario es quien establece el orden de ejecución de las peticiones de actualizaciones que se envían a las Réplicas, sólo hace falta que el GCS disponga de entrega con orden FIFO. Cuando una Réplica detecta que el Primario ha fallado, como cualquiera de ellas se encuentra sincrónicamente actualizada, eligen un nuevo Primario entre las Réplicas de tipo Backup para continuar brindando servicios a clientes. Los clientes envían sus peticiones al nuevo Primario el cual ha adquirido idéntica personalidad que el Primario fallido (dirección IP, puerto TCP, etc.). Las Réplicas de tipo Backup no prestan servicio alguno (son pasivas) a los clientes, dado que los clientes sólo se comunican con el Primario.

En este artículo se propone un mecanismo de Sincronización Dinámica de Datos de Discos Virtuales Replicados de un DVS [9] que opera en forma distribuida abarcando diferentes nodos de un cluster.

La organización del resto del artículo es la siguiente: en la Sección 2 se presenta un resumen de trabajos previos relacionados. En la Sección 3 se describe la base tecnológica en la que se apoya el presente trabajo. Los aspectos inherentes a la implementación y desarrollo del método Sincronización Dinámica de Datos de Disco Virtual Replicado se describen en la Sección 4. En la Sección 5 se presentan los resultados de las pruebas efectuadas sobre el prototipo y un análisis de esos resultados. Las conclusiones del trabajo realizado se resumen en la Sección 6, conjuntamente con una enumeración de trabajos planeados para el futuro.

2. Trabajos relacionados.

Varios trabajos de investigación y desarrollo abordan la problemática de la Sincronización de Volúmenes. Seguidamente se describen las características de algunos de dichos casos de estudio qué, por su difusión y probado funcionamiento, resultan representativos para el objeto de este trabajo.

2.1. Sincronización de Volúmenes Replicados

En la Sincronización de Volúmenes Replicados (del inglés RVS: Replicated Volume Synchronization [10]), para crear un conjunto de datos replicados el

administrador establece una conexión entre los grupos de volúmenes replicados Primario y Secundarios. La replicación comienza haciendo uso del comando correspondiente el cual dispone de diversas opciones para establecer la modalidad de sincronización:

- **None:** en la cual se omite la sincronización inicial de volúmenes y se comienza con la replicación.
- **Force:** omite la sincronización inicial porque previamente se sabe que tanto primario como secundarios son idénticos.
- **Autosync:** copia todo el contenido del Primario a los volúmenes Secundarios.
- **Checkpoint** las copias se realizan mientras los datos en el Primario están siendo utilizados por las aplicaciones, los datos utilizados son marcados para que luego de terminada la sincronización éstas actualizaciones sean enviadas a los secundarios.

Cuando los datos de un volumen Secundario fueron sincronizados por alguno de los métodos anteriormente indicados, se inicia la replicación utilizando “**Started Replicated Volume Group (s)**”. La replicación indicará estado “**Started**”, al ejecutarse correctamente y estado “**Active**”, para indicar que el contenido del volumen primario y secundario han completado la sincronización inicial y se está realizando la replicación normal.

Durante la replicación, se mantiene un registro principal (log) que contiene las actualizaciones de los datos replicados, mientras se espera que éstos sean transmitidos a las ubicaciones secundarias. El mecanismo de registro de replicación es lo que permite conocer fallas o sobrecargas en la red que conecta secundarios y primario. Se requiere que el registro de replicación principal se asigne en un volumen diferente a los replicados, ya que para mayor eficiencia se le asigna espacio contiguo y no se permite su crecimiento durante la replicación. En el caso de que dicho registro se llenara, la replicación debe detenerse por completo. Luego, debe reiniciarse cuando tanto el sistema secundario como la red estén nuevamente disponibles.

Se puede adoptar una estrategia alternativa utilizando un registro para rastrear los cambios previos a detener la replicación. Esta alternativa implica que todas las regiones modificadas deban copiarse en las ubicaciones secundarias afectadas para luego reiniciar la replicación. Salvo que la interrupción sea muy extensa en tiempo, ésta suele ser la estrategia elegida. Aunque la mejor estrategia es dimensionar adecuadamente el registro de replicación de modo de garantizar que no sea necesario utilizar la estrategia alternativa.

2.2. Sincronización de Réplica utilizando la técnica Copy-on-Read

Este método [11] propone una forma de sincronizar datos contenidos en áreas de almacenamiento separadas

utilizando la técnica Copy-on-Read (copia sobre lectura). Las áreas contenedoras de datos pueden estar distribuidas a través de una red y las réplicas de datos ser utilizadas para respaldo (backup) o recuperación de desastres.

Los datos de un nodo primario se replican para mantener una copia coherente en los datos de los nodos secundarios. En este esquema, se identifican los objetos de almacenamiento que contienen datos relevantes para administrar una aplicación determinada, se leen y copian a un área de almacenamiento secundaria. Este proceso evita leer datos no útiles, hacer que la sincronización sea más eficiente y conservar el ancho de banda de las conexiones a través de las cuales se envían los datos.

La replicación es unidireccional. Las escrituras de datos en el nodo primario se envían a los nodos secundarios, pero el acceso a los datos en los nodos secundarios suele ser de solo lectura. Si se requiere acceso de lectura/escritura a un conjunto secundario de datos (después de un fallo del nodo primario, por ejemplo), la replicación se puede detener para ese conjunto de datos. Si los datos se escriben en áreas de almacenamiento en nodos secundarios, se puede realizar un proceso de sincronización cuando el nodo primario vuelve a estar disponible para que ambos conjuntos de datos vuelvan a ser idénticos antes de reanudar la replicación de datos.

La coherencia de los datos se garantiza mediante la coordinación de operaciones, de modo que se produzcan en el mismo orden en cada nodo secundario que en el nodo primario.

2.3. RSYNC

RSYNC [12] es una aplicación que facilita la sincronización de datos de dispositivos intercambiando bloques. Permite la transmisión de datos incrementales, con opción de comprimirlos y cifrarlos.

Se basa en el algoritmo *rsync* diseñado por Andrew Tridgell, que proporciona un mecanismo de actualización remota eficiente aún con enlaces de alta latencia y bajo ancho de banda. Utiliza un método de firma dual para comparar y encontrar bloques coincidentes de archivos existentes en ubicaciones diferentes. El algoritmo consiste en la realización de los siguientes pasos: el extremo Receptor divide la copia del archivo en bloques de bytes fijos y no solapados. Luego, calcula sobre cada bloque dos firmas y las envía al Origen:

1. **Fast signature:** es la firma rápida y se logra en forma incremental con tres adiciones, dos restas, una multiplicación y un cambio.
2. **Strong signature:** es la firma fuerte cuyo objetivo es asegurar que no haya colisiones en los bloques calculados. En su versión original, *rsync* calculaba esta firma utilizando el algoritmo de 128 bits MD4 [13].

En el extremo Origen, para cada posición i en el archivo, calcula incrementalmente la firma rápida comenzando en i . Compara a ésta con la firma rápida recibida desde el Receptor. Por cada coincidencia, el Origen computa la firma fuerte y compara con la de la misma característica recibida del Receptor. En caso de ser iguales, le envía a éste último un testigo (*token*) indicando la igualdad del contenido de los bloques y qué bloque es. De lo contrario, el Origen enviará el contenido del bloque no coincidente. El Receptor reconstruirá el archivo copia, considerando los testigos y bloques recibidos.

2.4. Distributed Replicated Block Device (DRBD)

DRBD [14] es un software de replicación de almacenamiento que realiza el espejado del contenido de los dispositivos de bloques equivalente a un RAID 1, pero en forma distribuida a través de una red de datos. DRBD se instala como un módulo de kernel en cada uno de los hosts que conformará el cluster.

Para la replicación utiliza un esquema Primary/Backup y dispone de sincronización dinámica por lo cual el servicio no se interrumpe en el nodo activo mientras se lleva a cabo la sincronización de volúmenes. Al igual que otras tecnologías de sincronización de volúmenes, DRBD la realiza utilizando digestos de datos o hashes.

3. Base Tecnológica

El desarrollo e implementación del algoritmo de sincronización dinámica de datos de discos virtuales replicados requirió de un conjunto de herramientas y de un entorno de desarrollo de un prototipo para comprobar su funcionamiento. Todos conforman la base tecnológica que se describe a continuación.

3.1. Minix over Linux (MoL)

Minix [15] es un OS completo que fue desarrollado por Andrew S. Tanenbaum. Es de propósito general, de tiempo compartido, multitarea, basado en microkernel y que cumple con el estándar POSIX. Minix utiliza un mecanismo de Comunicación entre Procesos (Interprocess Communications - IPC) implementado en el microkernel. Las aplicaciones de usuario, los procesos del sistema e incluso los Device Drivers se ejecutan aislados uno de otros y con los mínimos privilegios. Estas características mejoran sustantivamente la confiabilidad del sistema.

Las llamadas al sistema (POSIX system calls) se implementan utilizando IPC, en donde los argumentos son empacados en un mensaje y transferidos por el microkernel al destinatario. El destinatario desempaca e

interpreta estos argumentos y lleva a cabo las operaciones requeridas, la respuesta retorna en otro mensaje. Las llamadas al sistema POSIX son atendidas por dos servidores, ellos son el Administrador de Procesos (Process Manager - PM) y el servidor de Sistema de Archivos (Filesystem Server - FS). Tanto el FS como PM realizan peticiones a otros procesos tales como Device Drivers utilizando transferencia de mensajes en la forma descrita previamente.

Tal como se mencionó anteriormente, en un DVS pueden ejecutarse concurrentemente varios VOSs distribuidos. Se eligió como la primera implementación de referencia de un VOS para que trabajará en forma distribuida a una versión adaptada de Minix a la que se denominó Minix over Linux (MoL) [6] (Fig. 2).

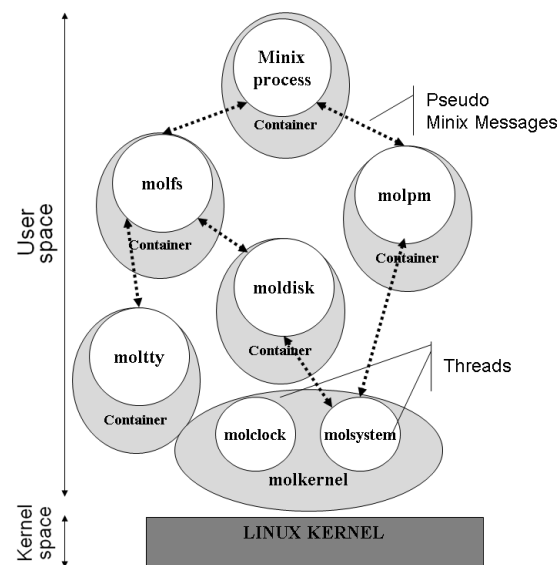


Figura 2. Arquitectura de Minix Over Linux.

La primera versión experimental de MoL fue implementada utilizando mecanismos estándares de IPC Linux tales como POSIX Message Queues, Named Pipes, Unix Sockets o protocolo de red como sockets UDP/TCP sockets, RPC, etc., pero su desempeño no fue el esperado. Estos problemas de rendimiento llevaron a los autores a desarrollar un mecanismo de IPC incrustado en el kernel de Linux al que denominaron M3-IPC (Minix 3 Interprocess Communications) [16].

De manera similar a Minix, MoL está compuesto por un conjunto de servidores del sistema y de tareas que gestionan dispositivos (virtuales) que se comunican entre sí mediante IPC. Todos estos procesos se ejecutan en el modo-usuario de Linux y básicamente se comportan como un Minix virtualizado en modo usuario ejecutando sobre Linux.

Este artículo refiere al mecanismo de sincronización de datos de un Driver de Disco Virtual Replicado denominado MoL-VDD el cual se ejecuta como proceso en modo usuario sobre Linux utilizando M3-IPC para la comunicación con sus clientes y para la sincronización de datos.

3.2. M3-IPC

Para la construcción de una tecnología de virtualización distribuida es deseable disponer de mecanismos de IPC que puedan operar a través de una red en forma transparente a fin de facilitar la programación de un VOS distribuido. Las comunicaciones entre procesos de un VOS no deben interferir (aislamiento) con las comunicaciones de procesos de otros VOSs que comparten el mismo clúster. M3-IPC se diseñó con este y otros objetivos relacionados para la implementación de un DVS. La semántica de M3-IPC es idéntica a la de Minix pero implementada en un módulo de kernel de Linux y extendiendo en forma transparente, su uso a procesos localizados en diferentes nodos de un clúster.

Para identificar a cada proceso M3-IPC (al igual que Minix) utiliza un número denominado *endpoint*. En el caso de M3-IPC los *endpoints* no tienen relación con la localización del proceso, por lo que un proceso que migra de un nodo a otro, mantiene su *endpoint*. De esta forma los otros procesos que se comunicaban con él no deben realizar cambio alguno aun cuando el proceso haya migrado.

Entre sus principales características podemos mencionar al confinamiento de IPC (fundamental para la virtualización), redirección de mensajes cuando un proceso falla y el servicio se transfiere a otro proceso, o cuando el proceso migra de un nodo a otro. Estas características facilitan el desarrollo de un software de alta complejidad como lo es un sistema distribuido.

M3-IPC utiliza procesos proxies (generalmente) en modo-usuario para el intercambio de mensajes y datos entre nodos. Esta característica, aunque menos eficiente que una implementación en el mismo kernel, no impone restricción alguna en cuanto a los protocolos de transporte/red que los proxies pueden utilizar. La versión actual de M3-IPC dispone de implementaciones de referencia en modo usuario utilizando protocolos TCP, UDP, TIPC, UDT, RPC y Raw Ethernet, y una implementación de proxies en modo kernel utilizando protocolo TCP.

3.3. Spread Toolkit

Si bien M3-IPC soporta comunicaciones entre procesos localizados en diferentes nodos de un cluster,

actualmente sólo está orientado a un modelo Cliente/Servidor.

Para proporcionar tolerancia a fallos frecuentemente se usan técnicas de replicación de procesos y datos. Es recomendable entonces, utilizar un mecanismo de comunicaciones grupales (Group Communication Systems - GCS). Para facilitar el desarrollo, este GCS debe dar garantías sobre la entrega de los mensajes y respecto al orden de entrega de los mismos, aún en presencia de fallos de procesos o particiones de red.

Para desarrollar MoL-VDD se optó por utilizar los servicios que ofrece Spread Toolkit [17] el cual brinda entrega confiable, multicast con orden global, notificación de membresías y de fallos entre los nodos de un clúster. Spread Toolkit es open-source, puede utilizarse en aplicaciones distribuidas que requieren confiabilidad, alto rendimiento y comunicaciones robustas entre sus miembros. Spread soporta el modelo de membresía de grupo denominado Extended Virtual Synchrony (EVS) [18] muy adecuado para el modelo de replicación Primary-Backup. EVS puede soportar particiones de red y su re-unión, así como los fallos de nodos, de procesos y su posterior rearmado. Los nodos de un cluster pueden fallar y luego reiniciarse, las redes pueden partirse y luego volver a unirse. Estos eventos son detectados por Spread y reportados a los procesos previamente registrados en él permitiéndole llevar a cabo las acciones necesarias para superar esos eventos.

3.4. Driver de Disco Virtual Tolerante a Fallos.

El componente del OS de tipo multiservidor que utiliza los servicios de un Driver de Disco es generalmente, el Servidor Sistema de Archivos (Filesystem Server – FS). En un VOS, el FS es un proceso aislado que brinda servicios a los procesos de usuario y se comunica con el Driver de Disco mediante la transferencia de mensajes.

En el DVS, los procesos de usuario, el FS (MoL-FS) y el Driver de Disco (MoL-VDD) pueden ejecutar en forma distribuida localizándose en diferentes nodos de un cluster. Algunos de los escenarios de operación posibles pueden ser (Fig. 3):

- Los procesos de usuario, MoL-FS y MoL-VDD se ejecutan en el mismo nodo (Nodo 0). Las transferencias de mensajes y datos se realizan utilizando M3-IPC intra-nodo (Fig. 3-A).
- Los procesos de usuario y MoL-FS se ejecutan en el mismo nodo (Nodo 0) y MoL-VDD se ejecuta en otro nodo (Nodo 1) (Fig. 3-B). Las transferencias de mensajes y datos se realizan utilizando M3-IPC intra-nodo e inter-nodo. Para las comunicaciones inter-nodo, M3-IPC utiliza procesos proxies, que usan diferentes protocolos de transporte/red.

- Los procesos de usuario se ejecutan en un nodo (Nodo 0), MoL-FS y MoL-VDD se ejecutan en otro (Nodo 1) (Fig. 3-C).
- Los procesos de usuario se ejecutan en uno o varios nodos (Nodo 0), MoL-FS se ejecuta en otro nodo (Nodo 1) y MoL-VDD se ejecuta un nodo diferente (Nodo 2) (Fig. 3-D).

En los escenarios de operación presentados sólo se hace referencia a un único MoL-VDD sin replicación. Para utilizar la característica de replicación se requiere que otro proceso MoL-VDD se ejecute en un nodo diferente (Fig. 4). El esquema de replicación hace uso del modelo Primario/Backup [8], en donde MoL-FS sólo se comunicará con MoL-VDD Primario utilizando M3-IPC (Fig. 4-A). En las actualizaciones que se efectúen sobre la imagen de disco (operaciones **WRITE**), MoL-VDD Primario enviará un mensaje de actualización mediante un multicast FIFO a los procesos MoL-VDD Backup de los otros nodos (utilizando Spread Toolkit). Todas las Réplicas ejecutarán la actualización en su dispositivo local y enviarán un mensaje de tipo **TASK_REPLY**. Cuando el Primario recibe los Reconocimiento (Acknowledge-ACK) de todos los nodos que conforman el grupo de replicación, retornará el código del resultado de la operación a MoL-FS, completando la operación.

En caso de producirse un fallo de caída (crash) del nodo del MoL-VDD Primario, el GCS (Spread) lo detecta e informa a los otros nodos de tal evento mediante un mensaje. Los procesos MoL-VDD Backup ejecutan un algoritmo de selección de líder basándose en la lista de procesos Backup activos y sincronizados. El líder se transforma en el nuevo MoL-VDD Primario y adquiere el **endpoint** con el que MoL-FS se comunicaba utilizando M3-IPC (Fig. 4-B) ocultando el fallo.

Mientras suceden todos estos eventos, M3-IPC bloquea la transferencia de mensajes entre MoL-FS y el MoL-VDD Primario.

Todo proceso MoL-VDD está constituido por dos hilos de ejecución (*threads*). El hilo principal o *rdisk()* que es responsable de dar atención a las peticiones que recibe a través de M3-IPC y el hilo *replicate()* que es el responsable de replicar las operaciones de actualización de datos (WRITE) y de efectuar el protocolo de conformación de grupo de servidores Primary/Backup utilizando Spread. Estas operaciones incluyen la incorporación de nuevos miembros al grupo (*Join*), la finalización explícita o por fallo de procesos miembros (Disconnect), la detección de partición de red (*Partition*) y la re-uniión de esas particiones (*Merge*).

Los hilos *rdisk()* y *replicate()* comparten variables de estado, por lo que para evitar condiciones de competencia se utilizan *mutexes* que ofrece Linux para el acceso serializado a las mismas.

rdisk() es responsable dar atención a los requerimientos de operaciones de E/S que realiza MoL-FS utilizando el protocolo M3-IPC y sólo en las operaciones OPEN/WRITE, envía un multicast de actualización a todo el grupo.

En el hilo *replicate()* se implementa el esquema Primary/Backup de los servicios de MoL-VDD. Las imágenes de disco del Primario y de los Backups serán sincronizadas según la selección de un método al momento del arranque del Primario. La versión actual asume que la incorporación de nuevos procesos MoL-VDD se harán en esa misma modalidad.

Cuando se inicia MoL-VDD se registra ante el servidor Spread. Si es el primer miembro del grupo MoL-VDD, automáticamente se transforma en Primario y mediante un semáforo se habilita la ejecución del hilo *rdisk()* para atender a las peticiones de MoL-FS.

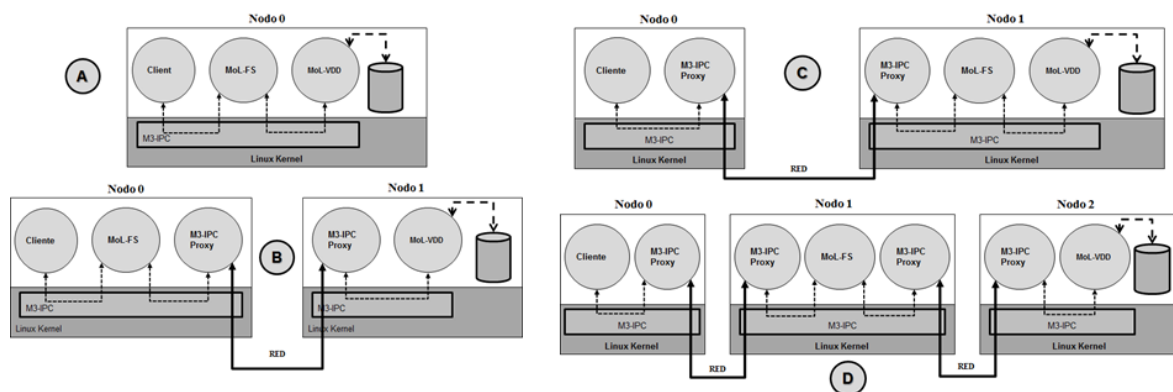


Figura 3. Escenarios de operación de MoL-VDD.

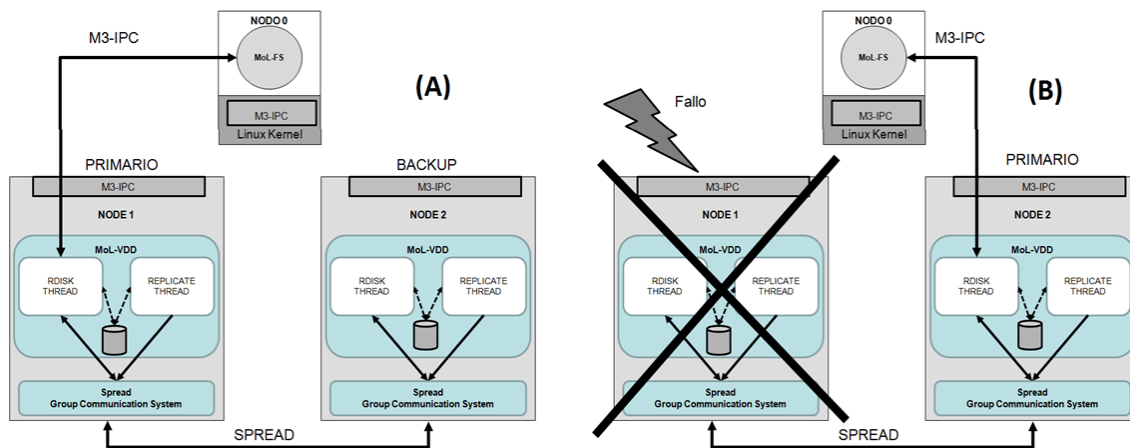


Figura 4. Replicación con MoL-VDD.

Si no es el primer nodo, se ejecuta la operación de sincronización de volúmenes y queda a la espera de la información de estado que le suministrará el actual Primario mediante el multicast de un mensaje MC_STATUS_INFO. Una vez sincronizado, el nuevo proceso MoL-VDD se transforma en Backup, pero éste no habilita la ejecución del hilo *rdisk()*. De esta forma ningún proceso (incluido MoL-FS) podrá comunicarse con él utilizando M3-IPC. Los procesos Backups solamente reciben requerimientos a través de los multicasts de mensajes que envía el Primario.

Cuando el hilo *rdisk()* del Primario recibe una petición de tipo WRITE, éste efectúa la escritura sobre su propia imagen de disco y luego envía un mensaje multicast DEV_WRITE con entrega en orden FIFO a todos los Backups. Este mensaje transporta información sobre la localización, el tamaño y los datos que deben escribirse en el dispositivo virtual. Todos los miembros del grupo (incluido el propio Primario) reciben el mensaje WRITE en el hilo *replicate()*. Cuando los procesos *replicate()* de los miembros Backups realizan su propia actualización de la operación WRITE envían la respuesta mediante un mensaje tipo MOLTASK_REPLY. El proceso *replicate()* del Primario contabiliza estos mensajes de respuesta y una vez que ha recibido todos, incluido el propio, despierta al proceso *rdisk()* del Primario para que pueda retornar la respuesta al cliente (MoL_FS). Esto asegura que el mensaje WRITE fue recibido y ejecutado en todos los procesos *replicate()* de los Backups como se ilustra en la Fig. 5. Existen otras variantes a esta opción, como por ejemplo una en la cual el Primario solo espera mensajes MOLTASK_REPLY de la mayoría de los miembros Backups (Quorum) mejorando el tiempo de respuesta al cliente.

Si bien en este artículo se expone el tratamiento que MoL-VDD da a la operación WRITE, un tratamiento equivalente se da a operaciones que modifican el estado

del dispositivo controlado, como por ejemplo operaciones IOCTL.

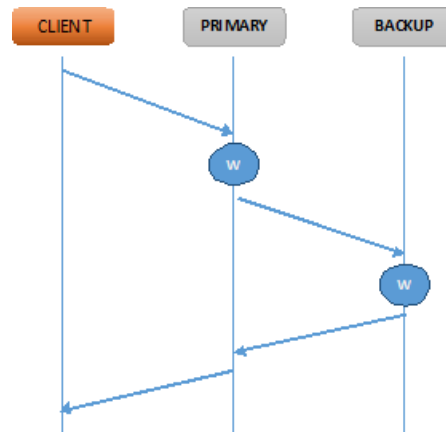


Figura 5. Petición de WRITE.

La acción de resolver una petición WRITE en el DVS con MoL-VDD replicado, puede pensarse en varios esquemas posibles (Ver Fig. 6):

- El hilo *rdisk()* del Primario recibe de MoL-FS (CLIENT) la solicitud de un WRITE, realiza el multicast de un mensaje a todos los Backups con dicha acción. Cuando el proceso *replicate()* del Primario recibe su propio mensaje WRITE, despierta al Primario para que efectúe la escritura y envíe el mensaje de respuesta al proceso cliente. Mientras tanto los Backups procesarán sus acciones de escritura en el orden que a través de Spread reciban los mensajes y enviarán el aviso al Primario para que se notifique de que ese Backup está actualizado (Fig. 6-A).

- El hilo *rdisk()* del Primario recibe de MoL-FS (CLIENT) la solicitud de un WRITE, realiza el multicast de un mensaje WRITE a todos los Backups con dicha acción. Emite luego la respuesta al proceso cliente con la acción de escritura realizada. Los procesos Backups procesarán sus acciones de escritura en el orden que a través de Spread reciban los mensajes y enviarán el aviso al Primario para que se notifique de que ese Backup está actualizado (Fig. 6-B). El hilo *rdisk()* del Primario recibe de MoL-FS (CLIENT) la solicitud de un WRITE, realiza el multicast de un mensaje WRITE a todos los Backups con dicha acción. Una vez que reciba todas las repuestas de los procesos *replicate()* de los Backups con la acción de escritura realizada, el proceso *replicate()* del primario despertará al hilo *rdisk()* para que realice la escritura en la imagen de disco y luego envíe la respuesta al proceso cliente (Fig. 6-C).

Cada uno de estos esquemas de operación tienen sus ventajas e inconvenientes y dependerá de los requerimientos de la aplicación elegir el más apropiado.

La selección del método presentado en la Fig. 5, respecto de los otros esquemas posibles, responde a que la solicitud de un WRITE termine siendo una operación atómica. Cuando el Primario recibe todas las respuestas es porque la acción de escritura ha sido realizada en todos los miembros tipo Backup. Este esquema de operación da mayores garantías de disponibilidad y consistencia en desmedro del rendimiento. MoL-VDD incluye mejoras al rendimiento realizando compresión de datos en los mensajes tipo WRITE en el grupo de Réplicas. M3-IPC también incorpora la facilidad de compresión de datos en proxies que comunican el nodo donde ejecuta el cliente (MoL-FS) y donde ejecuta el MoL-VDD Primario.

Si la solicitud es con alguna de estas dos últimas operaciones, tanto el proceso *rdisk()* del primario como el proceso *replicate()* de los Backups podrán dar tratamiento del siguiente modo:

- *CREAD*: leerá los datos y luego aplicará LZ4. La respuesta al cliente será la información en formato comprimido para que luego el cliente le dé el tratamiento que corresponda. Una petición para realizar una operación READ-WRITE puede ser hecha indicando CREAD-CWRITE.
- *CWRITE*: recibirá los datos que debe escribir en formato comprimido, por lo que deberá aplicar LZ4 para obtener los datos originales, actualizar el dispositivo y luego enviar la respuesta confirmando el proceso de escritura realizado. La difusión hacia los Backups tendrá activo un flag en el mensaje que se envía vía Spread, de modo que los procesos *replicate()* interpreten la acción de compresión previo a ejecutar el WRITE recibido.

Tanto para los datos comprimidos transmitidos por los proxies de M3-IPC como transportados por los mensajes CWRITE de Spread se utiliza LZ4 [19], un algoritmo de compresión de la clase *lossless compression* (compresión sin pérdidas) cuyo objetivo es que los datos originales y los datos resultantes después de la descompresión resulten idénticos.

4. Sincronización de Volúmenes.

Como se mencionó en la sección anterior, en el hilo *replicate()* del proceso MoL-VDD se implementa el protocolo de replicación Primary-Backup (Fig. 7-A). En *replicate()* también se realiza la sincronización de Volúmenes utilizando un esquema Amo/Esclavo (Master/Slave), el cual está conformado por el hilo de ejecución *mastercopy()* que ejecuta en el nodo Primario y por el hilo *slavecopy()* (Fig. 7-B) que ejecuta en el nodo Backup a sincronizar.

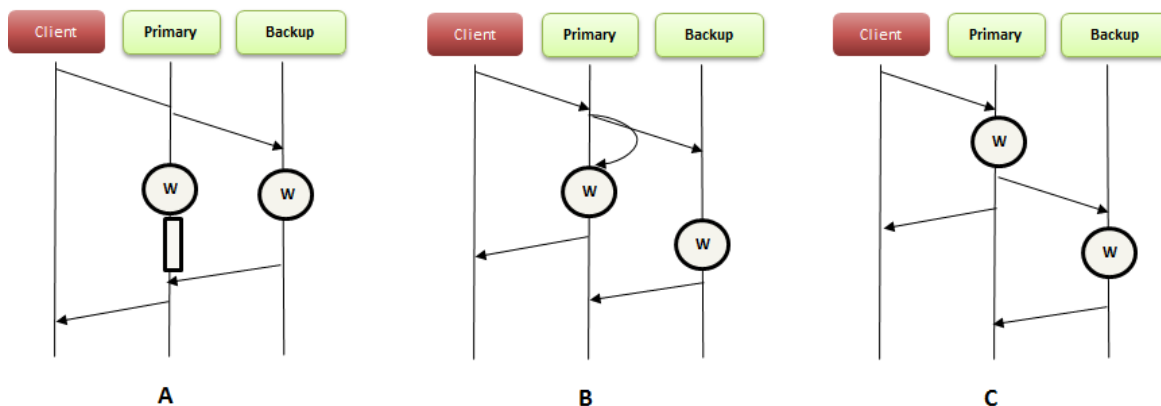


Figura 6. Esquemas de Replicación Primary/Backup.

Ambos hilos son creados por *replicate()* cuando un nuevo miembro quiera sumarse al grupo (*join*). En este caso, también se utilizan *mutexes* para controlar el acceso a las variables de estado compartidas entre todos los hilos de ejecución y evitar condiciones de competencia asegurando el acceso serializado a ellas.

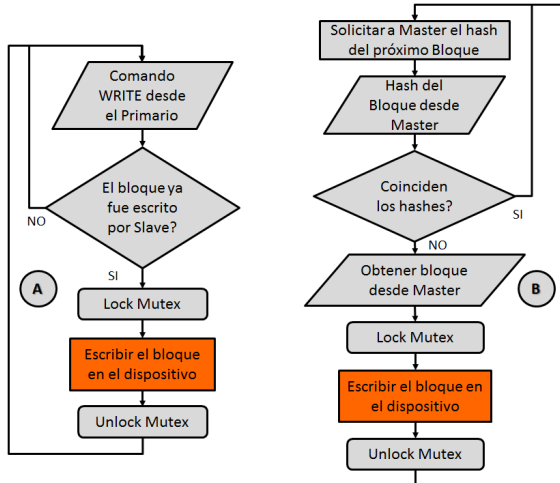


Figura 7. Diagramas de flujo de hilos en nuevo nodo.

El hilo *slavecopy()* se ejecutará en el nuevo proceso MoL-VDD que solicita integrarse al grupo y establecerse como nuevo Backup. Mientras que el hilo *mastercopy()* se creará en el Primario. Slave y Master se comunicarán a través del protocolo M3-IPC.

Por cada uno de los dispositivos gestionados por MoL-VDD se establecerá una comunicación entre el par Master/Slave mediante negociación en tres pasos (three-way handshake, Fig. 8):

1. El hilo *slavecopy()* del nuevo miembro enviará al hilo *mastercopy()* del Primario un mensaje inicial del tipo DEV_TRANS (Device-Transfer), para solicitar el establecimiento de un canal para la transferencia de datos de sincronización. El mensaje incluye datos para validaciones e información necesaria para realizar dicha transferencia de datos tales como la identificación del dispositivo sobre el que se realiza la sincronización, el tamaño de bloque de transferencia y el tamaño del dispositivo.
2. El hilo *mastercopy()* del Primario validará la información recibida en el mensaje indicado y si es correcta responderá con un mensaje de tipo DEV_TRANSR (Device Transfer Reply) al *slavecopy()* de la nueva Réplica.
3. Cuando *slavecopy()* recibe el mensaje DEV_TRANSR, están dadas las condiciones para poder realizar la sincronización de volúmenes. Enviará un mensaje al *mastercopy()* indicando el tipo de sincronización. Una vez, que se han

transferido todos los datos y actualizado el volumen en *slavecopy()*, se continúa con la sincronización del siguiente dispositivo especificado (en un archivo de configuración) hasta completar el total. Si todas las transferencias/actualizaciones han sido exitosas, se considera al nuevo proceso MoL-VDD listo para integrarse al grupo. Los hilos *slavecopy()* y *mastercopy()* finalizarán, se completará la acción *join* enviando un mensaje MC_SYNCHRONIZED a todos los miembros con la identificación del nuevo Backup habilitado.

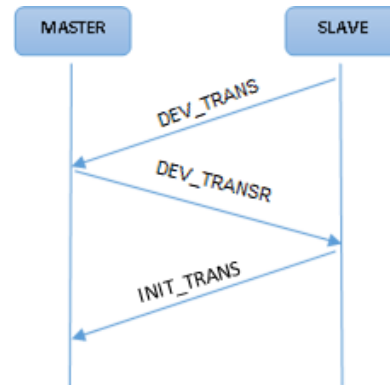


Figura 8. Protocolo de Transferencia Master/Slave.

Se describen a continuación los métodos predefinidos para realizar la Sincronización de Volúmenes (Fig. 9):

1. **FULL_UPDATE**: Cuando *mastercopy()* recibe un pedido de este tipo, transfiere automáticamente desde la posición indicada los datos que completan el tamaño de un bloque de transferencia. El *slavecopy()* por su parte, al recibir el mensaje de respuesta correspondiente realizará la actualización en el dispositivo con la información recibida. Así será hasta completar el tamaño total del volumen.
2. **DIFF_UPDATE**: Un mensaje de este tipo indica que sólo se actualizarán aquellos bloques que difieran entre sí. La evaluación de las diferencias de bloques se realiza utilizando el algoritmo MD5 [20]. Este algoritmo, evalúa una longitud arbitraria de datos y devuelve un digesto (message-digest) de 128 bits (en adelante lo denominaremos *sig* por signature). *slavecopy()*, al enviar una solicitud de sincronización del tipo DIFF_UPDATE, incluirá en el mensaje el *sig* correspondiente al bloque que se debe actualizar. En el otro extremo, *mastercopy()* calculará desde la posición indicada por la solicitud recibida, para la cantidad de bytes del bloque de transferencia el *sig* propio. Si el *sig* calculado es igual al *sig* recibido en el mensaje, *mastercopy()* sólo enviará el propio *sig* obtenido y cero en cantidad de bytes a actualizar. Cuando *slavecopy()*

recibe ese mensaje de respuesta, comparará del mismo modo el *sig* original contra el *sig* del mensaje recibido y solamente realizará la actualización cuando ambos *sigs* sean diferentes. En caso contrario, solicitará el próximo bloque a actualizar. De este modo se logra mejorar el rendimiento ya que únicamente se transportan y copian los bloques de datos diferentes.

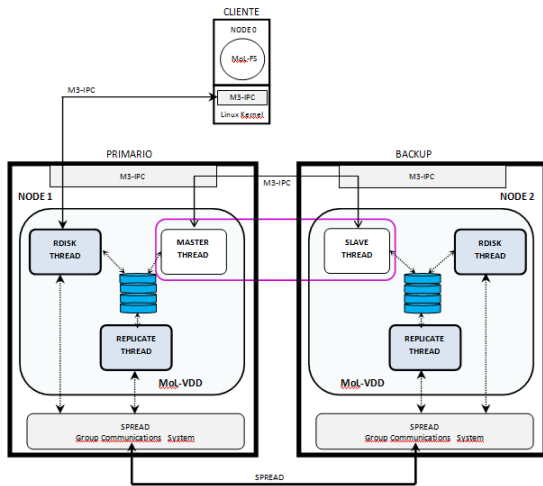


Figura 9. Sincronización de volúmenes.

3. *FULL_UPDATE* y *DIFF_UPDATE* con actualizaciones dinámicas: Al momento de seleccionar el método de actualización, se puede determinar también si se efectuará en forma dinámica o no. El modo NO-dinámico hará que el Primario y el Backup se mantengan bloqueados hasta tanto finalice la Sincronización de Volúmenes, por lo que no se atenderán solicitudes de operación sobre los dispositivos durante el proceso. Mientras que, si se especifica modo de sincronización dinámico, una vez generado el esquema Master-Slave, no habrá bloqueos y el Primario podrá dar servicio a las solicitudes que reciba. En caso que se trate de un WRITE, el hilo *replicate()* en el proceso MoL-VDD que intenta establecerse como nuevo Backup, verificará que la escritura que va a realizarse no sea en un bloque que ya fue actualizado. Si fuera así, procesará el mensaje con el pedido de escritura actualizando los datos recibidos. Para poder llevar a cabo esta acción, el *slavecopy()* lleva un variable con el registro del último bloque actualizado, dicha variable es consultada por *replicate()* para validar si el contenido que llega vía Spread con una solicitud WRITE corresponde a un bloque ya sincronizado.

Una opción más que puede definirse junto con el método de sincronización, es especificar si va a realizarse o no con compresión de datos.

Si bien, como se mencionó anteriormente esta es una característica ya implementada en los proxies de M3-IPC, se consideró la posibilidad de que el modelo tenga accesible dicha implementación por si en algún momento se decidiera que en los proxies esta facilidad sea opcional.

5. Evaluación de Rendimiento

Como métrica para la evaluación del rendimiento del mecanismo de sincronización implementado en MoL-VDD, se tomaron los tiempos de sincronización entre imágenes de archivos. Como algoritmos de contraste se eligieron *rsync* y *drbd* por su amplia difusión.

En la Fig. 10 se presentan los resultados de los microbenchmarks que evaluaron tanto de MoL-VDD como de *rsync* y *drbd*. Para la ejecución de los mismos se utilizaron 2 PCs con CPU AMD A6-3670 CPU @ 2.60GHz, de 4 núcleos y 2 GB de RAM unidos por un switch de 1Gbps por puerto. Las pruebas de MoL-VDD y *rsync* se realizaron utilizando una versión personalizada de Debian Linux (kernel 2.6.32) en un Live-DVD utilizando discos RAM para el almacenamiento de archivos regulares y de imágenes a los efectos de eliminar la latencia impuesta por los discos rígidos. En tanto que para las pruebas de *drbd* se utilizó un kernel 4.9.88.

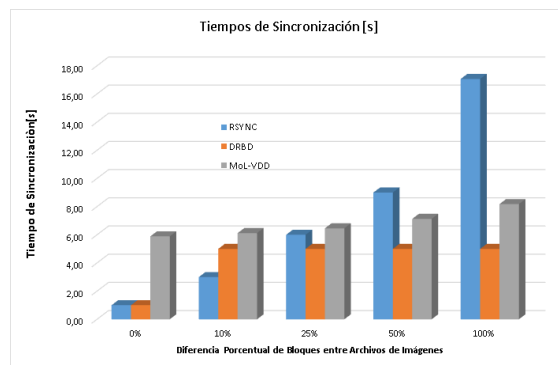


Figura 10. Tiempos de Sincronización.

Los archivos de imágenes utilizados eran de 200 Mbytes, limitado este por el tamaño admitido por los discos RAM.

En el caso de *rsync*, se utilizó compresión de datos y *ssh* como protocolo para la transferencia.

Si bien existen diferentes protocolos para los proxies que pueden utilizarse en M3-IPC [16], se eligió para estas pruebas TCP sin compresión por ser considerado más estándar. Existen protocolos tales como TIPC o Raw

Sockets de los cuales se obtiene un rendimiento superior en las transferencias de datos. De igual forma, tampoco se utilizó la facilidad de compresión de la que dispone MoL-VDD para hacer las difusiones en las actualizaciones, dado que esto no tiene impacto en las mediciones de la sincronización de imágenes.

Se debe señalar, que *drbd* utiliza metadatos para contrastar la coincidencia de bloques y esto hace que las pruebas realizadas resulten tiempos de sincronización para 0% de coincidencia (5 [s]) o 100% de coincidencia de bloques (menores a 1 [s]).

La fig. 10 muestra un comportamiento más regular en el rendimiento en las sincronizaciones realizadas por MoL-VDD, y esto es mucho más evidente cuando las diferencias entre las imágenes a sincronizar son mayores.

Existen varios factores que pueden afinarse para optimizar el rendimiento en MoL-VDD, tales como:

- La utilización de compresión en las transferencias, pero esto llevaría a una mayor utilización de CPU y una disminución en la utilización de ancho de banda.
- El aumento en el tamaño del bloque a considerar. Esto tiende a mejorar el rendimiento para cuando las imágenes tienen pocas diferencias y a reducir el diálogo entre el Master y el Slave.
- La utilización de un protocolo en los proxies de M3-IPC con menos sobrecarga y menos dialogante, tal como TIPC.
- La implementación de comparaciones por lote (batch), es decir, realizar el resumen (hash) de varios bloques en forma concurrente y conformar un vector de resúmenes. De esta forma se reduce el diálogo entre el Master y el Slave, lo que impacta más aun en enlaces con alta tasa de pérdida de paquetes, bajo ancho de banda o de gran latencia.

Como MoL-VDD es en sí mismo un prototipo y forma parte de otro prototipo (DVS), los resultados obtenidos en las pruebas realizadas satisfacen los objetivos planteados. Se logró un rendimiento similar a otra herramienta más madura e instalada como productos terminados tales como *rsync* y *drbd*.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

Bajo la premisa de atender las necesidades tanto de alto rendimiento como de escalabilidad, alta disponibilidad, aislamiento y elasticidad, impuestas a las aplicaciones críticas de la computación en la nube se desarrolló un VOS (MoL) para ejecutar en un DVS. En este artículo se ha presentado un método para la sincronización de datos de discos virtuales replicados en esquema Primary/Backup (MoL-VDD) que opera en forma dinámica mientras se brinda servicios a los clientes.

Los procesos que conforman el grupo MoL-VDD se comunican entre sí mediante el protocolo de comunicaciones grupales Spread. La versión actual de MoL-VDD es aún un prototipo en desarrollo que sólo soporta fallos de caídas (crashes) de procesos y nodos. Aún no están soportados fallos de partición de red y reunión de red.

El prototipo actual permite seleccionar con qué método serán validadas y sincronizadas las imágenes de discos en los procesos Backups. Dicho método también determinará la conexión de los clientes, si queda prohibida hasta tanto todos los procesos servidores estén iniciados o si se realiza la sincronización dinámica de éstos procesos mientras se responden las solicitudes de los clientes.

Como se menciona anteriormente, la sincronización de imágenes entre el Primario y un nuevo Backup puede realizarse o no, en forma dinámica mientras se brinda servicio a través del esquema Master/Slave.

MoL-VDD puede utilizar cualquier tipo de archivo que Linux ofrezca como imagen de disco, esto es: archivos regulares, archivos de dispositivos de bloques, archivos localizados en servidores remotos como NFS, archivos en discos RAM, pendrives, etc.). Dando soporte de múltiples imágenes de dispositivos que son accedidas a través de un archivo de configuración. Permite también la atención de peticiones concurrentes mediante múltiples hilos de ejecución y el soporte de compresión y cifrado en las transferencias de datos por la red entre otros. Además, soporta la ejecución de múltiples servidores en el mismo nodo (usando diferentes *endpoints* o configurándolos en diferentes DCs) permitiendo un mayor grado de concurrencia y explotación de los recursos. MoL-VDD admite diferentes escenarios donde puede ejecutarse en el mismo nodo donde reside el proceso que utiliza sus servicios o localizarse en nodos diferentes.

Con un esquema de redundancia en el servicio de almacenamiento se evita un único punto de fallo en el sistema de virtualización, se dispone de respaldo de los datos en múltiples dispositivos de almacenamiento físicamente separados, se evitan tiempos muertos de producción por caídas en un servidor y finalmente se mejora la flexibilidad en el mantenimiento de la infraestructura ya que se permite retirar servidores en operación sin interrumpir el servicio.

Se proyecta a futuro el análisis y desarrollo de la atención de peticiones concurrentes mediante múltiples hilos de ejecución. Optimizaciones en la sincronización de los volúmenes al incorporar o reemplazar servidores a través de lotes de bloques, es decir comparaciones y actualización agrupadas complementando la facilidad actual de bloque a bloque.

El mismo mecanismo de sincronización de MoL-VDD también puede utilizarse para realizar un backup “en

crudo” consistente y en forma dinámica del dispositivo o archivo de imagen.

Si bien MoL-VDD fue desarrollado para conformar un VOS de un DVS, es posible utilizarlo desde un proceso Linux ordinario integrándolo al kernel de Linux mediante un driver BUSE (Block device in UserSpaceE) [21].

Referencias

- [1] Galley S.: “PDP-10 Virtual Machines” In Proc. ACM SIGARCH-SIGOPS Workshop on Virtual Computer Systems, MA, (1969).
- [2] Linux VServer http://linux-vserver.org/Welcome_to_Linux-VServer.org, accedido Agosto 2018.
- [3] OpenVZ Viruozzo Containers, <http://wiki.openvz.org>, accedido Agosto 2018.
- [4] Linux Containers, <https://linuxcontainers.org/>, accedido Agosto 2018.
- [5] J. Dike, “A user-mode port of the Linux kernel”, USENIX Association. Proceedings of the 4th Annual Linux Showcase & Conference, Atlanta Oct 10 –14, 2000.
- [6] P. Pessolani, O. Jara, “Minix over Linux: A User-Space Multiserver Operating System”, in Proc. Brazilian Symposium on Computing System Engineering, Florianopolis, 2011, pp. 158-163, doi: 10.1109/SBESC.2011.17.
- [7] P. Pessolani, T. Cortes, F. Tinetti, S. Gonnet; “An Architecture Model for a Distributed Virtualization System”; Cloud Computing 2018; The Ninth International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization; ISSN: 2308-4294, ISBN: 978-1-61208-607-1. Barcelona, España.2018.
- [8] N. Budhiraja, K. Marzullo, F. B. Schneider, S.Toueg, “The primary-backup approach”, in Distributed systems (2nd Ed.), Sape Mullender (Ed.). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA 199-216, 1993.
- [9] M. Alemandi, O. Jara, “Un driver de disco tolerante a fallos”, Jornada de Jóvenes Investigadores Tecnológicos (JIT 2015), Rosario, 2015.
- [10] Massiglia, P., “Highly Available Storage for Windows” Servers, John Wiley & Sons Inc; 2002, ISBN-10: 0471034444, ISBN-13: 978-0471034445.
- [11] Dilip M. RanadeRadha Shelat, “Replica synchronization using copy-on-read technique”, <https://patents.google.com/patent/US7571290B1/en>
- [12] Tridgell, A., “Efficient Algorithms for Sorting and Synchronization”, PhD Thesis (1999).
- [13] Ronald L. Rivest., “The MD4 Message Digest Algorithm”. In Proceedings of the 10th Annual International Cryptology Conference on Advances in Cryptology (CRYPTO '90), Alfred Menezes and Scott A. Vanstone (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 303-311, 1990.
- [14] Reisner, P. "DRBD v8 - Replicated Storage with Shared Disk Semantics". Proceedings of the 12th International Linux System Technology Conference. Hamburg, Germany. 2005.
- [15] A. S. Tanenbaum, A. S.Woodhull, “Operating Systems Design and Implementation (3rd Edition)”, ISBN: 0131429388, 2006.
- [16] P. Pessolani, T. Cortes, F. G. Tinetti, and S. Gonnet, “An IPC Software Layer for Building a Distributed Virtualization System”, Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2017) La Plata, Argentina, October 9-13, 2017.
- [17] The Spread Toolkit. <http://www.spread.org>, accedido Agosto 2018.
- [18] L. E.Moser , Y. Amir, P. M. Melliar-Smith, D. A. Agarwal, "Extended Virtual Synchrony", in Proceedings of the IEEE 14th International Conference on Distributed Computing Systems (Poznan, Poland, June), IEEE Computer Society Press, 1994.
- [19] LZ4, <https://github.com/lz4/lz4>, accedido Agosto 2018.
- [20] RFC 1321 – “The MD5 Message-Digest Algorithm”. Internet Engineering Task Force. April 1992. Retrieved 5 October 2013.
- [21] BUSE – “A block device in userspace”, <https://github.com/acozzette/BUSE> , accedido Agosto 2018.

Red de Sensores Inalámbrica para la Detección, Alerta, Monitoreo y Provisión de Datos a Sistema de Predicción de Incendios Forestales

Elgueta Rodrigo¹, Méndez-Garabetti Miguel^{1,2}, Bianchini Germán², Caymes-Scutari Paola^{2,3}, Caylá Ivana Belén¹, Córdoba Diego¹, Peñasco Andrés¹, Morelli, José¹, Carrizo Marcelo¹, Giorlando Agustín¹, Lujan Arnaldo¹ y Carballo Nicolás¹

¹Universidad de Mendoza, Facultad de Ingeniería (UM)

²Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Mendoza/UTN

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

rodrigo.elgueta@um.edu.ar, miguel.mendez@um.edu.ar, gbianchini@frm.utn.edu.ar, pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar, iva.cayla@gmail.com, diego.cordoba@um.edu.ar, penasco.andres@gmail.com, jose.morelli@um.edu.ar, carrizomarcelo@gmail.com, agus.giorlando@gmail.com, aarrnaall@gmail.com, nicolas.carballo@gmail.com

Resumen

Las catástrofes naturales producen gran preocupación en el mundo por las pérdidas y perjuicios ambientales que provocan. Entre ellas, se encuentran los incendios forestales. En la actualidad se utilizan diversas tecnologías con el fin de cuantificar ciertas variables para disminuir su daño, entre ellas, se encuentra la aplicación de redes de sensores inalámbricas (Wireless Sensor Networks, o bien WSN), quienes forman una herramienta tecnológica valiosa para recolectar información del entorno. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar y planificar el despliegue de una red de sensores inalámbrica para la cuantificación de ciertas variables ambientales que permitan detectar incendios. Esto permitiría la obtención de información que, por un lado, serviría para comprender el origen de los incendios y por otro, entregarían datos de utilidad para la extinción de los mismos, ya que, conociendo el comportamiento posible de un incendio forestal en progreso, se podrían tomar decisiones acertadas en el plan de mitigación. Para ello, se utilizan modelos de predicción de incendios forestales, utilizando los datos recolectados por la WSN, como entradas en un sistema de predicción del comportamiento de incendios forestales que aplicará el método conocido como ESS-IM (Sistema Estadístico Evolutivo con Modelo de Islas). Para ello, la red propuesta, pretende además de hacer un seguimiento de incendios y nutrir de variables de entrada a modelos predictivos de comportamiento del fuego, convertirse en

una herramienta de utilidad para minimizar los daños causados por este tipo de fenómenos.

1. Introducción

Los incendios forestales generan grandes pérdidas y daños alrededor del mundo. Argentina posee un Plan Nacional de Manejo del Fuego (Decreto 746/2017, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable) que especifica métodos de prevención y guías específicas respecto a cómo actuar ante la ocurrencia de incendios [1][2].

Generalmente, para la detección de incendios forestales, se utilizan tecnologías de detección por imágenes capturadas desde puntos de observación elevados ubicados en el terreno a monitorear (Figura 1). Estos puntos de observación y detección responden competentemente a la localización de columnas de humo típicas de incendios forestales de copas, siendo menos adecuada en la detección de incendios subterráneos que son más difíciles de reconocer mediante estos sistemas debido a su dificultosa visibilidad. En Argentina, este tipo de tecnología se utiliza de forma eficiente en las provincias que poseen bosques oleosos, ya que suelen tener múltiples focos de incendio y con esta técnica se logra reducir la superficie afectada mediante acciones inmediatas, lo que permite, además de su sofocación, conocer el origen del mismo.



Figura 1. Punto de observación elevado para detección de incendios forestales.

Sin embargo, debido a la gran extensión y diversos ecosistemas que posee el país, existen zonas afectadas por otros tipos de incendios forestales, como el subterráneo o el superficial. Estos fenómenos afectan en general a la zona pampeana [3] y, por sus características, requieren otros métodos de detección, ya que la estimación de su comportamiento y desplazamiento mediante imágenes obtenidas desde puntos de observación terrestre puede ser errónea.

Dicha región posee la mayor cantidad de superficie afectada por incendios forestales respecto a la cantidad de focos que los originan [4], motivo por el cual, el presente trabajo aborda el desarrollo de una herramienta para la detección, alerta, monitoreo y predicción de incendios forestales en zonas donde los tipos de incendios forestales que se producen, poseen diferentes comportamientos y características a los incendios de copa.

En este contexto, es importante mencionar que la provincia de Mendoza, es la segunda a nivel nacional con mayor cantidad de superficie afectada por incendios forestales. Durante el año 2016 se registraron 93.529 hectáreas afectadas por el fuego [4] y, si bien aún no están disponibles las estadísticas oficiales del año 2017, durante el último incendio forestal que afectó a La Pampa y el sur de la provincia de Mendoza, se estima que sólo en Mendoza 100.000 hectáreas se vieron afectadas producto de ese incendio [5][6].

En base a esta problemática, se puede decir que diversos métodos o herramientas podrían ayudar a prevenir estos siniestros y hacer más segura y eficaz su extinción una vez ocurridos. Por ejemplo, una red inalámbrica de sensores sería capaz de medir variables ambientales y proporcionar datos en tiempo real de la ocurrencia de eventos, ofreciendo información de gran

utilidad para los organismos encargados de combatir los incendios [7].

El presente trabajo plantea una propuesta de despliegue de una red inalámbrica de sensores de bajo costo (Wireless Sensor Networks, o bien WSN) para la detección, alerta y monitoreo de incendios forestales, y el análisis de algunos componentes para su desarrollo.

Las WSN están formadas por dispositivos distribuidos en un área geográfica determinada, organizados mediante una red autónoma utilizando sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales [8][9]. Algunos de los estándares de comunicación disponibles son: Zigbee [10][11], IEEE 802.15.4 [12], IEEE 802.11 [13] o radios propietarios, los cuales son regularmente de 900 MHz.

Uno de los objetivos es que la WSN se constituya por elementos de muy bajo coste, en virtud de que se prevé que parte de la red o su totalidad puede llegar a verse afectada por las llamas. A su vez, se espera que trabaje con frecuencias y protocolos de red convencionales y compatibles con dispositivos finales como Tablets o Smartphones, ya que se pretende que la información recabada por la WSN pueda ser utilizada para brindar información a los bomberos in situ y también a centros de planificación, generalmente ubicados a grandes distancias de los focos de incendios (Figura 2).

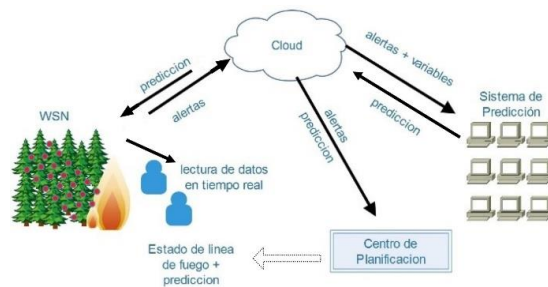


Figura 2. Incorporación de datos recolectados a diferentes sistemas y servicios.

Como complemento, la red será diseñada de modo que los datos recolectados por la WSN puedan ser incorporados como entradas en un sistema de predicción del comportamiento de incendios forestales, compuesto, en este caso, por el método conocido como ESS-IM [14][15].

De esta manera, el despliegue de la WSN planteada, facilitaría la obtención de mediciones de variables ambientales que permitirían alertar en forma temprana la ocurrencia de incendios forestales, y así enviar la información correspondiente a la plataforma de predicción en donde se realizará el pronóstico del comportamiento del incendio.

En la siguiente sección se describe las características de la WSN planteada, luego se comenta el experimento

realizado, los recursos computacionales involucrados y los resultados obtenidos. Finalmente, se discuten las conclusiones y las líneas futuras de trabajo.

2. Redes Inalámbricas de Sensores

Como anteriormente se mencionó, las WSN están formadas por plataformas de hardware con recursos de memoria, cómputo y energía limitados, por lo que trabajan con protocolos especialmente diseñados para cubrir esas limitaciones (IEEE 802.15.4, ZigBee, etc). Estos protocolos, generalmente no son directamente compatibles con la pila TCP/IP y requieren que deba implementarse distintas técnicas de hardware y software para poder presentar los datos recolectados por las WSN al usuario mediante dichas tecnologías de red [16].

Esto implica que para presentar los datos recolectados por una WSN a usuarios que utilizan dispositivos con conexiones de redes de área local inalámbricas o bien WLAN (IEEE 802.11), deba a realizarse algún tipo de adaptación a protocolos de capas inferiores del modelo OSI (Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos) [17] a fin de lograr comunicación entre los diferentes estándares.

Los protocolos para WSN más utilizados e implementados son: 802.15.4 y ZigBee debido a que poseen menor costo energético. Asimismo, su precio es mayor y se requiere un punto de acceso específico para recolectar la información y no podría utilizarse la misma red para capturar a los datos en forma directa desde cualquier dispositivo con acceso a Wi-Fi [18][19]. Por ello, este trabajo integra una WSN basada en protocolos de WLAN, específicamente IEEE 802.11, generalmente certificados y reconocidos como Wi-Fi. Esto persigue el fin de que cualquier dispositivo que se encuentre en zona de cobertura y posea dicho estándar, acceda a la red sin necesidad de utilizar adaptadores o equipos adicionales.

De esta forma, como anteriormente se mencionó, se facilitaría el acceso a la información a bomberos in situ y centros de planificación respecto al estado real del incendio en tiempo real.

2.1. Arquitectura, dispositivos y despliegue de la red

El presente trabajo, plantea un diseño con patrones en disposición de cuadrícula regulares de igual distribución con consumo energético [20]. Esto se ha establecido de esta manera ya que, además de facilitar la comunicación, permitirá la localización de los elementos, basada en la distribución cuadrangular conocida, evitando el uso de sensores GPS en cada nodo [21].

Debido a las variables que pueden ser monitoreadas para la detección de incendios, se ha analizado el sistema

de adquisición de datos mediante la utilización de sensores específicos, entre ellos se destacan:

- DHT11, para obtener valores en tiempo real de temperatura y humedad [22].
- MQ-7, utilizado para detectar la presencia de monóxido de carbono. Éste es de gran importancia e interés ya que la presencia de monóxido de carbono indica la existencia de fuego [23]. Asimismo, teniendo en cuenta la definición de esquema y despliegue descripta, mediante el nivel de monóxido de carbono detectado por uno de estos sensores y el tiempo en el que el mismo nivel sea detectado por el próximo sensor, se podría calcular la velocidad y dirección del viento.

Dichos sensores estarán conectados a un nodo o "mote" que tendrá interfaces de Entrada/Salida para sensores, memoria y un procesador. Existe una gran diversidad de componentes candidatos a mote, entre ellos se encuentra un grupo que integra el control de entradas y salidas para sensores mediante la utilización del mismo chip que se utiliza en las placas WiFi. Dentro de este grupo, el presente trabajo utiliza el chip esp8266 - D1 [24].

Además de la posibilidad de utilizar el esp8266 como un microcontrolador, el mismo puede programarse desde el IDE-Arduino, mediante la utilización de la librería desarrollada por Ivan Grokhotkov [24].

Respecto a la energía, en virtud de que el consumo energético de una red WiFi es sustancialmente mayor respecto a otras soluciones, se optó por la utilización de baterías alimentadas mediante un panel solar de 5V. Al respecto, se realizaron pruebas de laboratorio con los equipos descriptos conectados y transfiriendo datos de forma permanente en una red tipo mesh y el agotamiento de la batería sin utilización de carga por panel solar, fue cercano a las 72hs, lo que, en principio, validaría la solución de carga a través de un panel solar. Asimismo, a futuro se prevé evaluar diversos escenarios. Por ejemplo: duración de carga con transmisión de datos a diferentes frecuencias, distancias, condiciones de tiempo, etc.

Es importante mencionar que, debido a que los equipos estarían dispuestos en zonas despobladas, y que los componentes evaluados reúnen características físicas de tamaños pequeños, sería posible el camuflaje de los nodos a su entorno a fin de evitar contaminación visual.

3. Protocolos y Primitivas de Conexión

Si bien ya se han desarrollado pruebas experimentales de la WSN utilizando WiFi [25], aún se continúa estudiando puesto que se desea avanzar en la integración de diferentes tecnologías, entre ellas: IEEE 802.15.4, ZigBee. ZigBee está basada en IEEE 802.15.4 y por lo tanto posee un bajo consumo, acepta topologías tipo mesh y es de fácil integración, aún es una tecnología de alto costo para aplicaciones como la del presente trabajo, pero

no se descarta su utilización para brindar escalabilidad. Tampoco se descarta a los fines de escalabilidad otro tipo de tecnologías, como GSM, debido a las distancias de cobertura que ofrece.

A pesar de la disposición de cuadrícula mencionada anteriormente, la topología lógica a utilizar será jerárquica ya que se designarán algunos nodos como cluster-head [26][26] con mayor responsabilidad para controlar a otros nodos. Se espera que esta característica posea ventajas para la detección de incendios debido a que, ante cambios en la red, existiría un control que reaccionaría a fin de cambiar parámetros en los nodos de modo que, ante la desconexión de cualquier punto, la información pueda seguir transmitiéndose por rutas alternativas.

Por ello, se utilizará el modelo de ruteo de protocolos basados en clúster (Figura 3), éstos proponen el uso de clústeres de nodos permitiendo distribuir el consumo de energía de manera más uniforme entre los sensores de la red. Dentro de un clúster, la cabecera (head) coordina localmente la transmisión directamente a la estación base [27][27][27]. El despliegue del mismo en el escenario que se estudia, permitiría el balance de consumo energético y el envío de mensajes críticos lo más rápidamente posible mediante la comunicación de entornos consistentes intra-clusters e inter-clusters.

En términos de la red de sensores, se habla de un balance de consumo energético en virtud de que la energía utilizada está determinada principalmente por el consumo necesario para enviar mensajes a la base (dependiente de la distancia). Sin embargo, también entra en juego la energía utilizada para recibir mensajes de los miembros del grupo. Así, la distancia de los nodos líderes a la base es prioridad para ahorrar energía.

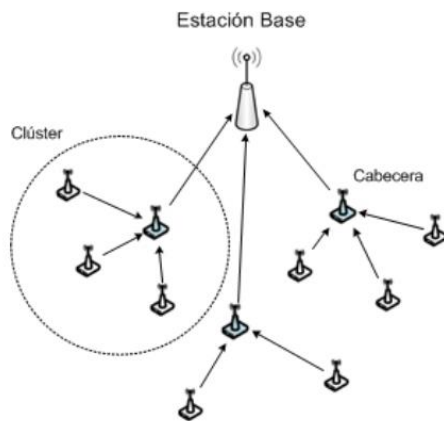


Figura 3. Topología de red utilizando modelo basado en clúster

4. Experimentación

En la etapa de desarrollo actual del proyecto se intenta evaluar la regeneración y configuración automática de los nodos, su agrupación y proclamación como líderes, a fin de que los datos sensados, sean enviados a una estación base a pesar de fallas o cambios en la red. Ésta es una característica fundamental que esta WSN debe poseer para poder garantizar su efectividad en la detección de ocurrencias de incendios forestales.

Para este experimento se ha montado una WSN en laboratorio formada por cuatro nodos conectados mediante el protocolo 802.11, conformando un clúster.

Los nodos siguen el esquema presentado en la Fig. 3. Debido a que se representa un solo clúster, uno de los nodos hace de receptor de la estación base, la estación base es una PC, y de los tres nodos restantes uno tiene el rol de cluster-head con dos nodos equipados con sensores. Cada nodo posee un identificador de nodo representado por un número entero de 6 cifras. Particularmente, en este ejemplo, se emplearon cuatro nodos esp8266-D1, ver Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de nodos de la WSN

Nodo	ID	Rol
0	Sin ID, receptor estación base.	Se encuentra conectado al puerto USB de una PC y recibe la información del nodo más próximo
1	534789 (gris claro)	Sin sensores
2	529993 (gris oscuro)	Con un sensor de Humedad y Temperatura conectado
3	535864 (gris)	Con un sensor de Humedad y Temperatura conectado

En la Figura 4, se observa la captura de datos de dicha WSN donde se puede observar el comportamiento de la red ante los cambios de topologías y pérdidas de nodos realizados en la experimentación (ver Fig. 5). Las líneas "adopt" representan los cambios de topologías, donde un valor igual a 1 indica que el actual nodo cluster-head ha dejado de estar operativo y otro nodo ha tomado su rol, y 0 cuando se ha incorporado otro nodo como cluster-head. En el resto de las líneas sólo se reciben mediciones de los sensores conectados en los nodos 2 y 3 siguiendo el formato: se recibe información de un nodo "X" a través de un nodo "Y" (la última columna indica los valores medidos).

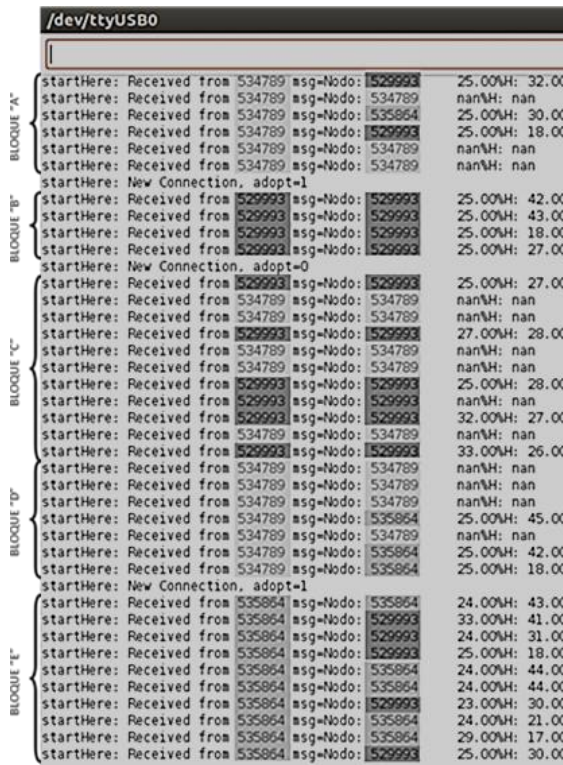


Figura 4. WSN: Datos recibidos en estación base.

La experimentación se puede ver gráficamente en la Fig. 5, donde se puede apreciar en bloques los cambios de topología graficados.

Los datos que muestra la Figura 4 fueron capturados desde el Nodo 0, conectado a la PC mediante el Puerto USB. Por lo tanto, los mensajes: "Received from", provienen del nodo más próximo conectado a éste mientras que "Msg=Nodo:" indica el nodo original de donde provienen los datos.

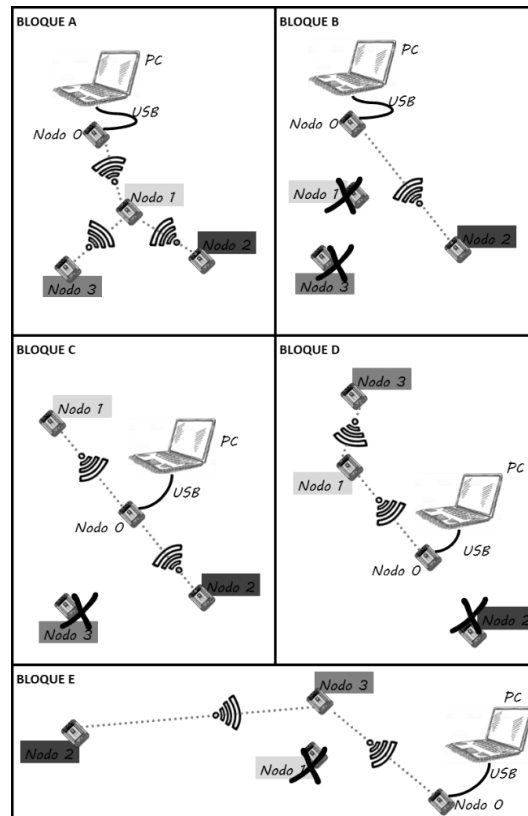


Figura 5. Descripción de los cambios de topología realizados en la experimentación.

Los bloques representan distintos escenarios, descritos a continuación:

- BLOQUE "A":** El Nodo1 es el más próximo al Nodo0. Mediante el Nodo1, se reciben los datos capturados por los Nodos 2 y 3.
- BLOQUE "B":** Cambio de Topología. Se apaga el Nodo 1. Automáticamente el Nodo2 advierte que es el más cercano al Nodo0, se configura como "Head" y envía la información de sus sensores.
- BLOQUE "C":** Cambio de Topología. Se coloca y se enciende el Nodo 1 en un espacio físico de modo tal que sea más cercano al Nodo0 que al Nodo2 y se enciende. Por lo que el Nodo0 recibe la información del mismo en forma directa.
- BLOQUE "D":** Cambio de topología. Se coloca y se enciende el Nodo 3 cercano al Nodo1. Se apaga el Nodo2. No se visualiza una nueva adopción debido a que el Nodo1 ya estaba conectado al Nodo0. Mediante el Nodo1 se reciben los datos enviados por el Nodo 3.

- E. BLOQUE "E": Cambio de Topología. Se coloca y se enciende el Nodo 2 en un espacio físico cercano al Nodo 3. Se apaga el Nodo1. Se visualiza la adopción del Nodo3 como el más cercano al Nodo0 y desde el Nodo3 se reciben los datos enviados por el Nodo2.

5. Integración con método de predicción

Respecto a la representación de datos y alarmas, si bien no es parte de este trabajo el desarrollo de los paneles de control, los parámetros sensados podrían ser capturados por cualquier sistema de tiempo real o bien introducidos como entradas de parámetros reales a modelos de predicción de incendio, ya que las estaciones base serían capaces de reconocer y almacenar dicha información.

Asimismo, se prevé el almacenamiento de dichos valores en una base de datos y la conversión necesaria a fin de ser utilizados como entradas para sistemas de predicción de comportamiento de incendios forestales.

La predicción tiene dos acepciones: "predicción de incendios forestales" y "predicción del comportamiento de incendios forestales". La primera de ellas intenta predecir la ocurrencia de incendios antes de que sucedan, mientras que la segunda busca determinar el posible comportamiento de un incendio forestal una vez que éste se ha iniciado.

Ello implica trabajar con modelos que representen la complejidad inherente del fenómeno físico. Particularmente, el presente trabajo pretende integrarse a un Sistema Estadístico Evolutivo con Modelo de Islas (ESS-IM). Entre las variables que calcula el ESS-IM como entradas para la predicción del comportamiento de un incendio forestal, se encuentra: velocidad y dirección del viento, altitud y pendientes de la superficie, humedad de componentes combustibles muertos, humedad del combustible herbáceo vivo.

Como se explicó anteriormente, mediante los parámetros medidos con el sensor MQ-7, podría determinarse la velocidad y dirección del viento.

En cuanto a altitud y pendientes de superficie, al utilizar un método de despliegue con disposición de cuadrícula, el valor requerido, se obtendría al momento de desplegar la WSN y sería fijo.

Respecto a la humedad de los componentes combustibles, existiría una limitación de la WSN para brindar ese dato, ya que el sensor de humedad y temperatura DHT11 mide valores ambientales.

En este sentido, se está investigando sobre la relación que existe entre la humedad ambiental y la humedad de los componentes combustibles a fin de que a través de una parametrización se entreguen los valores de cada componente combustible al ESS-IM.

6. Conclusiones

El trabajo en desarrollo se enfoca en la integración de diferentes dispositivos que formarán parte de un nodo, desde la selección de los sensores a utilizar, la alimentación energética de los componentes, el control de la red y disposición de los mismos con el objeto de recolectar datos de los sensores, transmitirlos hacia una estación base y realizar las conversiones necesarias para utilizarlos como entradas en un método de reducción de incertidumbre aplicado a la predicción del comportamiento de incendios forestales ESS-IM.

De esta manera, la WSN, sería un elemento de gran valor dado que permite la captura en tiempo real de valores de parámetros imprescindibles al momento de detectar la ocurrencia de incendios forestales, aportar información útil para el manejo del fuego y proveer variables de entrada para el sistema ESS-IM a fin de optimizar la predicción de comportamiento de incendios forestales.

7. Referencias

- [1] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, J. (2006). Manual del combatiente de Incendios Forestales. Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable - Presidencia de la Nación.
- [2] Moscvich, F., Ivandic, F., y Belsold, L. (2009). Manual de Combate de Incendios Forestales y Manejo de Fuego. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA.
- [3] Subsec. de Planificación y Política Ambiental, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Jefatura de Gabinete de Ministros. (16 de marzo de 2009). Plan Nacional de Manejo del Fuego. Obtenido de: http://www.infoleg.gob.ar/basehome/actos_gobierno/actosdego_bierno16-3-2009-1.htm
- [4] Presidencia de la Nación Argentina, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2015). Estadísticas de Incendios Forestales 2015. (ISSN 1850-7239). República Argentina: Jefatura de Gabinete de Ministros Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina. Obtenido de <http://binpar.caicyt.gov.ar/>
- [5] Manino, P. (7 de enero de 2018). <https://www.lanacion.com.ar/2098482-mendoza-mas-de-100000-ha-afectadas-por-el-fuego>. Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- [6] Los Andes, Redacción. (6 de enero de 2018). <https://losandes.com.ar/article/view?slug=el-fuego-ya-consumio-230-mil-hectareas-de-mendoza-y-la-pampa-y-se-queman-lineas-electricas>. Mendoza, Mendoza, Argentina.
- [7] Molina-Pico, A., Cuesta-Frau, D., Araujo, A., Alejandre, J., y Rozas, A. (2016). Forest Monitoring and Wildland Early Fire Detection by a Hierarchical Wireless Sensor Network. Journal of Sensors, Article ID 8325845. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/js/2016/8325845/>

- [8] Sohraby, K., Minoli, D., y Taieb, Z. (2007). Wireless Sensor Networks Technology, Protocols, and Applications. New Jersey - USA: John Wiley&Sons, Inc.
- [9] Ali, W., Abdul, I., y Ishfaq-ur, R. (2016). A Surveyon WSN-based Forest Fire Detection Techniques. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, 60-65.
- [10] Solobera Javier. (2010). Libelium: Detecting Forest Fires using Wireless Sensor Networks. Zaragoza, España. Recuperado de: http://www.libelium.com/wireless_sensor_networks_to_detect_forest_fires/
- [11] Erazo Jennifer. Hervás Carlos (2014). Sistema de detección de incendios forestales mediante redes sensoriales inalámbricas (Zigbee). MASKANA, I+D+ingeniería 2014 Ecuador.
- [12] Martín Moreno, J., y Ruiz Fernandez, D. (2007). Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4). Valencia, España: Generalitat Valenciana AE/2007/078.
- [13] López Ortiz, F. (01 de 03 de 2002). Departamento de Ingeniería de Sistemas Telemáticos - ETSIT - Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de <https://www.dit.upm.es/>: <http://www.dit.upm.es/~david/tar/trabajos2002/08-802.11-Francisco-Lopez-Ortiz-res.pdf>
- [14] Méndez-Garabetti, M., Tardivo, M., Bianchini, G., y Caymes-Scutari, P. (2014). Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales mediante un Método de Reducción de Incertidumbre basado en HPC y Evolución Diferencial. WICC 2014 XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, 690-694
- [15] Méndez-Garabetti, M., Bianchini, G., Tardivo, M. L., y Caymes-Scutari, P. (2016). Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through the improvement of the internal metaheuristic. Fire Safety Journal, 82, 49-62.
- [16] Iacono, L., Godoy, P., Marianetti, O., García Garino, C., y Párraga, C. (2012). Estudio de la Integración entre WSN y redes TCP/IP. Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, núm. 10, 57-68.
- [17] Organización de las Naciones Unidas - Unión Internacional de Telecomunicaciones. (1994). Recomendación UIT-T X.200. Ginebra, Suiza: Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- [18] Cobo, R. (1 de julio de 2017). Un premier sobre ZigBee. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=745&edi=42&xit=un-premier-sobre-zigbee>
- [19] Wi-Fi, Alliance. (01 de abril de 2000). WiFi Alliance. Obtenido de <https://www.wi-fi.org/>
- [20] Yunus Emre Aslan, Ibrahim Korpeoglu, y ÖzgürUlusoy (2012). A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring. Computers, Environment and Urban Systems, 36 (2012) 614-625
- [21] Serna M Ángeles, Bermúdez Aurelio, y Casado Rafael (septiembre de 2012). Modelado de incendios forestales con WSNs mediante múltiples envolventes. En. Manzoni (moderador). Jornadas de la Sociedad de Arquitectura y Tecnología de Computadores (SARTECO). Sesión 3C de las Jornadas Sarteeco Elx, llevada a cabo en Elche, Valencia, España.
- [22] Mouser Electronics, OSEEP Electronics. (2011). DHT11 Humidity & temperature Sensor. Texas, Estados Unidos: OSEEP Electronics.
- [23] Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. (2014). Toxic Gas Sensor (Model: MQ-7). Zhengzhou, China: Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd.
- [24] Grokhotkov, I. (01 de 01 de 2017). esp8266 Arduino Core's documentation. Obtenido de <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/>
- [25] Elgueta, R. A., y Méndez-Garabetti, M. (2017). Red de sensores inalámbrica aplicada a alertas y predicción del comportamiento de incendios forestales. E-ICES 12 - 12º Encuentro Internacional Ciencias de la Tierra - Libro de Resúmenes, 43.
- [26] Garbarino Jimena (2011). Tesis: Protocolos para redes de sensores inalámbricas. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- [27] Miranda, K., López Jaimes, a., y García Nájera, A. (2017). Análisis multi-objetivo de la selección de líderes en redes inalámbricas de sensores. Research in Computing Science - ISSN 1870-4069 N° 134, 111-125.

Análisis de Nuevas Tecnologías para Brindar Comunicaciones Rurales a Costos Razonables

Antonio Castro Lechtaler^{1, 2, 3 y 4}; Antonio Foti⁴; Alejandro Arroyo Arzubi¹;
Fernanda Carmona³; Germán Kurt Grin².

¹ Universidad de la Defensa, Facultad del Ejército, Escuela Superior Técnica, Laboratorio de Redes (RedLab); Buenos Aires, C1426; ² Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Investigaciones en Administración, Contabilidad y Métodos Cuantitativos para la Gestión – (IADCOM/CISTIC), Buenos Aires, C1120; ³ Universidad Nacional de Chilecito, Chilecito, Provincia de La Rioja, F5360; ⁴ Universidad Nacional de 3 de Febrero, Sáenz Peña, Provincia de Buenos Aires, B1674.

antonio.castrolechtaler@gmail.com; foti.antonio@gmail.com; arroyo_arzubi@hotmail.com;
fbcarmona69@gmail.com; german.grin@gmail.com;

Abstract

En muchas regiones del mundo la llegada de servicios de comunicaciones a comunidades pequeñas o con baja densidad poblacional, ha sido un problema que no ha sido aún resuelto a un costo razonable. Las investigaciones para encontrar una solución a este problema han sido escasas. Este problema afecta a países con grandes territorios y las razones del abandono en que se encuentran estas comunidades, son la falta de interés comercial para su explotación como un servicio público comunicaciones. El reciente crecimiento en las zonas urbanas de las tecnologías inalámbricas ha aumentado la brecha entre las zonas con baja densidad poblacional y las zonas urbanas [1]. En nuestro país, las actividades rurales tienen una importancia significativa en la economía; y la carencia de estos servicios impide, además, a estos grupos poblacionales acceder a otras prestaciones de calidad en servicios tales como: educación, salud, seguridad, etc. Por otra parte, resiente fuertemente la actividad económica al impedirle conocer el valor de sus productos en tiempo y forma. Todos esto ha generado problemas sociales, producen despoblación en las zonas rurales y un desplazamiento a las grandes urbes. Buscando soluciones económicamente factibles, y utilizando nuevas tecnologías se ha formado un Grupo de Investigación organizado en Red de Universidades Nacionales que tiene por objetivo buscar una solución a este problema. La idea de estas investigaciones es buscar distintas alternativas, que permitan brindar servicios isócronos y de datos de banda ancha con acceso a la Red Internet a costos razonables.

1. Introducción

Este Grupo de Investigación trabaja, en especial, con los problemas de conectividad que se presentan en las comunidades pequeñas, rurales, y otras que no poseen comunicaciones o las que cuentan son insuficientes para el desarrollo de sus actividades económicas y sociales. Sus áreas son no rentables y las empresas de servicios de telecomunicaciones no poseen interés comercial para prestar estos servicios. Las investigaciones que se vienen haciendo tienen como objetivo hallar soluciones a este tipo de problemas a costos razonables.

Estos trabajos han incluido búsquedas de tecnologías adecuadas, pruebas de campo, y han contado con subsidios otorgados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica [2] y fondos aportados por las universidades participantes. Recientemente, y mediante un concurso público con jurados externos, la Universidad de la Defensa Nacional otorgó a este proyecto un Subsidio Especial [3] de 100.000,00 \$ para continuar con su ejecución durante el año 2018.

En este proyecto, se continúan realizando variadas pruebas, utilizando diversas tecnologías existentes en el mercado. Actualmente, se está trabajando en las posibilidades que brindan los equipos que responden a la Recomendación 802.22 de la IEEE, o que se derivan como variantes de ella, con distintas marcas comerciales, analizando su posible despliegue utilizando las instalaciones que posee el Sistema Argentino de Televisión Digital Terrestre; y aprovechando los

conceptos y posibilidades que estos equipamientos tienen, al utilizar las tecnologías White Spaces – TVWS, que consiste, como se sabe, en utilizar las mismas frecuencias de los canales de televisión, pero en determinados intervalos de frecuencia en que aquellos se encuentran libres.

Pensamos que estas nuevas tecnologías podrán ser la base para posibilitar la conectividad a zonas apartadas, funcionando armónicamente con los canales de televisión adyacentes, sin generar ningún tipo de interferencias y dándole, además, valor agregado a este servicio que ya está instalado y funcionando.

2. El espectro de frecuencias y el crecimiento de datos por redes inalámbricas

A causa del alto grado de saturación que presenta el espectro de frecuencias, se está trabajando en nuevas tecnologías que permitan su reutilización. Para ello, se han ido desarrollando nuevas tecnologías más acordes al estado actual del arte, como es el caso de los equipos ya existentes en el mercado que cumplen con la Recomendación 802.22, de la IEEE [11].

Las sociedades modernas están confiando y utilizando cada vez más el espectro radioeléctrico hasta el límite. Ello ha provocado que en el caso de la telefonía se esté produciendo una constante disminución de la cantidad de líneas por habitantes en todos los países del mundo.

En su reemplazo aparecen masivamente las tecnologías inalámbricas que dan lugar a distintos servicios de comunicaciones, a través de nuevos dispositivos, tales como telefonía móvil, transmisión de audio y video en tiempo real (streaming), audio y video conferencias, Wi-Fi, radiodifusión de Televisión Digital Abierta de Alta Definición, uso de la nube, (entre otros). Así, el espectro de frecuencias se ha convertido en uno de los recursos más necesarios y escasos de los tiempos modernos.

Por otra parte, el crecimiento de la demanda mundial para el tráfico de datos móviles se ha incrementado en los últimos años a tasas de crecimiento anual cercanas al 70 %, y en muchos casos aún mayores.

De acuerdo con el Índice de Red Visual de Cisco (VNI) de Pronóstico del Tráfico de Datos Móviles Globales en el periodo 2011 al 2016, el tráfico de datos móviles se estimaba que iba a aumentar 18 veces en los próximos cinco años, alcanzando los 10.8 Exabytes por mes, a una tasa anual de 130 Exabytes para el año 2016.

El fuerte aumento esperado en el tráfico móvil se debía, en parte, al incremento proyectado del número de dispositivos conectados con Internet Móvil, que iba a exceder el número de personas que habitan sobre la tierra

(se estimaba que la población mundial para el año 2016 sería de 7.3 mil millones)¹.

Además, para este periodo 2011–2016, se pronosticaba que el tráfico de datos móviles globales crecería tres veces más que el tráfico de datos fijos globales.

La realidad resultó otra cosa. El tráfico móvil a nivel global y en América Latina en particular, creció en el periodo 2010 - 2018 de manera mucho mayor a los valores esperados. Alcanzó durante 2018, un valor 57 veces mayor, que la cantidad total del tráfico de datos móviles del año 2010, dato éste que resultó mucho mayor al esperado.

Dijo Lucas Olocco²: “Tal crecimiento es no solo un indicativo de que la movilidad se está convirtiendo en una característica crítica de casi toda experiencia de red, sino también del valor que los consumidores y negocios le otorgan, lo que representa enormes oportunidades por delante para los proveedores de servicio que estén en el centro de la Red Internet. El video y la nube, son los grandes protagonistas” [5].

Resumiendo: En el corriente año 2018 [6] solamente en América Latina, el crecimiento de datos móviles creció generando casi 1,2 Exabytes por mes, y a nivel global, aumentó casi 11 veces, alcanzando una tasa anual de 190 Exabytes; lo que es el equivalente a tener 42 billones (42×10^{12}) imágenes. Esto significa en términos prácticos, unas 15 imágenes diarias por cada persona que vive en el planeta durante un año (tenga o no servicios móviles).

Para Cisco, el enorme incremento durante el corriente año 2018, está impulsado por una serie de factores, tales como:

- El continuo crecimiento del número de conexiones de Internet móvil, especialmente desde dispositivos personales;
- Las conexiones de máquina a máquina (M2M), los cuales excederán los 10 mil millones.
- El aumento en las velocidades móviles promedio, que han pasado de 1.4 Mbps en 2013 a 2.5 Mbps en este año,
- Y a un mayor consumo de video móvil en dispositivos inteligentes, que llegará a representar el 69% del tráfico de datos móvil global.

A nivel de la región, se proyecta que el aumento del tráfico de datos móviles alcance durante el corriente año 2018, 1.158 Exabytes³, distribuidos de la siguiente manera:

- Argentina: 103 Petabytes.
- Brasil: 440 Petabytes.
- Chile: 55 Petabytes.

¹ Fuente: Naciones Unidas.

² Director del Mercado de Proveedores de Servicio de Cisco en América Latina.

³ 1 Exabyte = 10^{18} Bytes

- México: 217 Petabytes.
- Resto de América Latina: 343 Petabytes.

Por otra parte, el uso del espectro de hasta 10 GHz y a futuro a frecuencias aún más altas, ha dado lugar a una revisión de las políticas de regulación del mismo a nivel de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - ITU.

A causa del congestionamiento en esas frecuencias, se ha intensificado el estudio y las aplicaciones que permitan utilizar adecuadamente, los llamados Espacios Blancos - White Space, que se consideran muy importantes en la ejecución de este trabajo.

La Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones - CEPT, ha definido a un Espacio Blanco como: *“Una porción del espectro que está disponible para ser utilizado por una aplicación de radiocomunicaciones en un momento dado, para una zona geográfica determinada, en forma simultánea con otra, pero con la característica de que la misma no produzca interferencias con respecto a los servicios que poseen una prioridad más alta a nivel nacional en esas mismas frecuencias”*[7].

En la actualidad, son intensos los esfuerzos de investigación realizados a nivel de organizaciones no gubernamentales, países y empresas para darle utilidad a esta parte del espectro que es desaprovechado.

La importancia del tema, ha dado lugar a la creación de la “WhiteSpace Alliance”⁴ cuya misión es “Promover el desarrollo, despliegue y uso de estándares basados en productos y servicios como un medio para proporcionar capacidades de banda ancha a través de los espacios blancos existentes en el espectro de frecuencias”.

Dada la inversión y el fuerte despliegue que la Republicas Argentina ha efectuado al crear e instalar el sistema de Televisión Digital Abierta - TDA, el mismo (infraestructura ya existente) ofrece una inmejorable oportunidad para solucionar el problema de las comunicaciones rurales o de poblaciones aisladas o con baja densidad poblacional utilizando los espacios blancos que ese sistema permite reutilizar

3. Uso de los Espacios Blancos

A nivel mundial dos de cada tres personas no tienen acceso a servicios de comunicaciones móviles o a la Red Internet y más de la mitad de la población vive en zonas sin acceso a banda ancha⁵ o con muchas dificultades para obtener este tipo de servicios. Las razones son variadas.

Por un lado es costoso o directamente imposible por razones técnicas o incluso de seguridad, cablear con cobre o fibra zonas rurales, aisladas o remotas y muy

especialmente con aquellas que tienen una baja densidad de poblacional.

Las soluciones satelitales si bien son posibles, los costos de instalación, servicio y manteniendo no son aun razonables para los usuarios de estas características.

Luego, las soluciones radioeléctricas terrestres aparecen como las más viables. Y allí aparece el problema de uso de espectro de frecuencias y los problemas derivados de su saturación que en muchas de sus bandas de frecuencias es elevada, por cuanto los proveedores de servicios inalámbricos tradicionales se han centrado en las zonas urbanas con alta densidad de población que proporcionan un rápido retorno de las inversiones necesarias para prestar el servicio saturando muchas de las bandas que podrían ser utilizadas para prestar comunicaciones rurales o de similares características a ellas.

Pero aun, en casos en que se realicen las mismas a pérdida, aparece un problema adicional que es determinar y asignar una porción del espectro de frecuencias para su explotación [8]; y ese no es un problema menor, dado que el espectro siempre se presenta como un bien escaso.

Por otra parte, las tecnologías existentes hasta hace muy poco tiempo, no han podido proporcionar una cobertura usando medios radioeléctricos que tengan un alcance importante, y máxime, cuando no existe una línea de visión directa.

La experiencia realizadas por nuestro Grupo de Trabajo realizadas mediante actividades de campo en el caso denominado Corral de Lorca [9] [10] utilizando la Recomendación 802.11, en frecuencias que no presentaban problemas de saturación del espectro, si bien resultó interesante, demostró que la existencia en ese caso (y que se podía reproducir en muchos similares) de barreras verdes formadas por montes de cierta altura más las distancias requeridas conspiraba con la posibilidad de obtener niveles de señales interesantes para prestar un servicio continuo.

Por ello, hemos centrado nuestro trabajo orientándolo a utilizar tecnologías que utilicen Espacios Blancos; siendo ellas, una de las razones por la que se ha formado la *WhiteSpace Alliance*. El objetivo de ella es precisamente promover y buscar soluciones para convertir esta brecha digital en una oportunidad mediante el aprovechamiento no utilizado o subutilizado del espectro de frecuencias mediante nuevas normas de tecnologías de banda ancha que permitan proporcionar conectividad a un costo razonable, facilitando el uso de los espacios blancos y ayudando a poner en marcha la interoperabilidad de los sistemas.

Por otra parte, en muchos países como la Argentina, la transición de la televisión analógica a la digital puede, como se señaló, proporcionar la oportunidad para salvar la brecha señalada. Al digitalizar cada canal de televisión analógica a digital se pueden obtener, según la norma

⁴ <https://www.whitespacealliance.org/>

⁵ <http://www.internetworldstats.com/stats.htm/>

utilizada, hasta 5 señales de definición estándar de televisión digital.

El exceso de espectro es a menudo llamado el *dividendo digital* y puede ser utilizado para proporcionar acceso de banda ancha, en tanto y en cuanto, no se produzcan interferencias a los usuarios con bandas asignadas por la autoridad regulatoria.

A su vez, los canales utilizados por las estaciones de TV en las bandas de VHF/UHF tienen características de propagación altamente favorables para el alcance de larga distancia.

Las autoridades regulatorias de los países están actualmente estableciendo normas que permiten el uso sin licencia del espectro generado por los espacios blancos, en tanto y en cuanto, su uso no interfiera con los receptores de televisión.

Los equipamientos que pueden cumplir con tales requerimientos utilizan técnicas de *radio cognitiva*, y al utilizar los espacios en blanco que permiten los canales de televisión obtienen del orden de diez veces mayor alcance, que las soluciones de acceso inalámbrico en bandas que están por encima de 1 GHz.

4. Tecnologías que Trabajan Utilizando el Concepto de Espacios Blancos

La posibilidad de contar con equipamientos que puedan ser utilizados con el concepto de espacios blancos ha movilizó a distintas empresas fabricantes de equipos de telecomunicaciones y a grupos de investigación a buscar soluciones que den respuesta a estos desafíos.

El uso de este tipo de tecnología permitirá dar comunicaciones a zonas muy especiales como por ejemplo las rurales o las ya señaladas como son las aisladas o con baja densidad poblacional.

Éstas, en muchos países, revisten significación por cuanto proporcionan cantidades significativas de productos alimenticios en sus diferentes etapas de fabricación y constituyen una trascendente fuente de productos básicos de exportación e ingresos de divisas. Esas regiones participan generando un porcentaje significativo del producto bruto interno de ellos.

La serie de Recomendaciones 802.XX incluye un conjunto de normas que regulan el funcionamiento de las comunicaciones inalámbricas. Algunas de ellas fueron estudiadas y evaluadas en la experiencia de Corral de Lorca ya señalada.

Posteriormente fueron apareciendo distintas tecnologías que culminaron cuando finalizó el proceso de aprobación, del estándar "IEEE 802.22 [11]. La misma fue aprobada con el apoyo del Comité LAN/MAN de la IEEE [12].

Este nuevo estándar proporciona una opción que permite establecer enlaces inalámbricos full dúplex a distancias de entre 30 a 70 km entre antenas, utilizando

frecuencias no restringidas por las regulaciones gubernamentales.

La norma, que pertenece a la serie 802.XX⁶, tiene por objeto establecer los criterios para el despliegue de múltiples productos interoperables de la misma, ofreciendo acceso a la banda ancha fija en diversas áreas geográficas, incluyendo especialmente los de baja densidad de población en las zonas rurales, y evitar la interferencia a los servicios que trabajan en la televisión bandas de radiodifusión.

La misma es conocida actualmente como Red Inalámbrica de Área Regional (WRAN) y está pensada para operar principalmente como una forma de poder acceder a servicios de banda ancha a redes privadas de datos ubicadas en Zonas Rurales.

Esta norma, es parte del conjunto de la serie 802.XX. En la Figura 1, se puede observar la amplia familia que ha estandarizado dicho Comité. Se trata de una familia diversa de estándares orientados a cubrir distintas distancias y necesidades.

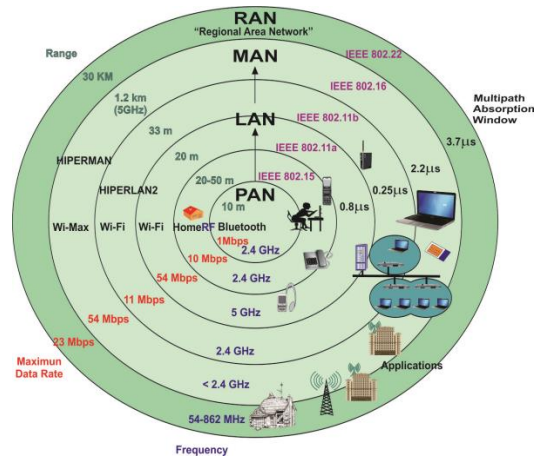


Figura 1. Diferentes estándares inalámbricos desarrollados por el Comité 802 de la IEEE

Las características de esta Recomendación aparecen como muy interesantes. Combinan un problema de comunicaciones, como es el uso eficiente del espectro, con aspectos relacionados con la informática, tal es el desarrollo de programas especiales de software que facilitan el empleo de las técnicas conocidas como de radio cognitiva. Además, resuelven técnicamente la tecnología de los espacios blancos; evitando interferencias entre canales contiguos, problema cada día más frecuentes debido al uso intenso de las comunicaciones inalámbricas para todo tipo de servicios de comunicaciones.

⁶ Redes Inalámbricas.

Otra de las características se refiere a los sistemas de información. La misma modera la interferencia que pueden ocasionar otros operadores existentes que trabajan en las mismas frecuencias, otorgando además, capacidad de geolocalización.

Todo esto se ejecuta a través del acceso a una base de datos de los servicios establecidos, que permite detectar la presencia de otros servicios a través de la tecnología de espectro de detección.

El estándar incluye técnicas de radio cognitiva para moderar la interferencia a otros operadores existentes, otorga capacidad de geolocalización, proporciona acceso a una base de datos de servicios establecidos y detecta la presencia de otros servicios a través de tecnología de detección de espectro, como diferentes sistemas WRAN o IEEE a través de balizas inalámbricas 802.22.1⁷.

Los sistemas WRAN implican el uso de canales que van desde 54 a 862 MHz en las bandas de VHF y UHF. El uso de tecnologías de radio cognitivas explora las frecuencias que están siendo usadas, evitando la interferencia con las estaciones de TV que operan en las mismas bandas.

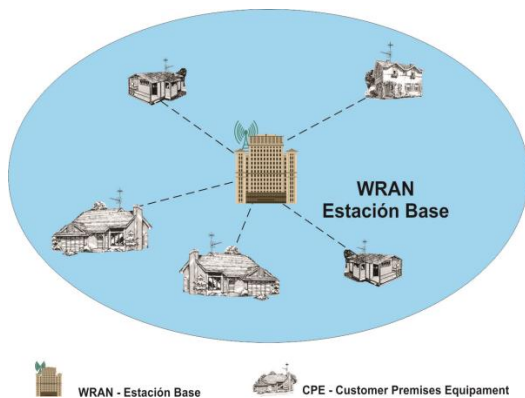


Figure 2. 802.22: Esquema de trabajo

La Figura 2 ilustra un diseño típico. Se puede observar la **Estación Base – BS** que brinde los servicios en una configuración Punto/Multipunto y que puede conectar hasta 512 equipos denominados **Customer Premise Equipment - CPEs**. Estos pueden ser fijos o portátiles.

El uso de las tecnologías de radio cognitiva permite, por otra parte, utilizar los espacios ubicados entre dos canales de TV abierta evitando la interferencia de estos servicios con las estaciones de televisión. Ambos operan en las mismas bandas.

⁷ IEEE 802.22.1: Standard to Enhance Harmful Interference Protection for Low-Power Licensed Devices Operating in the TV Broadcast Bands. 2010.

5. Radio Cognitiva

La tecnología denominada **Cognitive Radio** fue una mejora de un trabajo anterior que habían desarrollado dos investigadores del Instituto Real de Tecnología de Estocolmo: Joseph Mitola⁸ y Gerald Maguire. El mismo se denominaba **Software Defined Radio** [13] [14]. Este desarrollo ofrecía nuevas posibilidades respecto a la posibilidad de compartir canales pero requería una gran capacidad de procesamiento y una importante respuesta de la red.

La Radio Cognitiva consiste en la introducción en el funcionamiento de los equipos de comunicaciones de un software de comunicaciones embebido, que utiliza un lenguaje especial denominado "**Radio Knowledge Representation Language – RKRL**".

El mismo puede considerarse un sistema inteligente y eficaz para las comunicaciones de radio y el funcionamiento de los protocolos. Consiste en el uso de una tecnología inteligente que está orientado precisamente a optimizar el espectro de frecuencias, problema que ya fue oportunamente planteado en este trabajo.

El uso y la asignación de frecuencias en un espectro saturado nunca es óptima, originándose espacios blancos, en especial en las bandas que utilizan los operadores de la TV Digital Abierta. Esta situación fue la razón que llevaron a desarrollar la tecnología cognitiva de radio para las comunicaciones inalámbricas.

La misma busca detectar y luego reutilizar la parte del espectro de radiofrecuencia que es empleado en forma ineficiente, permitiendo su reutilización sin causar interferencias con otros servicios que pueden trabajar en las mismas frecuencias. Este procedimiento trabaja a través de una tecnología de asignación de frecuencia variable, para que otros servicios, aprovechen los segmentos no utilizadas del espectro. Así trabaja la Recomendación 802.22 para ocupar los espacios blancos.

6. Software definido por Radio - SDR

El uso de software inteligente (SRD) trabaja analizando periódicamente el espectro de frecuencias que es utilizado por los equipos que funcionan con esta tecnología en busca de espacios blancos. Una vez que detecta espacios blancos, analiza el uso que se le está dando a cada uno de ellos y procede a determinar si son reutilizables. Si lo son, el sistema funciona cambiando los parámetros del transmisor basados en la interacción con el medio ambiente.

⁸ Joseph Mitola III recibió su doctorado en dicho Instituto con su tesis: Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio.

El mismo proporciona a los equipos en funcionamiento en la red, la capacidad y la tecnología para capturar o detectar la información de otros equipos de radio que están trabajando en la misma frecuencia. Luego, mediante sistemas de programación dinámica reconfiguran las frecuencia de transmisión permitiendo que se pueda transmitir y recibir en una variedad de frecuencias y de utilizar diferentes tecnologías de acceso de transmisión soportados por su diseño de hardware.

7. La importancia de estas soluciones.

La significación e importancia de estas soluciones, está dada por las empresas y los trabajos que las mismas están desarrollando en busca de reducir la brecha digital en regiones remotas y desconectadas del mundo.

Google, Microsoft y Facebook [15] están generando una tecnología inalámbrica emergente conocida como Wi-FAR con el objeto señalado.

Wi-FAR es una marca registrada recientemente de la organización sin fines de lucro **WhiteSpace Alliance - WSA**, que hace referencia al estándar inalámbrico 802.22 aprobado por primera vez por el IEEE que ya ha sido analizado anteriormente.

La norma Wi-FAR se deriva de dicho estándar, y apunta a las Redes de Área Regional Inalámbricas proporcionando acceso inalámbrico de banda ancha, punto a multipunto para áreas regionales, rurales y remotas bajo condiciones de **línea de visión (LoS⁹)** y **sin línea de visión (NLoS¹⁰)**.

La especificación se apoya en una tecnología de avanzada, que funciona mediante intercambio de espectro y garantiza que no se cause interferencia perjudicial a los servicios primarios en esas bandas.

Utiliza la tecnología de Radio Cognitiva a través de una modulación tipo OFDMA¹¹ simple y optimizada. Las células Wi-FAR proporcionan velocidades del orden de 22 a 29 Mbps, por canal de televisión, en distancias típicas que van desde 10 km hasta 30 km.

Permite conectar desde un Centro Nodal hasta 512 dispositivos distribuidos en el terreno, tal como determina la norma. A esa velocidad total, generará velocidades del orden de 1.5 Mbps en un enlace descendente a un único dispositivo¹², desde cada uno de los 512.

El mismo, comparte la banda de TV infrautilizada del espectro, a causa de los espacios en blanco, para enviar señales inalámbricas en áreas rurales y remotas.

Esta velocidad es mucho más lenta que cualquier servicio de cable de fibra óptica que estas mismas

empresas están construyendo en muchas ciudades, pero para una región rural o escasamente poblada donde las empresas y los núcleos poblacionales tienen poco acceso a Internet.

Wi-FAR podría ser una solución cuando se use para unir estaciones base (generalmente se encuentran en el nivel del suelo de las torres celulares) en una red distribuida. Y hacia ese objetivo apuntan estas grandes empresas de servicios.

Las autoridades de la WSA y del Grupo de Trabajo 802.22 de la IEEE, han determinado mediante estudios, que cerca de 28 millones de personas solo en los EE. UU no tienen acceso a banda ancha, mientras que en todo el mundo, alrededor de 5.000 millones de personas, casi tres cuartas partes de la población mundial, no tienen acceso a Internet de banda ancha.

Además Wi-FAR sería más económico para acceder a Internet que la tecnología de telefonía móvil LTE y otros servicios inalámbricos similares.

El menor costo se debe en parte a que Wi-FAR funciona con espectro que no es necesario licenciarlo, similar al Wi-Fi, que permite a los proveedores de red e incluso entidades gubernamentales evitar pagar tarifas de licencia o no tener que construir tantas torres celulares costosas. Los precios del servicio de Wi-FAR se estiman en menos de U\$ 10 por mes por hogar, lo que resultaría un valor muy razonable.

La tecnología 802.22 puede ser de bajo costo porque el espectro de espacios blancos lo comparten con los otros usuarios, incluidas las estaciones de TV en bandas de UHF y VHF. Gracias a las sofisticadas bases de datos que rastrean cuándo se usará un canal en blanco en una región en particular, un dispositivo de radio cognitivo (inteligente) puede determinar cuándo cambiar a otro canal que no esté en uso.

Las pruebas en varios proyectos piloto de Wi-FAR, están diseñadas para demostrar que los dispositivos Wi-FAR no interferirán con otros usuarios existentes en el mismo canal.

Las realizadas hasta el presente con esta nueva tecnología no ha presentado problemas de interferencias, en particular, las que ha realizado Google consistente en dos pruebas de campo de seis meses con equipos de la recomendación 802.22 en el Reino Unido, ambas han resultado exitosas.

En cuanto a los equipamientos que están disponibles y ya se ofrecen para la venta, se ha investigado un conjunto importante de empresas y se han recabado valores y costos.

No se va a señalar aquí los nombres las mismas, por cuanto este es un trabajo de investigación y esa información estaría fuera de contexto. Sin embargo y para tener una idea de los costos explorados, podremos decir que:

⁹ Line of sight.

¹⁰ No line of sight.

¹¹ Similar a la tecnología OFDMA utilizada en otros estándares de banda ancha.

¹² Utilizando la topología punto – multipunto.

- Un kit con una BS y 2 CPE, mas todos los accesorios (antenas, POE, cables, soportes, etc.) y actualizaciones del software de por vida tienen un costo de 5.000,00 U\$.
- Cada CPE adicional, que incluye sus accesorios (POE, soporte, cable soportes, etc.) y actualizaciones de software de por vida un valor de 1.250,00 U\$

8. Conclusiones

Por sus características y prestaciones parecería que los equipos y sus variantes que resultan del uso de la Norma IEEE 802.22 resultan adecuados para organizar un sistema de comunicaciones orientado a zonas con escasa población o a comunicaciones rurales.

Esta norma si bien está pensada para distancias de hasta 100 km, los equipamientos actuales hablan por el momento de distancias bastante menores, aunque cumpliría las exigencias que impone a un sistema de comunicaciones, y atendería razonablemente, la dispersión de las poblaciones del tipo de las rurales, que están en muchos casos alejadas de los centros urbanos.

Tiene el respaldo acreditado de un conjunto de normas exitosas que la preceden, y de la cual ella, adquiere numerosas ideas. Sobre todo, en lo que hace al funcionamiento de la capa de enlace, por cuanto toma elementos de la exitosa norma 802.3, de amplia difusión y conocimiento por parte del mercado.

En consecuencia la utilización de la Norma IEEE 802.22 posibilitará solucionar el problema de comunicación que presentan las pequeñas y olvidadas localidades pequeñas, utilizando la moderna infraestructura brindada por la Televisión Digital Terrestre - TDT.

Tal como se mencionó, describió sucintamente y estudió en el presente trabajo, entre las técnicas posibles para optimizar el empleo del ancho de banda utilizado en transmisiones de TDT citaremos la directamente vinculadas a los sistemas de información conocidas como Software Defined Radio - SDR y Cognitive Radio.

La primera de ellas, permite que una parte o la totalidad de las funciones de los equipos de comunicaciones radioeléctricas sean manejadas por programas informáticos. Este tipo de tecnología abre un importante camino a los Especialistas en Sistemas de Información por la trascendencia que tendrá en el desarrollo de equipamientos de comunicaciones con estas características.

La segunda, de aparición a finales de la década de los 90, resulta una variante del sistema antes mencionado y que resulta en un verdadero sistema inteligente que posibilita, entre otros aspectos, manejar comunicaciones radioeléctricas logrando optimizar el espectro de frecuencias utilizado en los sistemas de TV Digital de Radiodifusión, entre otras aplicaciones.

Cabe recordar, que en la Red de Televisión Digital Terrestre existen estaciones que permiten que las antenas preparadas para el manejo de señales digitales, envíen éstas a los equipos receptores de los usuarios. Estas estaciones convierten la señal digital en imágenes y sonidos que pueden ser mostradas en cualquier tipo de pantalla, este aspecto es de suma importancia para la implementación de un sistema de comunicaciones rurales.

Paralelamente, la existencia de un sistema de televisión por radiodifusión ya instalado en un gran porcentaje evitaría tener que usar una porción adicional del espectro de frecuencias, que como se ha señalado en este trabajo es cada vez más escaso y congestionado.

En cuando a los equipos que pueden satisfacer la demanda y permitir tareas de campo para verificar su utilidad, existe a la fecha un conjunto muy importante de empresas que ya los están comercializando sobre normas aprobadas por la WhiteSpace Alliance - WSA en base a su desarrollo Wi-FAR.

Éste es una marca registrada recientemente por esta Organización, que explícitamente hace referencia al estándar inalámbrico 802.22 aprobado el IEEE y que ya ha sido analizado.

9. Futuros trabajos

Actualmente se tiene una clara situación de las ventajas de la tecnología descripta, y se considera que en ese camino está la solución que se quiere obtener.

Se está analizando la adquisición de dos equipos para efectuar pruebas de campo. Una estación base y una remota para poder efectuar mediciones sobre el terreno.

A tal efecto, ya se está efectuando un relevamiento del equipamiento que el mercado está ofreciendo sobre esta norma y un análisis de las capacidades del mismo. De esa manera se podrá tener una idea de los costos requeridos para cubrir distintas zonas del territorio nacional y de los fondos necesarios.

De la misma manera que se hizo con el Proyecto Corral de Lorca está planificada, ni bien se cuenten con los dos equipos señalados, efectuar varias pruebas de campo para verificar el verdadero rendimiento de los mismos y las dificultades que puede requerir su despliegue.

Las instalaciones de las estaciones base del sistema de televisión digital terrestre, instaladas sobre shelters, sin duda pueden ser útiles para el despliegue de los equipos dado que ellos, cuentan con todos los requerimientos necesarios para su puesta en servicio.

10. Reconocimientos

Este trabajo cuenta con los subsidios económicos de la Universidad de la Defensa Nacional, la Universidad

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Buenos Aires, la Universidad Nacional de 3 de Febrero y la Universidad Nacional de Chilecito a quienes los integrantes del Grupo de Trabajo agradecemos el apoyo recibido.

11. Referencias

- [1] <https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Pages/RuralCommunications.aspx>
- [2] Proyecto FONCyT - ANPCyT. PICTO 11-18621. Redes Privadas Comunitarias. Proyecto finalizado y aprobado. Antonio Castro Lechtaler (Director).
- [3] Resolución Rectoral UNDEF N° 282/2017 de fecha 27 de octubre de 2017. Expediente N° 606/2016.
- [4] EB (Exabyte) = 1.000 PB (Petabyte) = 1.000.000 TB (Terabyte) = 1.000.000.000 GB (Gigabyte).
- [5] <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/cronica/Trafico-de-datos-moviles-en-AL-aumentara-en-casi-13-veces-para-2018>.
- [6] <https://colombiadigital.net/actualidad/noticias/item/9520-el-trafico-mundial-de-datos-aumentara-7-veces-entre-2016-y-2021.html>.
- [7] CEPT Report 24. A preliminary assessment of the feasibility of fitting new/future applications/services into non-harmonized spectrum of the digital dividend (namely the so-called "white spaces" between allotments. Report C from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on: Technical considerations regarding harmonization options for the Digital Dividend. 1 July 2008.
- [8] http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-14/ftp/j_09wsp.pdf
- [9] A. Castro Lechtaler, A. Foti, R. Fusario, C. García Garino and J. García Guibout. Communication Access to Small and Remote Communities: The Corral de Lorca Project. Proceedings of 15th of Argentine Congress on Computer Science. ISBN 978 - 897 - 24068 - 4 - 1. pp.1.117 a 1.126. Jujuy. October 2009.
- [10] A. Castro Lechtaler, A. Foti, C. García Garino, J. García Guibout, R. Fusario and A. Arroyo Arzubí. Proyecto Corral de Lorca: Una solución de conectividad a grupos poblacionales pequeños, aislados y distantes de centros urbanos. Proceedings de la Novena Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CИСCI 2010. - Volume III - ISBN - 13: 978 - 1 - 934272 - 96 - 1, pp. 121 a 127. Orlando, USA. June 2010.
- [11] IEEE 802.22: Cognitive Wireless Regional Area Network - Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY). Specifications: Policies and Procedures for Operation in the TV Band.
- [12] LAN: Local Area Network; MAN: Metropolitan Area Network.
- [13] J. Mitola, G. Maguire. Cognitive radio: making software radios more personal. IEEE Personal Communications Magazine, vol. 6, nr. 4, pp. 13-18, Aug. 1999.
- [14] J. Mitola. Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio. Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Degree of Doctor of Technology. Royal Institute of Technology - KTH Teleinformatics. ISSN 1403 - 5386. Sweden. May 8. 2000.
- [15] <https://www.computerworld.com/article/2490902/wireless-networking/big-tech-firms-back-wi-far-for-remote-broadband.html>.

El modelo de Mobile Cloud Computing aplicado al desarrollo de un sistema de alertas

Diego Medel, Gustavo Fernández, Nelson Rodríguez, María Murazzo

Departamento de Informática

Facultad Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan

San Juan, Argentina

*dmedel@iinfo.unsj.edu.ar, gustavofernandez.gdf@gmail.com, nelson@iinfo.unsj.edu.ar,
maritemurazzo@gmail.com*

Abstract

Los dispositivos móviles están limitados por su potencia de procesamiento, duración de la batería y almacenamiento. Sin embargo, el Cloud Computing proporciona una ilusión de recursos informáticos infinitos, mediante una infraestructura basado en virtualización. El Mobile Cloud Computing (MCC) combina los dispositivos móviles y el Cloud Computing para crear una infraestructura mediante la cual el cloud realiza tareas pesadas de computación y almacena grandes cantidades de datos. En esta arquitectura, el procesamiento y el almacenamiento de datos ocurren fuera de los dispositivos móviles. En este trabajo se desarrolló una aplicación móvil de informe de eventos en tiempo real con datos de georeferenciación que utilizan todas las ventajas del Mobile Cloud Computing

1. Introducción

Con la explosión de aplicaciones móviles y el soporte del Cloud Computing (CC)[1] para una variedad de servicios para usuarios móviles, Mobile Cloud Computing (MCC) se introduce como una integración de CC en el entorno móvil. MCC trae nuevos tipos de servicios e instalaciones que los usuarios móviles pueden tomar todas las ventajas de CC [2]. En [3], los autores concluyen que MCC podría ser definida como, la disponibilidad de servicios de CC en un ecosistema móvil. Las aplicaciones móviles aprovechan este modelo para obtener ventajas tales como mejorar la capacidad de almacenamiento de datos y potencia de procesamiento. Además, mejorar la sincronización de los datos debido a la política de "almacenar en un lugar, acceder desde cualquier lugar", mayor confiabilidad y escalabilidad, y facilidad de integración. En [4], afirman que el usuario debe acceder a recursos o servicios de manera clara, independientemente del dispositivo que esté utilizando.

Desde hace unos años se empezó a hablar de Internet of Things (IoT) como un concepto de interconexión digital de objetos o dispositivos cotidianos. Es decir, tener cosas tales como vehículos, electrodomésticos o simplemente objetos (muebles, sensores, etc.)

conectadas a la red. Según informes en el trabajo de Jadav en [5], la cantidad de dispositivos interconectados crecerá en más de 50 mil millones en los próximos 10 años. Además de este número de dispositivos portátiles y todo tipo de objetos inteligentes que llevan capacidades inherentes de detección y procesamiento de datos, se espera que enfrenen trillones de cosas conectadas que se agregan a Internet. Ahlgren en [6] afirma que IoT se ha convertido una tecnología prometedora para crear ciudades inteligentes mediante la conexión de dispositivos inteligentes y el aprovechamiento del análisis de grandes datos. Sin embargo, a medida que se amplía IoT es necesario proporcionar interoperabilidad entre los dispositivos.

En el camino hacia una Smart City (SC) como un medio para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos; es importante involucrar a todas las partes que se verán afectadas por este desarrollo, ya sean ciudadanos, visitantes, nuevas empresas o la industria. Por lo tanto, es importante remarcar dos pilares fundamentales para el desarrollo de SC. El primer pilar es la no intervención humana, IoT permite al usuario un control y manejo de forma remota desde cualquier parte del mundo. El segundo pilar es la intervención humana, mediante el uso de aplicaciones móviles. Cada persona colabora para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, por ejemplo, servicios públicos, seguridad, aviso de eventos inesperados, entre otros. [7]

Un enfoque abierto y colaborativo es la única forma de impulsar con éxito y de manera sostenible la transformación digital de una ciudad. Hay autores que han demostrado que la tecnología podría utilizarse en las ciudades para empoderar a los ciudadanos adaptando esas tecnologías a sus necesidades en lugar de adaptar sus vidas a las exigencias tecnológicas [8].

En este trabajo se presenta un estudio previo y desarrollo de una aplicación móvil colaborativa con soporte de CC; cuyo principal objetivo es permitir informar al usuario de eventos que están sucediendo en la vía pública que pueden llegar a entorpecer la circulación de los habitantes del lugar en tiempo real.

Este artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2 se describe una perspectiva general sobre MCC. En la sección 3, se detallan las herramientas que

provee los servicios de CC que han sido empleadas para la realización de la aplicación móvil. En la sección 4, se describe la implementación y desarrollo de la aplicación móvil. Por último, las conclusiones obtenidas y trabajos futuros en la realización de este trabajo en la sección 5.

2. Mobile Cloud Computing

Cloud Computing (CC) ha sido reconocido ampliamente como la estructura de computación de la próxima generación. CC ofrece ventajas al permitir a los usuarios utilizar infraestructura (por ejemplo, servidores, redes y almacenamientos), plataformas (servicios de middleware y sistemas operativos) y software proporcionados por proveedores de CC (Google, Amazon y Salesforce) a bajo costo [2]. Wang en [9] sostiene que CC impulsa una nueva clase de aplicaciones con recursos ilimitados de almacenamiento y de computación, como así también servicios orientados a tareas.

Sharman en [10] describe Mobile Cloud Computing (MCC) como un modelo híbrido que consiste en la combinación de dispositivos móviles que acceden a servicios que están disponibles de forma remota en CC. Según [11], MCC es una plataforma de administración de información que es independiente de la ubicación y las restricciones basadas en el tiempo; esto es lo que se denomina computación anywhere (aquí y ahora), la cual se fundamenta en la ubicuidad y la omnipresencia. La autonomía de esta plataforma permite a los usuarios acceder a los datos desde cualquier lugar en el espacio y en cualquier momento [12]. Por lo tanto, cualquiera que sea el estado del usuario, estacionario o móvil, no afecta la capacidad de trabajo de la plataforma. Sin embargo, se crea una impresión de que los recursos y la potencia informática están disponibles en el lugar, mientras que en realidad está lejos de esa ubicación. En [13], Arun concluye que si los dispositivos móviles son integrados al cloud, problemas como acceso remoto, almacenamiento y de computación pueden ser manejados. MCC es un enfoque importante para mejorar los servicios de las aplicaciones en tiempo real ya que combina la tecnología de CC y de los dispositivos móviles.

En tanto, Fernando en su trabajo [14] afirma que la MCC tiene como objetivo potenciar al usuario móvil en proporcionar una funcionalidad estable y amplia independientemente de los recursos del dispositivo móvil.

En [15], los autores afirman que el modelo MCC es una integración de mobile computing y cloud computing, teniendo características de ambas tecnologías. La movilidad es una característica clave en este modelo, permite realizar o acceder a recursos en cualquier lugar geográfico. Con el soporte de CC, los usuarios pueden obtener recursos y servicios desde el cloud por medio de una conexión a Internet. Además, permite una rápida elasticidad de recursos. Sin embargo, algunas limitaciones de MCC son el bajo ancho de

banda o el consumo de energía de los dispositivos móviles. Como así también permitir seguridad a los usuarios cada vez que deseen realizar alguna operación y no ser atacados por virus o aplicaciones infectadas.

En [16] se describe el crecimiento de las aplicaciones móviles soportadas por MCC, como por ejemplo, aplicaciones de mobile commerce, mobile banking, mobile learning, and mobile healthcare, etc. Por ejemplo, en [17] se presenta una aplicación móvil LBS (“Location Based Services”), cuyo objeto principal es entregar información de ambulancias a dispositivos móviles en tiempo real, de acuerdo a su geo proximidad. Con la integración de CC en aplicaciones móviles se abordaron problemas de procesamiento, almacenamiento, de seguridad, de bajo ancho de banda, de control de flujo de información, etc. En consecuencia, MCC ofrece al usuario móvil, ventajas que son propias de CC, como almacenamiento ilimitado, flexibilidad, costo de eficiencia, movilidad y disponibilidad, etc.

3. Herramientas estudiadas

Google Cloud Platform (GCP) [18] es un conjunto de servicios de computación en el cloud que se ejecuta en la misma infraestructura que Google usa internamente para sus productos, como la búsqueda de Google y YouTube. La plataforma incluye una gama de servicios alojados para el desarrollo de aplicaciones, almacenamiento y aplicaciones que se ejecutan en el hardware de Google. GCP ofrece servicios de computación, almacenamiento, redes, big data, Machine Learning e IoT, así como herramientas de administración, seguridad y administración del cloud.

Las APIs de Google Cloud son una parte clave de GCP, permiten agregar, de manera sencilla, servicios tales como acceso de almacenamiento, análisis de imágenes basado en Machine Learning a las aplicaciones de Cloud Platform. En este trabajo, el acceso e integración a las APIs se hizo a través de framework Firebase.

Firebase [19] es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y móviles. Cuenta con distintos planes de acuerdo a las exigencias de recursos de la aplicación. El plan Spark es gratis y cuenta con limitaciones. La ventaja del uso de Firebase es su simplicidad para almacenar datos en su base de datos. Se almacena como Javascript Object Notation (JSON) y se puede leer y usar en la aplicación con la misma facilidad. Además, Firebase Realtime Database (FRD)[20] es una base de datos NoSQL que permite almacenar y sincronizar datos en tiempo real. Este tipo de sincronización permite a los usuarios acceder a sus datos y colaborar entre sí. Además, FRD permite la sincronización automática; los dispositivos cuando se conectan a internet, los datos locales se sincronizan con la base de datos. GeoFire [21] está diseñado como un complemento para FRD, lo cual permite consultar y almacenar un conjunto de claves en función de su ubicación geográfica. Sin embargo, el

principal beneficio de esta librería es de consultar claves dentro de un área geográfica determinada en tiempo real.

Cloud Storage (CS) [22] para Firebase es un servicio de almacenamiento de objetos potente y simple. CS almacena archivos en un depósito de Google Cloud Storage [23] y los hace accesible por medio de Firebase y Google Cloud. Desde el servidor, se puede acceder a los mismos archivos usando Google Cloud Storage. CS permite escalar automáticamente sin necesidad de migrar a otro proveedor de servicio.

La mayoría de las aplicaciones necesitan identificar a los usuarios. Conocer la identidad de un usuario permite que una aplicación guarde sus datos en el cloud de forma segura y proporcione la misma experiencia personalizada en todos los dispositivos del usuario.

Firebase Authentication proporciona servicios de backend, SDK fáciles de usar y bibliotecas de Interfaz de Usuario (IU) ya elaboradas para autenticar a los usuarios en las aplicaciones. Admite la autenticación mediante contraseñas, números de teléfono, proveedores de identidad federados como Google, Facebook y Twitter. Además, se integra estrechamente con otros servicios de Firebase y aprovecha los estándares como OAuth 2.0 y OpenID Connect, por lo que se puede integrar fácilmente con el backend personalizado propio.

Para que un usuario acceda a la aplicación, primero se debe obtener credenciales de autenticación del usuario. Estas credenciales pueden ser la dirección de correo electrónico y la contraseña del usuario, o un token OAuth de un proveedor de identidad federada. Luego, se transmite estas credenciales al SDK de Firebase Authentication. Los servicios de backend de Firebase verifican esas credenciales y muestran una respuesta al cliente. Cuando el acceso se realiza correctamente, se puede ver la información básica del perfil del usuario y controlar el acceso del usuario a los datos almacenados en otros productos de Firebase. También se puede utilizar el token de autenticación proporcionado para verificar la identidad de los usuarios en servicios de backend propios.

La aplicación se desarrolló en Android Studio con lenguaje nativo de Android. Previo a desarrollar fue necesario crear una cuenta en Google Cloud Platform y en Firebase para realizar las vinculaciones de Android Studio con las APIs del Cloud, base de datos y sus librerías.

4. Caso Práctico

En este trabajo se realizó una aplicación MCC, cuyo principal objetivo es alertar al usuario sobre eventos que están sucediendo cerca de su ubicación actual. Para lograr esto, la aplicación muestra el mapa centrado en la ubicación del usuario y los eventos cercanos (figura 1). Además, permite que ante un evento el usuario pueda marcarlo en el mapa agregando algún comentario y foto. De esta forma, los demás usuarios que cuenten con esta

aplicación, recibirán una alerta cuando se aproximen al lugar del evento.



Figura 1. Ubicación actual del usuario

Como se trabaja con datos de georeferenciación, se debió vincular un mapa a la aplicación el cual muestre los datos georeferenciados (marcadores) compartidos por los usuarios. Por lo tanto, se utilizó una API de Google Maps dentro de Google Cloud Platform. Para poder utilizar la API de Google Maps fue necesario acceder a la consola de Google Cloud Platform. Solo fue necesario tener una cuenta de Gmail y vincularla.

El usuario puede iniciar sesión por medio de la red social Facebook [24] o con su cuenta de Google. Una vez registrado, el sistema de alerta funciona de la siguiente manera: Cada vez que desea informar un evento, el dispositivo móvil se conecta con el cloud de Google en su base de datos, por medio de sus APIs, se almacenan longitud, latitud, foto y comentario. Todos los datos de FRD se almacenan como objetos JSON. La base de datos puede conceptualizarse como un árbol JSON alojado en el cloud (figura 2). Cuando se agregan datos al árbol JSON, estos se convierten en un nodo de la estructura JSON existente, con una clave asociada. Se puede proporcionar claves propias, como ID de usuario o nombres semánticos, o también se puede obtenerlas mediante el método push().



Figura 2. Arbol JSON alojado en el cloud

Por medio de un objeto JAVA se recupera la información inherente a cada evento como un conjunto para luego mostrarlo en el mapa. Los eventos pueden ser informados por más de un usuario, por lo que cada evento tendrá un conteo de usuarios que lo han informado, esto permite dar grados de credibilidad a la información. En la figura 3, se observan los marcadores cercanos al usuario de acuerdo a su ubicación. Los marcadores en verde son propios del usuario y los que están en rojo son de otros usuarios que han colaborado informando un evento.

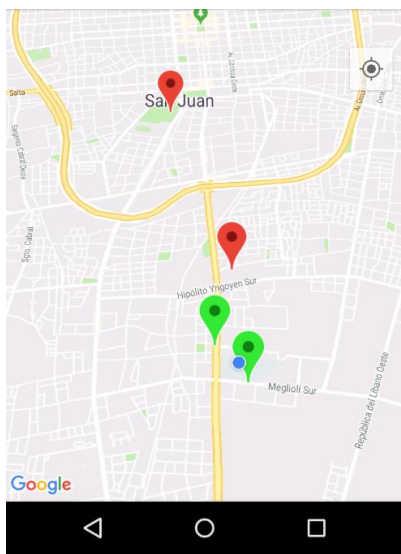


Figura 3. Marcadores (eventos) cercanos al usuario.

Cuando se trabaja con la base de datos de Firebase, el listener escucha de Realtime Database toda la información sin importar la ubicación donde nos encontramos, es decir, si nos encontramos en alguna calle de una ciudad en particular podemos recibir información de otras ciudades, o de cualquier parte del mundo, lo que puede ser información innecesaria para el momento o para el teléfono.

Como se mencionó en la sección anterior, en la librería GeoFire se puede establecer y consultar ubicaciones por claves de strings. Este almacena datos en su propio formato y su propia ubicación dentro de la

base de datos de Firebase. Para establecer una ubicación para una clave, simplemente se llamó al método `setLocation` (figura 4). El método pasa una clave como una cadena (String) y la ubicación como un objeto `GeoLocation` que contiene latitud y longitud de la ubicación:

```

geoFire.setLocation("firebase-hq", new GeoLocation(37.7853889, -122.4056973));
    
```

Figura 4. Método setLocation()

Las recuperaciones de las ubicaciones desde Realtime Database se realizó mediante una consulta `GeoQuery`, de la librería `GeoFire`, y luego recibiendo los datos mediante un agente de escucha. `GeoFire` permite consultar todas las claves dentro de un área geográfica usando objetos `GeoQuery` (figura 5). A medida que cambian las ubicaciones de las claves, la consulta se actualiza en tiempo real y desencadena eventos que informan si se han movido las claves relevantes. Los parámetros de `GeoQuery` pueden actualizarse más tarde para cambiar el tamaño y el centro del área consultada.

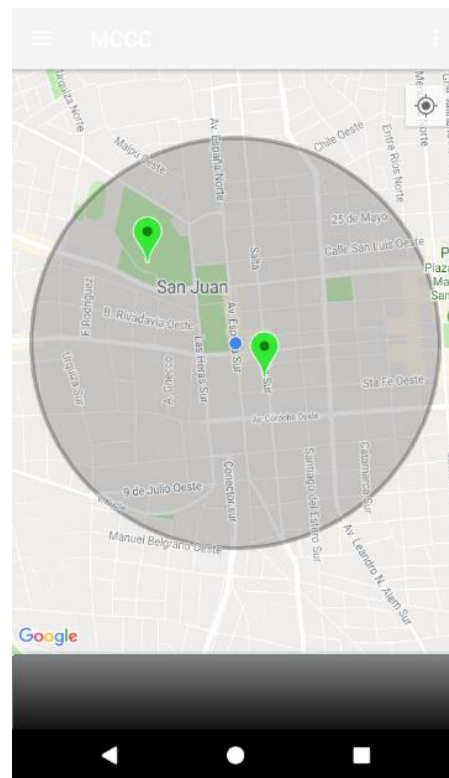


Figura 5. Eventos dentro de un área geográfica del usuario

En esencia, `GeoFire` almacena ubicaciones con claves de Strings y nos da la posibilidad de consultar esas claves dentro de un área geográfica determinada, en tiempo real (figura 6). Carga selectivamente solo los datos cerca de la ubicación donde nos encontremos,

CONAISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

manteniendo la aplicación liviana y receptiva, incluso con conjuntos de datos extremadamente grandes.

```
tesisgustavo-176421
├── geofire
│   ├── -LH165-XJ3Gx0UPe-j8
│   ├── -LlmvUDjoneJ3qfBkgXr
│   ├── -LH16N_Lyx4fUINXOkC_
│   ├── -LH16gLM5XEC-GT4Eobi
│   ├── -LH11cawyikjqwMWCmd3
│   └── -LH11ZdqSQdwrBnkPVBW
└── info
    ├── -LH11ZdqSQdwrBnkPVBW
    └── -LH11cawyikjqwMWCmd3
```

Figura 6. Almacenamiento de claves GeoFire

El usuario puede informar sobre algún acontecimiento que sucediendo cerca de su ubicación actual. En la figura 7, el usuario está informando sobre algún evento en particular, se observa que escribe un comentario y, además, adjunta una foto.



Figura 7. Carga de información sobre un evento

Para leer y escribir datos en la base de datos, se necesitó una instancia de Database Reference. Para asociar la instancia de DatabaseReference con Firebase se recupera una instancia de la base de datos mediante getInstance() y se hace una referencia a la ubicación en

la que se desea escribir o leer mediante getReference(), en nuestro trabajo es getReference("info") que es la referencia donde los marcadores se van agregando en nuestra aplicación. Una vez cargado el acontecimiento, cada usuario que se encuentre cerca podrá ver reflejado el nuevo evento en el mapa (figura 8).

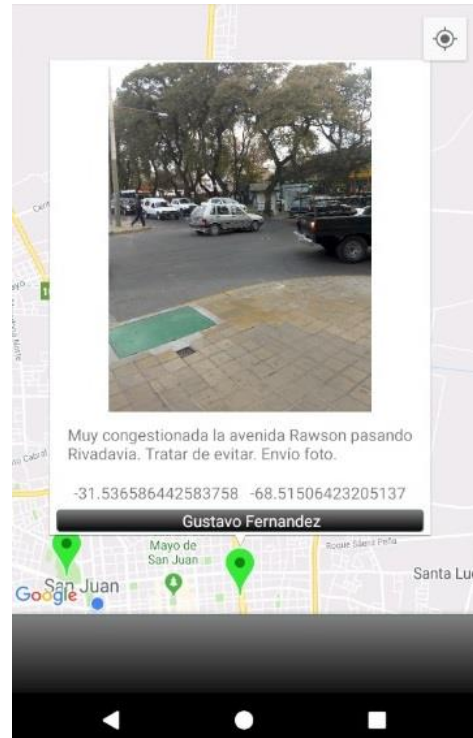


Figura 8. Evento cargado

5. Conclusión

MCC ha permitido a los usuarios finales despreocuparse de los recursos que ofrecen sus dispositivos móviles. Con el uso del cloud, el procesamiento y almacenamiento de datos se realizan fuera del dispositivo móvil. Con el respaldo de CC, los dispositivos móviles tienen acceso a una capacidad de almacenamiento y escalabilidad ilimitada, en proporcionar una funcionalidad estable y amplia independientemente de los recursos del dispositivo móvil. Además, la movilidad y disponibilidad que ofrece el cloud, permite a los usuarios acceder a los servicios de manera "anywhere". Sin embargo, MCC tiene algunas desventajas, como lo es la seguridad y privacidad. La seguridad es una de las mayores preocupaciones en el cloud, especialmente en el caso de la gestión de datos privados y confidenciales como la información de clientes o la información de tarjetas de crédito.

Para el desarrollo de una SC es importante remarcar dos pilares fundamentales. El primer pilar es la no

intervención humana y el segundo la intervención humana. Mediante el aporte de aplicaciones móviles, cada persona colabora para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. En este trabajo, se realizó una aplicación MCC cuyo principal objetivo es alertar a cada vecino sobre eventos inesperados que están ocurriendo y que pueden entorpecer a cada ciudadano que se encuentre cerca. De esta manera, cada usuario que cuente con la aplicación será consciente de los eventos que están sucediendo alrededor de su ubicación actual.

La realización de este trabajo permitió profundizar más los conceptos de MCC. Utilizar la estructura de CC permitió estudiar, investigar e implementar servicios de almacenamiento y procesamiento, herramientas de google maps, de georeferenciación, como así también, el uso del framework Firebase que permitió la vinculación con dichos servicios. Como trabajos futuros, se pretende seguir investigando los servicios que ofrece CC, como son los algoritmos de machine learning que permiten implementar la clusterización de los datos para dar las alertas, algoritmos que permitan al usuario elegir rutas alternativas de acuerdo a la congestión del tráfico.

Si bien el grupo de investigación trabaja hace 20 años, las tareas de investigación relacionadas a esta línea son recientes. En los últimos años se trabajó en proyectos sobre Cloud, Fog, Edge y Mobile Computing. Actualmente se está desarrollando una tesina de grado que abarca el concepto de Smart City, IoT y Mobile Cloud Computing. Además, se prevé la divulgación de los temas investigados, tanto a través del dictado de cursos de postgrado/actualización, como de publicaciones en diferentes congresos y revistas del ámbito nacional e internacional.

6. Referencias

- [1] P. Mell and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology," 2011.
- [2] H. T. Dinh, C. Lee, D. Niyato, and P. Wang, "RESEARCH ARTICLE A survey of mobile cloud computing : architecture , applications , and approaches," no. October 2011, pp. 1587–1611, 2013.
- [3] M. A. Murazzo and N. R. Rodríguez, "Mobile cloud computing," *XII Work. Investig. en Ciencias la Comput.*, pp. 522–526, 2010.
- [4] N. R. Rodríguez *et al.*, "Key aspects for the development of applications for Mobile Cloud Computing [Department and Institute of Computing], University of San Juan," vol. 13, no. 3, pp. 143–148, 2013.
- [5] J. Jadav, C. Tappert, M. Kollmer, A. M. Burke, and P. Dhiman, "Using text analysis on web filter data to explore K-12 student learning behavior," *2016 IEEE 7th Annu. Ubiquitous Comput. Electron. Mob. Commun. Conf. UEMCON 2016*, pp. 1–5, 2016.
- [6] B. Ahlgren, M. Hidell, and E. C. H. E. C.-H. Ngai, "Internet of Things for Smart Cities: Interoperability and Open Data," *IEEE Internet Comput.*, vol. 20, no. 6, pp. 52–56, 2016.
- [7] R. Dameri and C. Rosenthal-Sabroux, *Smart City - How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*. 2014.
- [8] V. Albino, U. Berardi, and R. M. Dangelico, "Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives," *J. Urban Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–19, 2015.
- [9] Y. Wang, I.-R. Chen, and D.-C. Wang, "A Survey of Mobile Cloud Computing Applications: Perspectives and Challenges," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 80, no. 4, pp. 1607–1623, 2015.
- [10] P. S. Sharma, "Mobile Cloud Computing : Its Challenges and Solutions," vol. 4, no. 5, pp. 287–293, 2015.
- [11] P. Asrani, "Mobile Cloud Computing," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 606–609, 2013.
- [12] N. M. Rao, "Cloud Computing Through Mobile-Learning," *Int. J.*, vol. 1, no. 6, pp. 42–47, 2010.
- [13] M. C. Arun, "Applications of Mobile Cloud Computing : A Survey," pp. 1037–1041, 2017.
- [14] N. Fernando, S. W. Loke, and W. Rahayu, "Mobile cloud computing: A survey," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 1, pp. 84–106, Jan. 2013.
- [15] Q. Fan and L. Liu, "A survey of challenging issues and approaches in mobile cloud computing," *Parallel Distrib. Comput. Appl. Technol. PDCAT Proc.*, pp. 87–90, 2017.
- [16] A. Alzahrani, N. Alalwan, and M. Sarraf, "Mobile cloud computing: advantage, disadvantage and open challenge," *Proc. 7th Euro Am. Conf. Telemat. Inf. Syst. - EATIS '14*, pp. 1–4, 2014.
- [17] G. Jin, J. Deng, T. Nguyen, P. Gao, M. T. Wooster, and S. H. Qari, "Efficient Cloud-Based Real-Time Geo-Information Delivery for Mobile Users," *Proc. - IEEE Int. Conf. Mob. Data Manag.*, vol. 1, pp. 251–254, 2015.
- [18] Google, "Google Cloud Platform," 1998. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/>.
- [19] Firebase, "Firebase," 2011. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/?authuser=0>.
- [20] Firebase, "Firebase Realtime Database," 2011. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/database/?hl=es-419>.
- [21] Firebase, "GeoFire," 2011. [Online]. Available: <https://github.com/firebase/geofire-java>.
- [22] Firebase, "Cloud Storage," 2011. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/storage/?hl=es-419>.
- [23] Google, "Google Cloud Storage," 1998. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/storage/>.
- [24] Facebook, "Facebook," 2004. [Online]. Available:

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

<https://www.facebook.com/>

DetECCIÓN DE ERRORES SINTÁCTICOS BAJO EL ALGORITMO DE EARLEY. INFORME FINAL

Juan C. J. Vázquez, Leticia E. Constable

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba

Maestro López y Cruz Roja Argentina, Ciudad Universitaria, 5016 – Córdoba - Argentina

jcjvazquez@gmail.com, leticiaconstable@gmail.com

Resumen

El análisis sintáctico en un compilador intenta establecer la corrección de un programa fuente, esto es, la conformidad de su estructura con la gramática que define el lenguaje formal en el cual está escrito. El significado de los programas (la tarea para la cual fue construido) está íntimamente relacionado con su sintaxis, por lo que un algoritmo de análisis sintáctico que no tenga como prerrequisito modificaciones a las reglas gramaticales es altamente deseable. El algoritmo de Earley tiene esta propiedad y es además aplicable a cualquier gramática independiente del contexto.

Un compilador también debe informar sobre cualquier error detectado con la mayor especificidad posible, para guiar al programador en su reparación. No está claro cómo efectuar estos informes con el algoritmo de análisis sintáctico de Earley, por lo cual se formula un proyecto de investigación para indagar cómo hacerlo.

En el proceso, se pretende además lograr código claro que sirva como herramienta didáctica para la enseñanza de la teoría de lenguajes formales y autómatas.

1. Introducción

En 1968 el psicólogo Jay Earley presentó, en su tesis doctoral [1], el algoritmo de análisis sintáctico general que hoy lleva su nombre y que permite analizar cadenas de cualquier lenguaje independiente del contexto, sin imponer restricciones a sus reglas gramaticales.

El hecho de no requerir transformaciones en las reglas de la gramática del lenguaje para poder procesar sus cadenas, como en general ocurre con los algoritmos usuales de análisis sintáctico, resulta de máxima importancia. El significado de las oraciones correctas de un lenguaje suele estar íntimamente relacionado con su estructura sintáctica, por lo que eventuales alteraciones de las reglas de formación de su gramática podrían producir cambios no deseados en la semántica del lenguaje [2].

El algoritmo de Earley sigue todas las posibles derivaciones de la cadena bajo análisis simultáneamente y se consideró poco eficiente como para ser puesto a funcionar en las computadoras de aquella época [3]; el propio Earley analizó su complejidad temporal máxima como $O(n^3)$ al operar sobre gramáticas ambiguas. En su artículo a la comunidad [4], el autor especificó el funcionamiento del algoritmo, pero no brindó precisiones de cómo utilizarlo para indicar los errores que pudieran ocurrir en la cadena bajo análisis, tarea de fundamental importancia en la compilación de programas informáticos.

Trabajos posteriores [5-7] han propuesto formas más eficientes del algoritmo de Earley, pero no se encuentran fácilmente referencias respecto de su uso efectivo en lenguajes de programación, y en especial, sobre el tema de cómo informar errores. Por ello se llega al planteo de las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se puede indicar la presencia de un error en la cadena bajo estudio de un lenguaje independiente del contexto, usando el algoritmo de análisis sintáctico de Earley?
- ¿Qué tan específica, en cuanto a su localización y causa, puede ser esta indicación para que se pueda entender y ayude a corregir el error?

Para intentar responder estas preguntas se formuló el proyecto de investigación *Detección de errores sintácticos bajo el algoritmo de Earley*; su desarrollo, resultados y conclusiones son comentados en el presente artículo.

En lo que sigue se expondrán en la sección 2, la historia y los fundamentos del análisis sintáctico de lenguajes de programación; la sección 3 planteará los objetivos del proyecto y el abordaje dado al problema dentro del mismo; los hallazgos realizados en relación con los objetivos se describirán en la sección 4 y finalmente en la sección 5, se presentarán las conclusiones a las que se arribó y las deudas pendientes que guiarán futuros trabajos.

2. Historia y Fundamentos

La teoría de lenguajes formales y autómatas se desarrolla principalmente desde el segundo tercio del pasado siglo XX.

Si bien Ada Byron es señalada como la primera programadora por haber publicado en 1843 sus *Notas* sobre la *Analytical Engine* (máquina diseñada por Charles Babbage que nunca se llegó a completar), se considera que la teoría de la computación inicia formalmente en 1936 con los trabajos de Alan Turing, Emil Post y Alonzo Church, que por distintos caminos llegaron a similares resultados sobre los límites de la computación, a los que arribara cinco años antes Kurt Gödel sobre los sistemas formales que incluyen a la aritmética.

En particular, Turing definió un formalismo mecano-matemático para modelar el trabajo que realiza un calculista humano durante su tarea (máquina de Turing) y con ello dio origen a la teoría de autómatas y máquinas abstractas. El sencillo modelo, mostrado en la figura 1 (máquina con un conjunto finito de estados posibles q_i , que puede leer y modificar la cadena de símbolos escrita en su cinta y gobernada por una función f que prescribe su comportamiento), se demostró capaz de realizar cualquier cómputo realizable algorítmicamente.

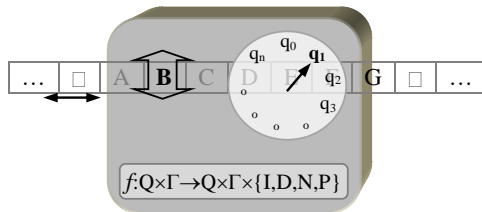


Figura 1: Máquina de Turing.

A mediados de la década de 1940 se construyen las primeras computadoras digitales; se adopta el concepto de *programa almacenado* propuesto por John von Neumann, y los algoritmos se codifican en binario; al poco tiempo, se empieza a utilizar un lenguaje mnemónico (*lenguaje ensamblador*) para trabajar con más claridad que con largas tiras de ceros y unos; la traducción entre ensamblador y binario solo necesitaba de una función biunívoca, particular para cada máquina y que requería de programadores altamente especializados.

Los avances tecnológicos y la escasez de personal capacitado hacen ver la necesidad, ya a principios de los '50, de contar con lenguajes de programación más generales y accesibles a un mayor número de técnicos, que expresaran mejor las estructuras de datos y de control, que la creciente complejidad de los desarrollos demandaba. Sin embargo, estos lenguajes llamados *de alto nivel* necesitaban ser traducidos de una forma más elaborada a código binario.

Grace Hooper (matemática y miembro de la marina de Estados Unidos) dirige el desarrollo del primer traductor de este tipo para el Sistema A-0 (1952) y acuña el término *compilador* para el mismo (a finales de esta década llevará adelante también el proyecto COBOL).



Ada Byron Alan Turing Grace Hooper Noam Chomsky John Backus

Figura 2: Precursores de la computación y los lenguajes de programación.

Para trabajos científicos, John Backus dirige en IBM el equipo que desarrolla el lenguaje FORTRAN, primer compilador comercial completo y eficiente (1953-1957). En lingüística, Noam Chomsky presenta en 1956 su teoría de gramáticas generativas [8], introduciendo un formalismo para la descripción y el estudio de los lenguajes (*las gramáticas formales*), que fue rápidamente adaptado y adoptado por los diseñadores de los nacientes lenguajes de programación [9, 10].

Los lenguajes de alto nivel, a diferencia del código binario y los ensambladores, no tienen una relación uno a uno con las instrucciones de máquina. Por ello, los programas escritos con ellos (programa fuente), requieren de un complejo procesamiento antes de poder ponerse a funcionar en un computador.

La traducción es realizada por los compiladores (figura 3), programas que deben analizar el programa fuente logrando entender el algoritmo descrito, para luego generar uno en lenguaje de máquina semánticamente equivalente, esto es, que realice el mismo trabajo (programa objeto).

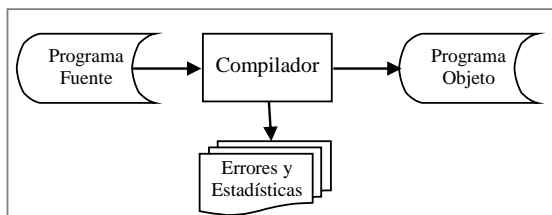


Figura 3: Proceso de compilación.

El proceso que el compilador debe realizar sobre el programa fuente, incluye un *análisis lexicográfico* que identifica secuencias de símbolos con sentido colectivo (componentes léxicos), un *análisis sintáctico* que verifica si las frases formadas por los componentes léxicos tienen la estructura adecuada según las reglas del lenguaje (dadas en su gramática) y un *análisis semántico*, que asigna

significado a las frases correctas del programa fuente; el resultado es usualmente una representación intermedia en un lenguaje sencillo y de fácil conversión al código de la máquina, o que pueda ser directamente interpretado.

Coincidiendo con Aho et al. [11], se acuerda en que “si todo lo que tuviera que hacer un compilador fuera traducir programas correctos, su construcción se simplificaría en gran medida”. Pero los programas reales tienen errores de diversos tipos: léxicos, sintácticos y semánticos. Por esto, una parte importante del trabajo del compilador es detectar e informar errores tan pronto y tan claramente como sea posible para lograr especificidad (localización y causa), con el objeto de orientar al programador en su corrección.

2.1. Terminología y Notación

Con el fin de establecer algunos términos técnicos utilizados en el presente escrito, se incluyen en lo que sigue algunas definiciones de conceptos básicos.

Un *alfabeto* Σ es un conjunto finito y no vacío de símbolos; una *palabra* (o *cadena*) α definida sobre Σ es una secuencia finita de símbolos del alfabeto; $|\alpha|$ denota el largo de la cadena α ; un *lenguaje* L sobre Σ es un conjunto de palabras definidas sobre Σ . Denotamos con Σ^* al conjunto de todas las palabras que pueden definirse sobre Σ , incluyendo la palabra vacía λ que no contiene símbolos; así resulta $L \subseteq \Sigma^*$ [12].

Una gramática (formal) independiente del contexto G , es una especificación compacta de un conjunto de palabras (*el lenguaje generado* $L(G)$); fija los símbolos que las constituyen y las reglas con las que se generan:

$$G = (\Sigma_T, \Sigma_N, S, P) \quad (1)$$

Σ_T es *el alfabeto de símbolos terminales* que formarán las palabras del lenguaje generado; Σ_N es *el alfabeto de símbolos no terminales* o auxiliares, representan categorías sintácticas y son usados para armar las reglas en P ; un no terminal distinguido $S \in \Sigma_N$, es denominado *símbolo inicial* o *axioma*; el conjunto P contiene *producciones* o reglas de reescritura de la forma $A \rightarrow \gamma$, donde $A \in \Sigma_N$ es el lado izquierdo y $\gamma \in (\Sigma_T \cup \Sigma_N)^*$ el lado derecho.

La operación de reemplazar el símbolo no terminal A en una cadena $\alpha A \beta$ por γ , aplicando la producción $A \rightarrow \gamma$ para obtener la nueva cadena $\alpha \gamma \beta$, se denomina *derivación directa* y se denota $\alpha A \beta \Rightarrow \alpha \gamma \beta$; si varias producciones deben ser aplicadas para transformar una cadena en otra usaremos \Rightarrow^* y diremos que la primera se ha *derivado* en la segunda.

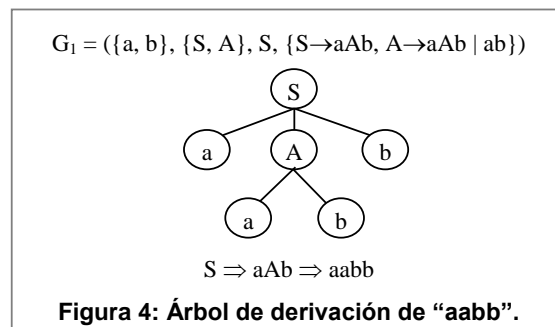
El lenguaje generado por una gramática formal G , es el conjunto de cadenas de símbolos terminales en Σ_T que

pueden derivarse desde el símbolo inicial S , usando las producciones del conjunto P :

$$L(G) = \{ \alpha \in \Sigma_T^* / S \Rightarrow^* \alpha \} \quad (2)$$

El problema de análisis sintáctico es básicamente un problema de membresía: determinar si una palabra α de símbolos terminales pertenece o no pertenece al lenguaje generado por una gramática G : $\zeta \alpha \in L(G)$?

Los algoritmos que deciden esta cuestión por sí o no, suelen llamarse *reconocedores*. Si muestran además la derivación desde el axioma de la cadena α o generan una representación pictórica de la misma denominada *árbol de derivación de α* (figura 4), reciben el nombre de *analizadores sintácticos*.



2.2. Análisis Sintáctico de los Lenguajes Independientes del Contexto

Los lenguajes de programación actuales son especificados en su mayoría, usando gramáticas independientes del contexto (GIC) o tipo 2 de Chomsky, como en (1).

Muchas técnicas se han diseñado para resolver el problema de análisis sintáctico; se demostró tempranamente que los lenguajes generados por cualquier GIC pueden ser reconocidos por un autómata con pila (AP), máquina abstracta de estados finitos que, utilizando una memoria auxiliar de pila (con acceso LIFO – último en entrar primero en salir), permite decidir si una palabra pertenece o no al lenguaje, con un funcionamiento esencialmente no determinista (muchos caminos de análisis son posibles) [12]. No describiremos aquí en detalle esta máquina, pero remitimos al lector interesado a la abundante bibliografía existente sobre la misma.

También se han concebido distintas formas automáticas de construir autómatas con pila para reconocer exactamente el mismo lenguaje descrito por una GIC dada; los enfoques desarrollados se pueden agrupar en descendentes y ascendentes, según cómo construyan el árbol de derivación de la cadena analizada. Dado el no determinismo de los AP, el problema ahora resultó ser cómo

implementar con un algoritmo la tarea y hacerlo de forma que su desempeño fuera eficiente.

Las primeras técnicas se estudiaron con la construcción del compilador de Algol 60, en particular el *análisis sintáctico por descenso recursivo* discutido en un par de artículos de Communications of ACM de 1961 y posteriormente utilizado por Niklaus Wirth del ETH de Zurich en los '70 para el lenguaje PL/0; en 1968 Lewis y Stearns desarrollan el algoritmo LL(1) (tabular descendente) y en 1965 Donald Knuth define el algoritmo LR(k) (tabular ascendente); varias mejoras a éstos y otros algoritmos se han propuesto en el tiempo.

Todos estos desarrollos se orientaron hacia subclases de gramáticas independientes del contexto, llamadas de terministas y logradas imponiendo restricciones sobre el formato de sus producciones (*formas normales*) o de sus características (eliminación de recursión por izquierda, factorización por izquierda, etc.); los lenguajes descriptos podían procesarse entonces con algoritmos deterministas, y por lo tanto considerados eficientes.

Otros desarrollos han sido presentados para gramáticas independientes del contexto generales (sin restricciones), como los propuestos por Tomita (copias LR en paralelo), CYK (Cocke-Younger-Kasami basado en programación dinámica pero que requiere una forma especial de la GIC denominada *forma normal de Chomsky*) y el de Earley que pasamos a describir.

2.3. El algoritmo de Earley

Dada una gramática G (1), se debe aumentar con un nuevo símbolo no terminal S' que será el nuevo axioma y la única producción $S' \rightarrow S$ agregada al conjunto P :

$$G' = (\Sigma_T, \Sigma_N \cup \{S'\}, S', P \cup \{S' \rightarrow S\}) \quad (3)$$

Esta modificación no agrega ni quita nada al lenguaje descrito por G , pero asegura un único punto de inicio.

El algoritmo trabaja sobre los *elementos Earley* que se agruparán en conjuntos S_i denominados estados. Cada elemento de la forma $[A \rightarrow \alpha \bullet \beta, \delta, n]$ está compuesto por: a) una producción $A \rightarrow \alpha \beta$ de la gramática, que se está tratando de ver si puede ser usada para analizar la cadena de entrada, b) un punto \bullet en algún lugar del lado derecho, que indica cuánto de la producción ya se ha podido reconocer en la entrada, c) una cadena δ de largo k que representa los símbolos que pueden seguir al no terminal A en una derivación desde el axioma, y d) un número natural n que es un puntero al estado donde se creó el elemento y se inició el reconocimiento de la producción. Habrá tantos estados como símbolos terminales tenga la cadena bajo análisis.

El estado inicial S_0 se crea con $[S' \rightarrow \bullet S \$, \$^k, 0]$, don-

de $\$$ es un símbolo no gramatical que representa el fin de la cadena de entrada y $\k una secuencia de k símbolos $\$$.

Para cada estado S_i , el conjunto de elementos que lo componen se procesa en orden realizando una de las tres operaciones que siguen:

Predictor: Aplicable a un elemento $[A \rightarrow \alpha \bullet B \beta, \delta, n]$ de S_i , siendo $B \in \Sigma_N$. Para cada $B \rightarrow \gamma$ en la gramática se agrega el elemento $[B \rightarrow \bullet \gamma, \text{Primerok}(\beta\delta), i]$, donde $\text{Primerok}(\beta\delta)$ indica las cadenas de símbolos terminales de largo k que inician las cadenas derivadas de $\beta\delta$. Se repite *Predictor* para todos los elementos con un punto a la izquierda de un no terminal, hasta que no se puedan agregar más elementos al estado S_i .

Scanner: Aplicable a un elemento $[A \rightarrow \alpha \bullet a \beta, \delta, n]$ de S_i , siendo $a \in \Sigma_T$. Si a coincide con el símbolo de preanálisis (próximo terminal a leer en la entrada), entonces *Scanner* agrega el elemento $[A \rightarrow \alpha a \bullet \beta, \delta, n]$ al estado S_{i+1} . Si al finalizar de procesar el estado S_i el estado S_{i+1} queda vacío, se produce un *error* en la entrada.

Completar: Aplicable a un elemento $[B \rightarrow \gamma \bullet, \delta, n]$ de S_i . Compara δ con los $k=|\delta|$ siguientes símbolos de la cadena de entrada $X_i, X_{i+1}, \dots, X_{i+k}$ y si coinciden vuelve al estado apuntado por n y para cada elemento $[A \rightarrow \alpha \bullet B \beta, \omega, h]$ en el estado S_n , agrega el elemento $[A \rightarrow \alpha B \bullet \beta, \omega, h]$ al estado S_i .

Se hace $i=i+1$ y se vuelven a aplicar las tres operaciones. Este proceso se repite hasta que se consigue un estado con solo el elemento $[S' \rightarrow S \$ \bullet, \$^k, 0]$, caso en que la cadena de entrada se reconoce como correcta.

Este algoritmo lee la cadena de entrada de izquierda a derecha y genera en forma descendente todas las posibles derivaciones (por la izquierda) de la entrada.

2.4. Motivación Académica

En el segundo año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, la asignatura Sintaxis y Semántica de los Lenguajes (SSL) aporta al currículo el estudio inicial de los lenguajes formales, de los autómatas y de las relaciones entre ellos, con el enfoque puesto en cómo se usan estos conceptos en la construcción de compiladores.

Los alumnos del tercer cuatrimestre de la carrera encuentran con frecuencia áridos estos temas nuevos para ellos y de fuerte sabor matemático. Con el ánimo de apoyar la enseñanza y el aprendizaje de SSL, los docentes de la materia han emprendido durante años proyectos de I+D sobre los temas de la asignatura, con objetivo doble: por un lado, investigar algún problema no resuelto de la teoría de autómatas y lenguajes formales para lograr nuevos conocimientos (como todo proyecto de investigación); por otro, conocer, manejar y desarrollar material

didáctico que permita mejorar la comprensión de los estudiantes de los temas involucrados.

Uno de estos proyectos es el de *Detección de errores sintácticos bajo el algoritmo de Earley*, origen del presente artículo.

3. Objetivos y Metodología

Como se indicó, los objetivos del proyecto son mixtos. El primero disciplinar, para intentar dar respuesta a las preguntas planteadas en la Introducción:

- Determinar con qué especificidad pueden informarse errores, usando el método de Earley de análisis sintáctico.

El segundo académico, siendo los integrantes del proyecto docentes de la asignatura SSL:

- Generar código y explicaciones claras para acrecentar el material didáctico para la enseñanza de Sintaxis y Semántica de los Lenguajes.

Para lograr los objetivos, además de estudiar y profundizar en los distintos algoritmos de análisis sintáctico, se debía contar con un ejemplo de lenguaje sobre el cual plantear las pruebas y en el cual pudieran escribirse los programas para experimentación. Atendiendo sobre todo al objetivo académico, se decidió no tomar un lenguaje trivial y se optó por tomar el lenguaje de una máquina de acceso aleatorio [13] (RAM por sus siglas en inglés), cuyo esquema se muestra en la figura 5.

Los componentes de la máquina, su funcionamiento y el lenguaje RAM [14] fueron cuidadosamente explicados para hacerlos comprensibles y claros, detallando la sintaxis y la semántica de cada instrucción del lenguaje (ver

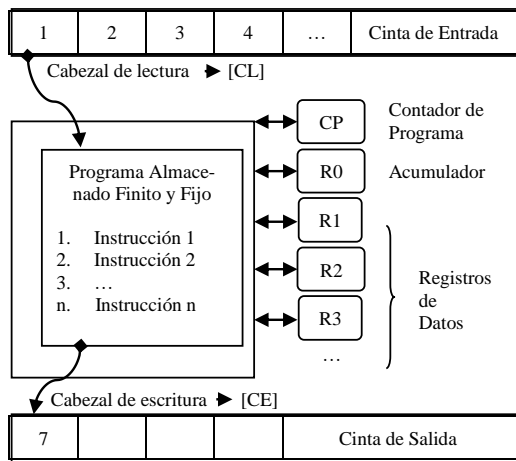


Figura 5: Máquina de acceso aleatorio.

tabla 1), las gramáticas de cada componente léxico y el correspondiente autómata para reconocimiento. También se construyó un *simulador RAM* en web, operativo en línea para correr programas escritos en lenguaje RAM.

Tabla 1. Lenguaje RAM.

Tipo	Instrucción	Efecto sobre registros y cintas
Asignación	CAR n	[R0] ← Valor(n)
	CAR R(i)	[R0] ← [Ri]
	CAR R(R(i))	[R0] ← [R[Ri]]
	ALM R(i)	[Ri] ← [R0]
	ALM R(R(i))	[R[Ri]] ← [R0]
Aritméticas	SUM n	[R0] ← [R0] + Valor(n)
	SUM R(i)	[R0] ← [R0] + [Ri]
	SUM R(R(i))	[R0] ← [R0] + [R[Ri]]
	RES n	[R0] ← max(0, [R0] - Valor(n))
	RES R(i)	[R0] ← max(0, [R0] - [Ri])
	RES R(R(i))	[R0] ← max(0, [R0] - [R[Ri]])
	MUL n	[R0] ← [R0] * Valor(n)
	MUL R(i)	[R0] ← [R0] * [Ri]
	MUL R(R(i))	[R0] ← [R0] * [R[Ri]]
	DIV n	[R0] ← Entero([R0] / Valor(n))
	DIV R(i)	[R0] ← Entero([R0] / [Ri])
	DIV R(R(i))	[R0] ← Entero([R0] / [R[Ri]])
Control	SAL m.	[CP] ← Valor(m)
	SXI m.	Si [R0]=0 [CP] ← Valor(m) Sino [CP] ← [CP]+1
	SXM m.	Si [R0]>0 [CP] ← Valor(m) Sino [CP] ← [CP]+1
	FIN	Termina Ejecución
	Entrada / Salida	LEE R(i)
LEE R(R(i))		[R[Ri]] ← CeldaDeEntrada(CL) [CL] ← [CL]+1
IMP n		CeldaDeSalida[CE] ← Valor(n) [CE] ← [CE]+1
IMP R(i)		CeldaDeSalida[CE] ← [Ri] [CE] ← [CE]+1
IMP R(R(i))		CeldaDeSalida[CE] ← [R[Ri]] [CE] ← [CE]+1

Luego se construyeron en lenguaje Java los módulos de análisis lexicográfico y de análisis sintáctico por los distintos métodos estudiados, con los que se pudo experimentar extensamente la forma de señalar los errores en los programas RAM de prueba.

Durante todo el proceso se cuidó de generar código lo más claro posible, documentando y explicando cómo la teoría de autómatas y lenguajes formales se traducían a la práctica. En aquellos casos en los que la teoría necesitaba

ser ampliada para su aplicación, se generaron los documentos explicativos del caso y se hicieron recomendaciones para acercar teoría y práctica.

Se prepararon además seminarios sobre lo aprendido que fueron puestos a disposición de la cátedra SSL y que fueron compartidos en las Jornadas de Capacitación Docente que la misma implementa regularmente.

Finalmente se construyeron tablas de corridas manuales comentadas de los algoritmos descriptos, para mejorar su legibilidad y comprensión, destacando paso a paso el funcionamiento de cada uno de ellos.

4. Resultados

Para el análisis lexicográfico del lenguaje RAM, se definió una tabla de transición del autómata finito que lo implementa, ampliada con mensajes de error que se observaban podían asociarse a cada estado del autómata.

Con este diseño se implementó el analizador léxico en Java, generando cada estado como un objeto independiente que informa su error léxico adecuadamente ni bien este se produce en el programa fuente bajo análisis.

Con el módulo de análisis sintáctico por descenso recursivo, se probaron distintas estrategias del uso de captura de excepciones (manejo por try-catch-finally en Java), pero ocultaban la lógica del algoritmo de análisis por lo que finalmente se optó por usar el tradicional manejo de señales de error y tratamiento por condicionales.

La figura 7 expone los diagramas de transición de las funciones recursivas para las distintas categorías sintácticas de la gramática del lenguaje RAM (0: Programa, 2: Instrucciones, 5: algoMas, 8: Instrucción, 13: Identificador, 15: Parámetro), que fueron tal cual aparecen en la figura implementados como funciones en Java.

La figura 6 muestra el listado emitido por el analizador sintáctico de un programa RAM con errores; a continuación el analizador muestra la derivación efectuada, pero su extensión no permite mostrarla en esta página.

```

Archivo fuente: C:\JCV\ram\ram1.txt
.....1.....2.....3.....4.....5.....6
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
1 # PRG1: Suma los números de entrada hasta encontrar cero.
2 #
-----
3 1. LEE R(1) # Almacena el número leído en registro R1
4 2. CAR R(1) # Carga el número leído al acumulador
5 3. SXI 8 # Si número leído es cero sale del ciclo
+++++*%SAS: Se esperaba un NL L=5 P=16 :AS%
6 4. CAR R(1) # Carga suma parcial en el acumulador
7 5. SUM R(1) # Suma el número leído al acumulador
8 6. ALM H(2) # Reserva suma actual en el registro R2
*%SAL: Palabra clave incorrectamente escrita L=8 P=16
:ALS
+++++*%SAS: Instrucción necesita un identificador. L=8 P=16
:AS%
9 7. SAL 1. # Continúa el ciclo de lectura y suma
10 8. IMP R(2) # Imprime resultado
11 10. FIN
Se detectó el FIN
Programa con 2 errores
    
```

Figura 6: Listado emitido de un programa RAM con errores.

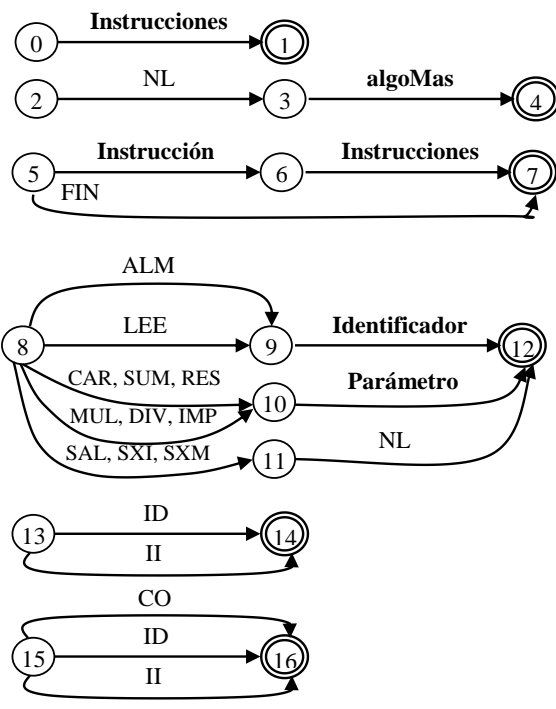


Figura 7: Diagramas para el análisis sintáctico por descenso recursivo del lenguaje RAM.

Luego se implementaron los algoritmos predictivos no recursivos LL(1) (descendente) y el LR(0) y SLR(1) (ascendentes), y se probaron con el mismo programa de la figura 6 logrando resultados satisfactorios en cuanto a los informes de errores, mostrando los mismos para aquellos programas sin errores las derivaciones construidas, por la izquierda el primero y por derecha los restantes dos.

La construcción del módulo de análisis sintáctico con el algoritmo de Earley resultó en muchos problemas por el manejo de conjuntos que realiza el mismo (tantos conjuntos de elementos Earley como componentes léxicos tenga el programa bajo análisis). Sin embargo, el problema de cómo mostrar errores era principalmente teórico, ya que no se definía, como se comentó anteriormente, de un método definido para ello.

Una corrida del algoritmo de Earley sobre el programa de la figura 6 corregido para que no tuviera errores, generó doscientos cuatro (204) elementos Earley distribuidos en veintisiete estados (27). No quedaba claro en este proceso cuál había sido en realidad la derivación que el algoritmo descubría del programa bajo análisis; esto es, como *reconocedor* funcionó claramente, pero como *analizador sintáctico* no quedó claro cómo hacía su tarea.

Planteando los elementos Earley como independientes

y no agrupados en estados, pudo verse la similitud del proceso realizado con el que podría hacer una red de Petri definida a tal efecto. Sin embargo, similitud no es lo mismo que igualdad, por lo que dejamos este abordaje para un tratamiento futuro.

Como la gramática del lenguaje RAM es no ambigua, también se probó el algoritmo con otra gramática más sencilla pero ambigua (más de un posible árbol de derivación para la misma cadena). En este caso también funcionaba correctamente y se llegaba al reconocimiento, pero por dos caminos distintos para una cadena ambigua.

Producciones:

$$\begin{aligned} S' &\rightarrow S \\ S &\rightarrow (S) \mid (A) \\ A &\rightarrow (A) \mid () \end{aligned}$$

Cadena ambigua: ((()))

Derivaciones Posibles:

$$\begin{aligned} S' &\Rightarrow S \Rightarrow (S) \Rightarrow ((A)) \Rightarrow ((())) \\ S' &\Rightarrow S \Rightarrow (A) \Rightarrow ((A)) \Rightarrow ((())) \end{aligned}$$

Figura 8: Gramática ambigua de prueba y cadena ambigua con sus derivaciones.

Luego de muchas pruebas y trabajo teórico, se propuso un procedimiento para explicitar todas las derivaciones de la cadena bajo análisis que el algoritmo de Earley sigue en paralelo, lo cual finalmente llegó a una forma de expresar los errores que se cree adecuada. Pasamos a describirlo en lo que sigue.

Para armar la derivación construida por el algoritmo de análisis sintáctico de Earley, se inicia el proceso con la derivación única de la gramática ampliada $D00: S' \Rightarrow S$ y se asigna D00 al elemento Earley inicial $[S' \rightarrow \bullet S, \$, 0]$. A partir de allí se comienza con el algoritmo de Earley usual, el cual realizará reiteradamente una de las siguientes tres operaciones:

Predictor: Si es realizado sobre un elemento no creado por otro predictor dentro del mismo estado, por cada nuevo elemento j -ésimo generado se copia D00 a $D0j$ y se asigna la correspondiente derivación al elemento generado por el predictor, y luego se destruye D00. Si predictor se realiza sobre un elemento creado por otro predictor en el mismo estado, además de hacer las copias necesarias según lo anterior, se actualiza cada derivación incorporando la producción del elemento sobre el cual se aplica el predictor.

Scanner: Si es aplicable a un elemento, se actualiza la derivación D_{xx} asociada al elemento con la producción componente del mismo y se copia la identificación de la derivación D_{xx} al nuevo elemento genera-

do en el siguiente estado. Si NO es aplicable al elemento (porque el símbolo de preanálisis no coincide con los de lectura anticipada δ) entonces se elimina la derivación asociada al elemento.

Completar: Sólo copia la identificación de la derivación asociada al elemento, a los nuevos elementos generados por la operación.

Si hay un error en la cadena de entrada, como el progreso está guiado por el símbolo de preanálisis para generar el siguiente estado con *Scanner*, se detecta ni bien se produce como ocurre en LR; el informe del error entonces será producido como “se detectó *-preanálisis-* y se esperaba *-lecturas anticipadas δ de todos los elementos para reemplazar a -no terminal de más a la izquierda en la derivación hasta el momento-*”. Con esto se informa cuál es la categoría sintáctica bajo análisis (el no terminal), el símbolo o símbolos posibles que deberían haber llegado desde la entrada (los δ de lectura anticipada) y el componente léxico que realmente se presentó (el símbolo de preanálisis).

La recuperación para poder seguir procesando podría hacerse entonces de la siguiente forma:

- Se descarta preanálisis y se lee nuevo símbolo de entrada.
- Si éste es adecuado para el no terminal de más a la izquierda en la derivación asociada el elemento, se lo reemplaza y se continúa.
- Si éste no es adecuado para el no terminal de más a la izquierda y sigue en la derivación otro no terminal, queda marcado en la derivación como no utilizable el que no se apareó y se sigue con el siguiente no terminal en la derivación como si fuera el de más a la izquierda. Si no hubiera otro no terminal, se mantiene el único no terminal (que no se apareó) como el de más a la izquierda y se siguen leyendo símbolos de preanálisis (en modo pánico) hasta que alguno se pueda aparear con el no terminal de más a la izquierda.

El esquema de recuperación parece adecuado, pero por ahora es sólo especulativo ya que no fue realmente implementado.

Sobre la gramática y cadena ambigua mostrada en la figura 8, este procedimiento funciona de la siguiente forma:

D00: $S' \Rightarrow S$ (inicio de derivación)

S_0 Preanálisis = $((()))\$$

- $[S' \rightarrow \bullet S, \$, 0]$ D00 Predictor da 2 y 3.
- $[S \rightarrow \bullet (S), \$, 0]$ D01 Scanner da 4. Act.
- $[S \rightarrow \bullet (A), \$, 0]$ D02 Scanner da 5. Act.

D01: $S' \Rightarrow S \Rightarrow (S)$ (copia de 1 y actualizada por 2)

D02: $S' \Rightarrow S \Rightarrow (A)$ (copia de 1 y actualizada por 3)

S₁ Preanálisis = ((()))\$
 4. [S→(•S), \$, 0] D01 Predictor da 6 y 7.
 5. [S→(•A), \$, 0] D02 Predictor da 8 y 9.
 6. [S→•(S),), 1] D03 Scanner da 10. Act.
 7. [S→•(A),), 1] D04 Scanner da 11. Act.
 8. [A→•(A),), 1] D05 Scanner da 12. Act.
 9. [A→•(),), 1] D06 Scanner da 13. Act.
 D03: S'⇒S⇒(S)⇒((S))
 D04: S'⇒S⇒(S)⇒((A))
 D05: S'⇒S⇒(A)⇒((A))
 D06: S'⇒S⇒(A)⇒(())

S₂ Preanálisis = ((()))\$
 10. [S→(•S),), 1] D03 Predictor da 14 y 15.
 11. [S→(•A),), 1] D04 Predictor da 16 y 17.
 12. [A→(•A),), 1] D05 Predictor de 16 y 17.
 13. [A→(•),), 1] D06 Scanner no aplica.
 14. [S→•(S),), 2] D07 Scanner da 18. Act.
 15. [S→•(A),), 2] D08 Scanner da 19. Act.
 16. [A→•(A),), 2] D09-11 Scanner da 20. Act.
 17. [A→•(),), 2] D10-12 Scanner da 21. Act.
 D07: S'⇒S⇒(S)⇒((S))⇒(((S)))
 D08: S'⇒S⇒(S)⇒((S))⇒(((A)))
 D09: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒(((A)))
 D10: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒((())
 D11: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒(((A)))
 D12: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒((())

S₃ Preanálisis = ((Q))\$
 18. [S→(•S),), 2] D07 Predictor da 22 y 23.
 19. [S→(•A),), 2] D08 Predictor da 24 y 25.
 20. [A→(•A),), 2] D09-11 Predictor de 24 y 25.
 21. [A→(•),), 2] D10-12 Scanner da 26. Act.
 22. [S→•(S),), 3] D13 Scanner no aplica.
 23. [S→•(A),), 3] D14 Scanner no aplica.
 24. [A→•(A),), 3] D15-17-19 Scanner no apl.
 25. [A→•(),), 3] D16-18-20 Scanner no aplica.
 D13: S'⇒S⇒(S)⇒((S))⇒(((S))) || Eliminada
 D14: S'⇒S⇒(S)⇒((S))⇒(((S))) || Eliminada
 D15: S'⇒S⇒(S)⇒((S))⇒(((A))) || Eliminada
 D16: S'⇒S⇒(S)⇒((S))⇒(((A))) || Eliminada
 D17: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒(((A))) || Eliminada
 D18: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒(((A))) || Eliminada
 D10: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒((())
 D19: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒(((A))) || Eliminada
 D20: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒(((A))) || Eliminada
 D12: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒((())

S₄ Preanálisis = ((()))\$
 26. [A→(•),), 2] D10-12 Completar da 27, 28.
 27. [S→(A•),), 1] D10-12 Scanner da 29. Act.

28. [A→(A•),), 1] D10-12 Scanner da 30. Act.
 D10: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒((())
 D12: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒((())

S₅ Preanálisis = ((()))\$
 29. [S→(A)•,), 1] D10-12 Completar da 31.
 30. [A→(A)•,), 1] D10-12 Completar da 32.
 31. [S→(S•), \$, 0] D10-12 Scanner da 33. Act.
 32. [S→(A•), \$, 0] D10-12 Scanner da 34. Act.
 D10: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒((())
 D12: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒((())

S₆ Preanálisis = ((()))\$
 33. [S→(S)•, \$, 0] D10-12 Completar da 35.
 34. [S→(A)•, \$, 0] D10-12 Completar da 35.
 35. [S'→S•\$, \$, 0] D10-12 Scanner da 36. Act.
 D10: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒((())
 D12: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒((())

S₆ Preanálisis = ((()))\$
 36. [S'→S\$•, \$, 0] **ACEPTAR.**
 D10: S'⇒S⇒(S)⇒((A))⇒((())
 D12: S'⇒S⇒(A)⇒((A))⇒((())

El algoritmo acepta la cadena de entrada y las dos derivaciones posibles de la cadena son construidas.

5. Conclusiones y Futuros Trabajos

El algoritmo de Earley de análisis sintáctico permite manejar gramáticas independientes del contexto, sin necesidad de efectuar conversiones a alguna forma normalizada o eliminar condiciones como la recursividad por izquierda, que son requeridas por los algoritmos usuales que se utilizan en los compiladores actuales. Inclusive trabaja bien sobre gramáticas ambiguas analizando todas las posibles derivaciones de la cadena bajo análisis al mismo tiempo. Como era de esperar, esto tiene sus ventajas y sus desventajas.

La principal ventaja, aunque no parezca, ¡es semántica! Al especificar un lenguaje, la semántica de las cadenas sintácticamente correctas del lenguaje suele especificarse íntimamente relacionada con su sintaxis. Lo usual es generar una gramática con atributos en la cual se asigna a cada producción de la gramática del lenguaje un conjunto de reglas semánticas que deberán ejecutarse al utilizar esa producción dentro de la derivación que se construya de la cadena bajo análisis. Esto hace que las conversiones sintácticas (como la eliminación de recursión por izquierda, la factorización por izquierda, la obtención de gramáticas equivalentes en formas normales como la de Chomsky o Greibach) que generan gramáticas equivalentes sintácticamente, *no sean necesariamente*

equivalentes semánticamente; por ello, poder procesar una gramática tal y como fue definida es una ventaja. Un ejemplo claro es el procesamiento del lenguaje natural, cuya gramática pierde entidad semántica si se la transforma a una forma normal que el hablante no utiliza.

Las desventajas son varias respecto de los algoritmos deterministas; el algoritmo de Earley genera tantos conjuntos de ítems (estados) como símbolos tiene la cadena bajo análisis y cada estado contiene ítems que describen el estado de todas las posibles derivaciones de la cadena bajo análisis, lo que puede hacer que cada estado sea extenso y ocupe gran cantidad de memoria. Además, ya se indicó que Earley en su tesis calculó cono de orden n^3 la complejidad temporal para el peor caso de gramáticas ambiguas (siendo n el largo de la cadena de entrada), que sin embargo no son las que se utilizan para nuestros actuales lenguajes de programación.

La forma de trabajo del algoritmo de Earley hace que se deba generar el conjunto de estados para cada nueva cadena analizada, en contraposición con los algoritmos LL y LR que generan una tabla única para ser utilizada en el proceso de cualquier cadena. Al respecto, el artículo "A Faster Earley Parser" de McLean y Horspool ofrece una alternativa híbrida entre LR(k) y Earley precalculando posibles conjuntos de estados Earley antes de iniciar el procesamiento de una cadena en lo que denominan "método LRE(k)".

En nuestro trabajo sobre el algoritmo de Earley, hemos logrado formular un procedimiento que no se describe en ninguno de los artículos y bibliografía consultada: cómo identificar la derivación (o derivaciones en caso de que exista más de una) efectivamente construida. Esto redundante en la posibilidad de construir el árbol de análisis sintáctico de la cadena analizada para luego efectuar el resto de la compilación (análisis semántico y generación de código intermedio, principalmente).

Teniendo la derivación en curso armada durante el proceso, es posible entonces informar claramente **dónde se produce un error** cuando un componente léxico de preanálisis no es ninguno de los esperados en el estado Earley actual (localización) y **cuáles son los componentes léxicos esperados** que no llegaron para aplicar la operación *Scanner* a cada ítem Earley con un punto delante del componente (y cuál es el no terminal -categoría sintáctica- que se encuentra en el lado izquierdo de ese ítem) **lo que permitiría informar la causa**, el tipo de error producido. Esto cumple nuestro primer objetivo principal de investigación.

Por otro lado, durante el proyecto se han construido rutinas de análisis léxico y sintáctico por variados métodos en un lenguaje al alcance de los alumnos de Sintaxis y Semántica de los Lenguajes, para efectuar discusiones

profundas de funcionamiento práctico de los temas estudiados. Recientes cambios en nuestra Facultad (la asignatura Algoritmos y Estructuras de Datos cambió de Java a Python el lenguaje de sus clases) hace que en una nueva etapa se deban transformar todos nuestros algoritmos a este lenguaje, que ya está en estudio.

Se ha cuidado de mantener estos algoritmos desarrollados muy cercanos a la teoría, para lograr una trazabilidad clara de implementación de ella en el código. Resta revisar (y como se indicó posiblemente pasar a Python) todo el código para hacerlo muy claro, comentado adecuadamente y estético, como para que sirva de herramienta didáctica en SSL. Con esto se cumpliría acabadamente nuestro segundo objetivo principal.

Finalmente, una deuda más que se está trabajando y no fue comentada anteriormente, es la terminación de la definición de un *pequeño lenguaje procedural en español* para aplicarle nuestros algoritmos y obtener otro ejemplo práctico además del lenguaje de la máquina RAM. También se piensa diseñar la conversión automática de gramáticas a autómatas y de ellos a código, aunque la transformación manual resulta didácticamente provechosa para la enseñanza de SSL, por lo cual se cree que lo realizado es muy válido respecto de nuestros objetivos.

6. Agradecimientos

Este trabajo es generado por el proyecto de investigación y desarrollo "EIUTNCO-2168: Detección de errores sintácticos bajo el algoritmo de Earley", el cual fue financiado por la Facultad Regional Córdoba y de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

7. References

- [1] Earley J.; *An efficient context-free parsing algorithm*; Carnegie-Mellon dissertation; Pennsylvania, U.S.A.; 1968.
- [2] Révész G.; *Introduction to Formal Languages*; McGraw-Hill; pp 135; U.S.A.; 1983.
- [3] Aho A., Ullman J.; *The Theory of Parsing, Translation and Compiling*; Prentice-Hall; pp 281; U.S.A.; 1972.
- [4] Earley J.; *An Efficient Context-Free Parsing Algorithm*; Communications of ACM, Vol. 13, Nr. 2, pp 94-102; U.S.A.; Feb 1970.
- [5] McLean P., Horspool N.; *A Faster Earley Parser*; Proceedings of International Conference on Compiler Construction, Springer, pp 281-293; Canada; 1996.
- [6] Aycok J., Horspool N.; *Practical Earley Parsing*; The Computer Journal, British Computer Society, Vol 45 – Nr. 6 – pp 620-630; U.K.; Apr 2002.
- [7] Trevor J., Mandelbaum Y.; *Efficient Early Parsing with Regular Right-Hand Sides*; Electronic Notes in Theoretical

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Computer Science, Elsevier; Vol. 253, Nr. 7, pp 137-148; Amsterdam, The Netherlands; Sep 2010.

[8] Chomsky N.; *Syntactic Structures*; Mouton, The Hague; Berlin, Alemania; 1957.

[9] Backus J.; *The syntax and semantics of the proposed international algebraic language of the Zurich ACM-GAMM Conference*; Proceedings of International Conference on Information Processing, UNESCO, pp 125-132; USA; 1959.

[10] Naur P. (Editor); *Report on the Algorithmic Language ALGOL 60*; Communications of ACM, Vol. 3 – Nr. 5 – pp 299-314; USA; May 1960.

[11] Aho A., Sethi R., Ullman J.; *Compiladores: principios, técnicas y herramientas*; Addison Wesley Iberoamericana; pág. 165-168; D.F., México; 1990.

[12] Giró J., Vázquez J., Meloni B., Constable L.; *Lenguajes Formales y Teoría de Autómatas*; Alfaomega; Buenos Aires, Argentina; 2015.

[13] Cook S., Reckhow R.; *Time Bounded Random Access Machines*; STOC 72, ACM; New York, U.S.A.; 1972.

[14] Vázquez J., Constable L., Jornet W., Meloni B.; *Enseñanzas de la implementación de un analizador léxico*; Memorias de CONAIISI 2015, (conaiisi2015.utn.edu.ar/memorias/Educacion/206-607-1-DR.pdf); Fecha de consulta: 01/08/2016); Buenos Aires, Argentina; 2015.

Tendencias en criptografía simétrica: cifrado autenticado y criptografía liviana

Miguel Montes
UNDEF CRUC-IUA
mmontes@iua.edu.ar

Daniel Penazzi
Famaf
Universidad Nacional de Córdoba
penazzi@famaf.unc.edu.ar

Resumen

En los últimos años el criterio convencional de combinar algoritmos de cifrado usados en modos de confidencialidad con códigos de autenticación de mensajes para proteger la integridad ha sido sustituido por el criterio de utilizar algoritmos de cifrado autenticado. Al mismo tiempo, la difusión del uso de criptografía a todo tipo de dispositivos, y el advenimiento de la internet de las cosas ha fomentado el interés en el desarrollo de algoritmos aptos para correr en entornos con características restringidas. El presente trabajo presenta una revisión del estado del arte en ambos aspectos, en el marco de nuestra investigación orientada a la próxima convocatoria de NIST llamando a propuestas de criptografía liviana.

1. Introducción

1.1. Cifrado para confidencialidad y MAC para integridad

Durante muchos años el criterio para obtener confidencialidad e integridad en una comunicación consistió en utilizar un algoritmo de cifrado para obtener la confidencialidad y combinarlo con un código de autenticación de mensajes para proteger la integridad. Por ejemplo los cinco modos de operación definidos por NIST en [1] (ECB, CBC, CFB, OFB y CTR) son estrictamente de confidencialidad. Es perfectamente conocido que en los modos que funcionan como cifrado de flujo síncrono (OFB y CTR) una alteración de un bit en el texto cifrado produce una alteración en el mismo bit del texto claro [2], y por lo tanto para garantizar la integridad hay que combinarlos con un MAC (por ejemplo HMAC [3]). Los otros modos también tienen sus peculiaridades. Por ejemplo, en ECB es posible intercambiar bloques, y en CBC si se cambia un bit del IV cambia el mismo bit del texto claro del primer bloque.

La combinación de ambos tipos de algoritmos no es trivial, ya que es difícil combinarlos de forma segura. Existen tres formas clásicas, denominadas *MAC-then-Encrypt*, utilizada en SSL/TLS [4], *Encrypt-and-MAC*, usada en SSH [5], y *Encrypt-then-MAC*, que es la opción recomendada [6].

Como ejemplo de los problemas asociados a esta dificultad describiremos el *padding oracle attack* y el reciente ataque contra S/MIME y OpenPGP.

1.1.1. Padding oracle. En 2002 Vaudenay propuso un ataque sobre el modo CBC denominado *padding oracle attack*. Este ataque asume dos condiciones:

- El adversario puede interceptar mensajes cifrados en modo CBC.
- El adversario tiene acceso a un oráculo que le indica si el relleno (*padding*) es correcto o no.

Recordemos que en CBC, el cifrado y descifrado se definen de la siguiente manera:

$$C_i = E_k(P_i \oplus C_{i-1})$$

$$P_i = D_k(C_i) \oplus C_{i-1}$$

donde E_k y D_k son la función de cifrado y descifrado respectivamente.

Supongamos que se está usando como mecanismo de relleno lo establecido en el estándar PKCS7. Si un atacante desea descifrar el bloque i puede enviar al oráculo el par de bloques $C'_{i-1}||C_i$, donde C'_{i-1} es un bloque armado por el atacante. El oráculo calculará $P'_i = D_k(C_i) \oplus C'_{i-1}$ y verificará si el relleno es correcto. Si el oráculo acepta el mensaje entonces lo más probable es que el último byte de P'_i tenga el valor 1, correspondiente a un relleno de un byte (esto es 256 veces más probable que ocurra que el hecho de que los dos últimos bytes sean 2, por ejemplo). Como $P'_i = D_k(C_i) \oplus C'_{i-1}$ y el atacante conoce el bloque C_{i-1} original, entonces puede saber que el último byte de $D_k(C_i)$ es $1 \oplus C'_{i-1}$. Por el contrario, si el oráculo rechaza el mensaje porque el relleno es inválido, se cambia el último byte y

se vuelve a intentar. La cantidad de intentos hasta tener éxito es como máximo 256. Una vez hallado el último byte de $D_k(C_i)$ se repite el procedimiento con el penúltimo bloque, pero ahora usando un C'_{i-1} que asegure que el último byte de $D_k(C_i) \oplus C'_{i-1}$ es 2. De esta forma, si el oráculo acepta, es porque con alta probabilidad el penúltimo byte de $D_k(C_i) \oplus C'_{i-1}$ también es 2. Si se repite este procedimiento para todos los bytes del bloque, el costo de descifrar el bloque completo es 256 multiplicado por la longitud del bloque. Por ejemplo, en AES-128-CBC el costo es $256 \times 16 = 2^8 \times 2^4 = 2^{12}$ en lugar de 2^{128} .

En el caso de TLS 1.0, se establece el uso del modo CBC, con autenticación en modo *MAC-then-Encrypt*. El relleno es una variante de PKCS7, y como se aplica después del MAC, su integridad no está protegida. Y se definen los siguientes errores fatales:

bad_record_mac Se envía cuando el registro tiene un MAC incorrecto.

decryption_failed Se envía cuando el relleno es incorrecto.

Como el protocolo distingue entre esos dos errores, el protocolo se comporta como el oráculo requerido por Vaudenay. Sin embargo, en ese momento no se encontró un ataque práctico usando esta propiedad.

De todas formas, el protocolo fue modificado, y en TLS 1.1 [8] se establece que debe devolverse `bad_record_mac` en ambos casos. Además, establece que el MAC se debe calcular *siempre*, incluso cuando el relleno es incorrecto, para evitar que un atacante pueda determinar cual de las dos situaciones se produjo (*timing attack*), según el ataque propuesto por Canvel en 2003 [9].

En esta última modificación se reconocía que seguía existiendo una pequeña ventana para un *timing attack*, pero consideraba que no podía aprovecharse. Esa apreciación era incorrecta, ya que en 2013 se encontró la forma de explotar esa ventana en el ataque conocido como *Lucky Thirteen* [10].

Como consecuencia de estos problemas, en TLS 1.3 [11] los únicos algoritmos de cifrado simétrico permitidos son del tipo AEAD (*Authenticated Encryption with Associated Data*).

1.1.2. El problema con S/MIME y OpenPGP. En mayo de 2018 se presentó un ataque, denominado Efail [12], contra S/MIME y OpenPGP. Si bien una parte del ataque no tiene que ver estrictamente con los protocolos, sino con la forma en que estos interactúan con los clientes de correo electrónico, otra parte del ataque es posible porque no se usan algoritmos de cifrado autenticados.

El primer modo de ataque, denominado *exfiltración directa* ocurre en los clientes que descifran automáticamente el contenido del mensaje. Si un atacante ha capturado un texto cifrado, puede enviar al destinatario un mensaje con formato HTML, y construido de tal forma que el mensaje a descifrar aparezca en el atributo `src` de un `tag img` como parte de una URL controlada por el atacante. De esta forma, el cliente de correo descifrará el mensaje y hará un requerimiento a dicha URL pasándole el texto descifrado.

Este modo de ataque en realidad es una vulnerabilidad del cliente de correo, y no de los protocolos de cifrado. Sin embargo, el segundo modo de ataque abusa de vulnerabilidades en la especificación tanto de S/MIME como de OpenPGP. El problema es que tanto CBC, utilizado en S/MIME, como CFB, utilizado en OpenPGP, son susceptibles de modificación del texto claro si partes del texto claro son conocidas. Por ejemplo, un mensaje cifrado con S/MIME habitualmente comienza con la cadena `Content-type: multipart/signed`. Esto significa que, si el tamaño de bloque es 16 bytes, el texto claro del primer bloque será $P_1 = \text{"Content-type: mu"}$. Supongamos que el contenido que deseamos que aparezca en el texto descifrado sea $P_{C_1} = \text{"<img ignore="..."}"$ a los efectos de llevar un ataque como el descrito más arriba. Si C_1 es el primer bloque del texto, podemos construir un C_0 de la siguiente forma:

$$C_0 = IV \oplus P_1 \oplus P_{C_1}$$

. Como $P_1 = D_k(C_1) \oplus IV$, obtendremos

$$\begin{aligned} P'_1 &= D_k(C_1) \oplus (IV \oplus P_1 \oplus P_{C_1}) \\ &= D_k(C_1) \oplus IV \oplus D_k(C_1) \oplus IV \oplus P_{C_1} \\ &= P_{C_1} \end{aligned}$$

que es el resultado deseado. De manera similar, manipulando bloques del texto cifrado se pueden producir resultados arbitrarios, aunque no consecutivos, ya que el siguiente bloque de texto claro contendrá resultados aleatorios.

El problema aquí es que no se está autenticando adecuadamente el texto cifrado.

2. Cifrado autenticado

2.1. Descripción

El tipo de ataques mencionado más arriba ha conducido, en los últimos años, al desarrollo de algoritmos de cifrado autenticado. Esta forma de cifrado se suele llamar AE, por *authenticated encryption*. Como a menudo es necesario brindar integridad sobre datos adicionales que no pueden ser cifrados, como por ejemplo la

cabecera de un mensaje o de un paquete, muchos de estos algoritmos permiten agregar estos datos al conjunto de datos protegidos. Tenemos así el *cifrado autenticado con datos asociados* (AEAD, por *Authenticated Encryption with Associated Data*). Por lo general estos algoritmos requieren la utilización de un *nonce*. Tenemos así una primitiva de cifrado simétrico más, como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Primitivas de cifrado simétrico

Primitiva	Longitud	Cifra	Autent.
Cifrado de bloque	Fija	Sí	No
Cifrado de flujo	Variable	Sí	No
MAC	Variable	No	Sí
Cifrado autenticado	Variable	Sí	Sí

En TLS 1.2 [13] se incorpora este concepto, y se describen cinco operaciones criptográficas: *firma digital*, *cifrado de flujo*, *cifrado de bloques*, *cifrado autenticado con datos adicionales* (AEAD), y *cifrado de clave pública*. Y en TLS 1.3 se eliminan las referencias a cifrados de flujo y cifrados de bloque, y sólo se utilizan algoritmos AEAD.

Existen dos tipos de algoritmos AEAD:

- Modos de operación, que permiten usar algoritmos de cifrado ya existentes.
- Algoritmos diseñados *ad-hoc*.

Los primeros algoritmos que surgieron fueron modos de operación. Un ejemplo de ello es OCB (*Offset Code Book*) [14]. Se trata de un modo de operación muy rápido, inventado por Rogaway, pero que está patentado, lo que limitó inicialmente su difusión. Posteriormente el autor relajó las restricciones sobre implementaciones del algoritmo en software, y actualmente existe una licencia específica para implementaciones de código abierto.

Como consecuencia de que OCB era un algoritmo patentado, un grupo de criptógrafos propuso el modo CCM (*Counter with CBC-MAC*) [15]. Se trata de un algoritmo que cifra en modo CTR y autentica utilizando CBC-MAC. Como debe procesar cada bloque dos veces, es mucho más lento que OCB. Ha sido estandarizado por NIST [16].

Probablemente el modo más utilizado en la actualidad es GCM (*Galois/Counter Mode*) [17]. Diseñado por John Viega y David A. McGrew, usa el modo CTR para confidencialidad, y multiplicación en $GF(2^{128})$ para autenticación. Es bastante rápido, particularmente en arquitectura x86 con la nueva instrucción PCLMULQDQ.

En este momento una conexión entre un *browser* moderno y un sitio web seguro casi con certeza se cifrará usando AES-GCM. Por ejemplo, la figura 1 mues-

tra la información de conexión entre Chrome y el sitio <https://google.com>.

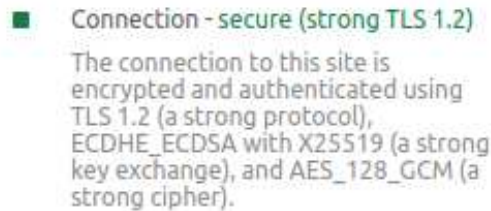


Figura 1. Conexión HTTPS con Google

El sitio de Wikipedia no usa GCM sino ChaCha20/Poly1305 [18], como muestra la figura 2. ChaCha20 es un algoritmo de cifrado de flujo derivado de Salsa20, diseñado por Daniel Bernstein, y Poly1305 es un algoritmo MAC del mismo autor, que usa una *función de hash universal* y la construcción de Wegman-Carter.

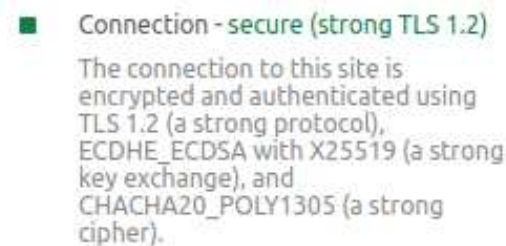


Figura 2. Conexión HTTPS con Wikipedia

Extrañamente, el sitio de NIST que suministra sus publicaciones utiliza AES en modo CBC (figura 3), que es reportado como obsoleto por Chrome.

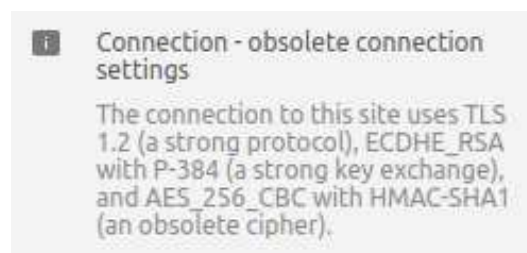


Figura 3. Conexión HTTPS con el sitio de NIST <https://nvlpubs.nist.gov>

2.2. La competencia CAESAR

En 2013 Daniel Bernstein organizó una competencia llamada CAESAR (*Competition for Authenticated Encryption: Security, Applicability, and Robustness*) cuyo objetivo es seleccionar una cartera de algoritmos de cifrado autenticado que presenten ventajas sobre AES-GCM, y sean adecuados para ser ampliamente adoptados.

Según los términos de la competencia, el algoritmo de cifrado debe tener cinco entradas:

- Texto claro (*plaintext*) de longitud variable.
- Datos asociados (*associated data*) de longitud variable.
- Número de mensaje secreto, de longitud fija.
- Número de mensaje público, de longitud fija.
- Clave, de longitud fija.

La salida es un texto cifrado (*ciphertext*) de longitud variable. El número de mensaje secreto y el número de mensaje público son optativos; y si se utilizan, el diseñador puede exigir que sea un *nonce*. Es admisible perder toda la seguridad si se repite el *nonce*.

Las características de confidencialidad e integridad que deben proveerse a esas entradas se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Características de las entradas

	Integ.	Conf.	Nonce
Texto claro	Sí	Sí	No
Datos asociados	Sí	No	No
Nro. de mensaje secreto	Sí	Sí	Sí
Nro. de mensaje público	Sí	No	Sí

El algoritmo de cifrado/verificación tiene cuatro entradas:

- Texto cifrado (*ciphertext*) de longitud variable.
- Datos asociados (*associated data*) de longitud variable.
- Número de mensaje público (posiblemente optativo) de longitud fija.
- Clave, de longitud fija.

La salida del algoritmo es:

- **Si el texto cifrado es auténtico:** el texto claro y el número de mensaje secreto (si corresponde).
- Si no, error (\perp).

Es importante recalcar que el algoritmo *no debe emitir texto claro* si el mensaje no es auténtico.

Aunque no estaban definidos en el llamado inicial, más tarde se definieron tres casos de uso:

Caso de uso 1: Aplicaciones livianas Este caso se refiere a aplicaciones que se ejecutaran en ambientes con recursos restringidos. Los algoritmos para este caso de uso deberían tener las siguientes características:

Crítico: Requieren un área de hardware pequeña, y/o tienen código de poca longitud para CPUs de 8 bits.

Deseable: Capacidad para protegerse de ataques de canales laterales.

Deseable: Buen rendimiento en hardware, especialmente energía/bit.

Deseable: Buena velocidad en CPUs de 8 bits.

Tamaño de mensaje: Habitualmente cortos, probablemente inferiores a 16 bytes, a veces más largos.

Caso de uso 2: Aplicaciones de alto rendimiento

Este caso se refiere a aplicaciones que habitualmente se ejecutarán en entornos en los que se requiere mayor rendimiento, tales como servidores y computadoras de escritorio, e inclusive *smartphones*.

Crítico: Eficiencia en arquitecturas de 64 bits (servidores) y/o hardware dedicado.

Deseable: Eficiencia en entornos de 32 bits (*Smartphones* pequeños).

Deseable: Tiempo constante cuando la longitud del mensaje es constante.

Tamaño de mensaje: Habitualmente largos (más de 1024 bytes), a veces más cortos.

Caso de uso 3: Defensa en profundidad

Este caso abarca algoritmos que preservan total o parcialmente la seguridad incluso con mal uso del algoritmo. Por ejemplo, es responsabilidad del usuario el no repetir un *nonce*, pero un algoritmo en esta categoría no colapsa ante este tipo de problemas. Lo mismo ocurre con la liberación del texto claro no verificado. Si bien en la definición se establece que el algoritmo no debe devolver texto claro no verificado, esta restricción puede ser difícil de cumplir (por ejemplo si la longitud del mensaje es muy grande).

Crítico: Autenticidad inclusive ante mal uso del *nonce*.

Deseable: Daño a la confidencialidad reducido incluso ante mal uso del *nonce*.

Deseable: Autenticidad incluso ante la liberación de texto claro no verificado.

Deseable: Daño a la confidencialidad reducido ante la liberación de texto claro no verificado.

Deseable: Robustez en más escenarios: por ejemplo, grandes volúmenes de datos.

La competencia aún no ha finalizado, pero ya se han seleccionado los finalistas:

- Caso de uso 1
 - ACORN (Hongjun Wu)
 - Ascon (Christoph Dobraunig, Maria Eichlser, Florian Mendel, Martin Schläffer)
- Caso de uso 2
 - AEGIS (Hongjun Wu, Bart Preneel)
 - Morus (Hongjun Wu, Tao Huang)
 - OCB (Ted Krovetz, Phillip Rogaway)
- Caso de uso 3
 - COLM (Elena Andreeva, Andrey Bogdanov, Nilanjan Datta, Atul Luykx, Bart Mennink, Mridul Nandi, Elmar Tischhauser, Kan Yasuda)
 - Deoxys II (Jérémy Jean, Ivica Nikolić, Thomas Peyrin, Yannick Seurin)

De estos analizaremos en una sección posterior los correspondientes al caso de uso 1: ACORN y Ascon.

3. Criptografía liviana

3.1. Introducción

La mayoría de los algoritmos criptográficos más conocidos no han sido diseñados pensando en dispositivos con recursos restringidos, sino para computadoras de escritorio y servidores. Algoritmos como AES o las distintas versiones de SHA han sido evaluados y seleccionados basados en sus niveles de seguridad y en su *throughput*, y no en su capacidad para ser implementados en dispositivos con escasa memoria y capacidad de almacenamiento [19].

En los últimos años, sin embargo, con la creciente importancia de la Internet de las Cosas (IoT) y en áreas tales como sistemas automotrices, redes de sensores, sistemas de salud, sistemas de control distribuido y redes inteligentes, la *criptografía liviana* ha adquirido enorme relevancia.

Así como la criptografía convencional está apuntada al rango de equipos comprendidos entre servidores y *smartphones*, la criptografía liviana apunta a sistemas embebidos, RFID y redes de sensores. Sin embargo, es necesario destacar que los algoritmos livianos también tienen que poder implementarse en forma eficiente a nivel de servidores, ya que un caso de uso común implica la existencia de múltiples equipos restringidos en recursos enviando información a un servidor de alta gama.

En el diseño de algoritmos criptográficos siempre se debe llegar a un compromiso adecuado entre rendimiento y recursos requeridos para el nivel de seguridad adecuado.

El nivel de seguridad se expresa habitualmente en *bits*, donde especificar una seguridad de n bits implica que la cantidad de operaciones requeridas para un ataque de fuerza bruta es 2^n . En el caso de los algoritmos de cifrado simétricos la seguridad esperada está en relación con el tamaño de la clave. Por ejemplo, decimos que AES-128 provee 128 bits de seguridad. En el caso de los algoritmos de hash, el nivel de seguridad se asocia con la mitad del tamaño del resumen. Así, la seguridad de SHA-256 es también 128 bits. Y por último, en los códigos de autenticación de mensaje y en los algoritmos de cifrado autenticado se asocia con la longitud del *tag* o autenticador.

El rendimiento se expresa en términos de potencia, consumo de energía, latencia y *throughput*. El consumo de energía es particularmente relevante en dispositivos que dependen de baterías que pueden ser difíciles de cambiar una vez que los mismos han sido desplegados, y la potencia es importante para aquellos dispositivos que tienen que extraerla del ambiente, como por ejemplo un chip RFID. En el caso de la criptografía liviana, la baja latencia, necesaria para sistemas de tiempo real, suele ser más relevante que el *throughput*.

Los recursos de *hardware* se suelen medir en términos de LUTs (*look-up tables*) para implementaciones en FPGAs (*Field-Programmable Gate Arrays*) y en términos de GEs (*Gate Equivalent*) para implementaciones en ASICs (*Application Specific Integrated Circuits*). Un RFID de bajo costo puede tener entre 1000 y 10000 compuertas, de las que un máximo de 2000 pueden usarse para seguridad [20].

Los recursos en *software* pueden medirse en número de registros o cantidad de bytes de RAM. Elementos tales como el tamaño del estado interno, o volumen de constantes requeridas son críticos en este caso.

A continuación mencionaremos los trabajos de estandarización de algoritmos de criptografía liviana, y describiremos algunos de algoritmos seleccionados en estos trabajos.

Nuestro criterio para seleccionar los algoritmos a describir se basa en su capacidad para ilustrar cierta característica o forma de resolver un problema, y no implica que consideremos a dichos algoritmos superiores a otros que hemos omitido.

3.2. Estándares de criptografía liviana

Distintos organismos han trabajado en el establecimiento de estándares para criptografía liviana.

3.2.1. ISO/IEC. Un ejemplo es el grupo de trabajo 2 (de criptografía y mecanismos de seguridad) del subcomité ISO/IEC JTC 1 SC 27. En la norma ISO/IEC

29192 se establece un nivel mínimo de seguridad de 80 bits y se especifican una serie de algoritmos [21].

Cifradores de bloques Se especifican dos algoritmos:

PRESENT: Bloques de 64 bits y claves de 80 o 128 bits.

CLEFIA: Bloques de 128 bits y claves de 128, 192 y 256 bits.

Dos algoritmos adicionales propuestos, SIMON y SPECK, no fueron estandarizados. Los cifradores de bloques livianos suelen tener algunas características comunes. Es habitual tamaños de bloque pequeños (véanse por ejemplo los 64 bits de PRESENT, por contraste con los 128 bits de AES), claves más pequeñas (por ejemplo 80 bits), funciones de ronda más sencillas y expansiones de clave más simples. También son habituales los modos de operación que no requieren la implementación del algoritmo de descifrado (tales como CTR).

Cifradores de flujo Se especifican dos algoritmos:

Enocoro: Clave de 80 o 128 bits.

Trivium: Clave de 80 bits.

Funciones de hash Se especifican tres funciones:

PHOTON: Con tamaños de permutación de 100, 144, 196, 256 y 288 bits y salidas de 80, 128, 160, 224 y 256 bits respectivamente.

SPONGENT: Con tamaños de permutación de 88, 136, 176, 240 y 272 bits y salidas de 80, 128, 160, 224 y 256 bits respectivamente.

Lesamnta-LW: Con 384 bits de tamaño de estado y salida de 256 bits.

En estos casos es habitual encontrar pequeños estados internos, tamaños de resumen menores y tamaños menores de mensaje admitidos.

3.2.2. CRYPTREC. CRYPTREC (*Cryptography Research and Evaluation Committees*) es el organismo del gobierno japonés responsable de la evaluación y recomendación de algoritmos criptográficos. En particular ha emitido el *Cryptographic Technology Guideline* para criptografía liviana [22]. No seleccionan un algoritmo en particular, sino que analizan una cartera de algoritmos bastante extensa, basándose en algoritmos seleccionados en otros ámbitos, tales como eSTREAM, ISO y NIST.

Cifradores de bloques: CLEFIA, LED, Midori, Piccolo, PRESENT, PRINCE, SIMON, SPECK y TWINE.

Cifradores de flujo: Grain, MICKEY 2.0, Trivium, Enocoro y ChaCha20.

Funciones de Hash: Keccak, PHOTON, QUARK y SPONGENT.

Vale la pena mencionar que al seleccionar Keccak [23], utilizan tamaños de permutación más pequeños que el seleccionado por NIST para SHA-3 [24].

AEAD: ACORN, Ascon, AES-JAMBU, AES-OTR, Deoxys, Joltik, Ketje, Minalpher, OCB, PRIMATES, CLOC y SILC.

3.2.3. NIST. NIST (*National Institute of Standards and Technology*) no ha estandarizado hasta el momento ningún algoritmo de criptografía liviana, pero ha iniciado una competencia, similar a las de AES o SHA-3 a esos efectos [25]. La fecha de cierre para la presentación de propuestas es el 25 de febrero de 2019. Se solicitan dos tipos de algoritmos:

AEAD: Se requieren algoritmos de cifrado autenticados con un nivel mínimo de seguridad de 112 bits. La interface requerida es idéntica a la solicitada en la competencia CAESAR antes mencionada. La longitud de la clave no puede ser inferior a 128 bits, debe permitir que el *nonce* sea de al menos 96 bits, y el *tag* de al menos 64 bits. Deben permitirse tamaños de mensaje de $2^{50} - 1$ bytes.

Funciones de hash: Se requiere seguridad de 112 bits, tamaño de resumen no inferior a 256 bits, y longitud de mensaje de $2^{50} - 1$ bytes.

3.3. Cifradores de bloques

3.3.1. PRESENT. PRESENT [26] es un cifrador de bloques ultracompacto que puede implementarse en sólo 1570 GEs. Su estructura es la de un SPN de 31 rondas. En cada ronda se modifica todo el estado, en tres pasos:

1. Una mezcla con la clave de ronda, en este caso, usando XOR sobre todo el estado.
2. Un paso de sustitución.
3. Un paso de difusión.

Al cabo de las 31 rondas, para evitar darle al atacante la posibilidad de invertir la última ronda, se hace una mezcla final con una clave.

Una ventaja de usar un cifrador de bloque es que no es necesario tener un estado interno más grande que el tamaño de la clave, como es el caso de los cifradores de flujo. En el caso de PRESENT, la operación es sobre bloques de 64 bits, mientras que las claves pueden ser de 80 bits o 128 bits.

El paso de sustitución también es conservador: se usa un S-Box 4×4 óptimo en cuanto a su resistencia contra los ataques de criptoanálisis diferencial y lineal. Este S-Box se usa 16 veces en cada ronda.

El paso de difusión, sin embargo, es muy distinto al de SERPENT, pues en vez de usar alguna difusión con un *branch number* alto, usa simplemente una permutación de los lugares de los bits. La razón de esta elección es que el diseño de PRESENT está completamente orientado a hardware de baja área, y esta es la mejor elección para esas condiciones. En este sentido, PRESENT es más parecido a DES que a SERPENT.

Esta elección tiene una consecuencia importante: el “efecto avalancha” de que un cambio en un bit se propage a más de un bit es completamente dependiente del S-Box, pues la difusión no produce efecto avalancha. Por lo cual, el S-Box fue elegido con la propiedad de que nunca una diferencia de entrada de un bit produce una diferencia de salida de un bit.

A pesar de la falta de efecto avalancha en la difusión, los autores prueban que en 5 rondas consecutivas de PRESENT debe haber al menos 10 S-Boxes activos, con lo cual en 25 rondas la mejor característica diferencial es de a lo sumo 2^{-100} , muy por debajo del umbral 2^{-64} para el cual se puede montar este tipo de ataques en un cifrador de bloque de 64 bits. Incluso en 20 rondas esta acotado por 2^{-80} así que las 31 rondas proveen un margen de seguridad abundante.

Expansión de clave En todo cifrador de clave simétrica es necesario generar una clave de ronda para cada ronda a partir de la clave maestra. Cuando el espacio no es problema, estas claves se generan una sola vez, se guardan en memoria y se usan en cada bloque del mensaje, con bajo costo en cuanto a velocidad, pues se expanden una sola vez y luego simplemente se leen de la memoria. Por ello, las expansiones de clave pueden a veces ser complicadas. Pero en un cifrador orientado a recursos restringidos es conveniente una expansión de clave que sea lo suficientemente ágil como para poder realizarse “*on the fly*” sin perder demasiada velocidad, pero que todavía sea lo suficientemente segura.

En el caso de PRESENT esto se logra de la siguiente forma: (describimos el caso de clave maestra de 80

bits, algo similar ocurre para la versión de 128 bits).

- La clave maestra se guarda en un registro K de 80 bits.
- En cada ronda, se extraen los 64 bits de más a la izquierda de K para ser usados como clave de ronda.
- Luego de eso, se actualiza K de la siguiente forma:
 - Se rota K 19 bits a la derecha.
 - Los cuatro bits superiores de K se pasan por el S-Box.
 - Se realiza un XOR de los bits 15-19 de K (numerando desde 0) con el número de ronda, mirado como un número de 5 bits.

El uso del número de ronda como constante de ronda permite simplemente mantener un contador en vez de constantes en memoria.

Por otro lado al terminar con el procesamiento del bloque de texto claro, se requiere resetear K a la clave maestra original para poder procesar el siguiente bloque, por lo que hay que guardar ésta en memoria.

Un problema posible con esta expansión de clave es que si algún ataque (p. ej. diferencial) encuentra una clave de ronda, tiene 64 de los 80 bits necesarios para recuperar la clave maestra, con lo cual adivinar los 16 bits restantes es trivial.

3.3.2. Cifradores de flujo.

3.4. Grain

GRAIN [27] es un algoritmo seleccionado en eSTREAM para el perfil 2 (Hardware), con clave de 80 bits e IV de 64 bits. GRAIN-128a es una versión mejorada, con clave de 128 bits e IV de 96 bits. Combina un LFSR de 128 bits (que garantiza un ciclo de longitud máxima), con un NLFSR de 128 bits y una función de filtrado (que brindan fortaleza criptográfica).

Los polinomios conectivos $f(x)$ del LFSR, $g(x)$ del NLFSR y la función de filtrado h son:

$$\begin{aligned}
 f(x) &= 1 + x^{32} + x^{47} + x^{58} + x^{90} + x^{121} + x^{128} \\
 g(x) &= 1 + x^{32} + x^{37} + x^{72} + x^{102} + x^{128} + x^{44}x^{60} \\
 &\quad + x^{61}x^{125} + x^{63}x^{67}x^{69}x^{101} + x^{80}x^{88} \\
 &\quad + x^{110}x^{111} + x^{115}x^{117} + x^{46}x^{50}x^{58} \\
 &\quad + x^{103}x^{104}x^{106} + x^{33}x^{35}x^{36}x^{40} \\
 h(x) &= b_{i+12}s_{i+8} + s_{i+13}s_{i+20} + b_{i+95}s_{i+42} \\
 &\quad + s_{i+60}s_{i+79} + b_{i+12}b_{i+95}s_{i+94}
 \end{aligned}$$

Además el bit de salida del LFSR ingresa como entrada en la función de actualización del NLFSR, como puede verse en la figura 4.

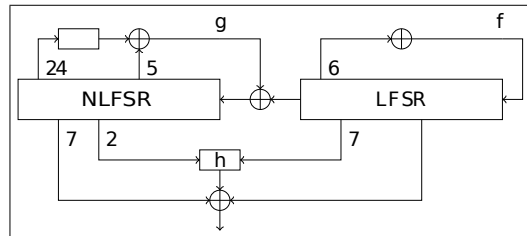


Figura 4. Diagrama de GRAIN-128a

3.4.1. Trivium. Trivium [28] es otro de los algoritmos seleccionados en eSTREAM para el perfil 2 (Hardware). Genera una secuencia cifrante de hasta 2^{64} bits partiendo de una clave y un IV, ambos de 80 bits, usando un estado interno de 288 bits compuesto por tres registros de desplazamiento de distintas longitudes. En cada ronda se produce un desplazamiento en cada registro mediante una combinación no lineal de *taps* en ese registro y otro más, y se produce un bit de salida. Para inicializar el cifrador, se carga la clave y el IV en dos de los registros, mientras que el tercer registro se carga con un patrón fijo; y se aplican 1152 rondas, para que cada bit del estado dependa de todos los bits de la clave y el IV.

Trivium puede ser especificado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} a_i &= c_{i-66} \oplus c_{i-111} \oplus c_{i-110} \wedge c_{i-109} \oplus a_{i-69} \\ b_i &= a_{i-66} \oplus a_{i-93} \oplus a_{i-92} \wedge a_{i-91} \oplus b_{i-78} \\ c_i &= b_{i-69} \oplus b_{i-84} \oplus b_{i-83} \wedge b_{i-82} \oplus c_{i-87} \end{aligned}$$

Los bits de salida $r_0 \dots r_{2^{64}-1}$ se generan así:

$$r_i = c_{i-66} \oplus c_{i-111} \oplus a_{i-66} \oplus a_{i-93} \oplus b_{i-69} \oplus b_{i-84}$$

En la figura 5 puede verse un diagrama de la relación entre los FSRs¹.

3.5. Funciones de Hash

3.5.1. SPONGENT. SPONGENT [29] es una función de hash liviana basada en la construcción esponja, propuesta por Bertoni *et al* [30]. En ese sentido es similar a PHOTON, y diferente de Lesamnta-LW, que utiliza un modelo más clásico basado en la construcción de Merkle-Damgård combinada con el modo Matyas-Meyer-Oseas.

¹"Trivium (cipher)". Via Wikimedia Commons - [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trivium_\(cipher\).png](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trivium_(cipher).png)

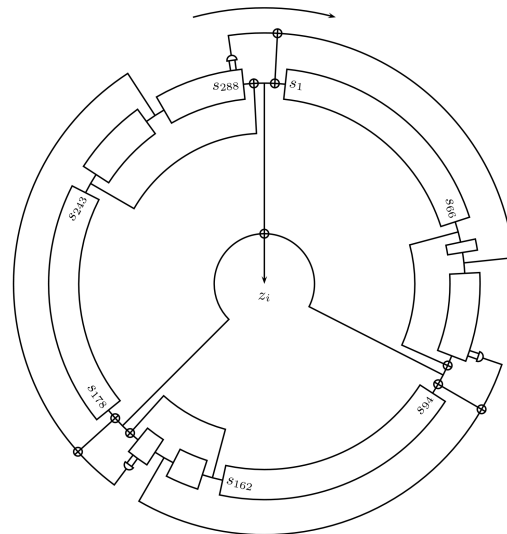


Figura 5. Trivium

La construcción esponja es un ejemplo de *criptografía basada en permutaciones*, en las cuales se cuenta con un estado de $b = r + c$ bits, donde r es la *tasa (rate)* y c es la *capacidad*. Luego de la inicialización comienza la etapa de *absorción*, en donde en cada paso se admiten r bits de entrada y se somete todo el estado a la permutación, y una vez consumida toda la entrada se pasa a la etapa de *estrujamiento*, donde después de cada permutación se producen r bits de salida. Puede probarse que esta construcción provee $c/2$ bits de seguridad.

SPONGENT permite distintos tamaños de estado, con distintas combinaciones de r y c , algunos de los cuales han sido estandarizados por ISO como se describe más arriba. Por ejemplo la versión con estado de 88 bits tiene una capacidad de 80 (por lo tanto su seguridad es de 40 bits) y una tasa de 8 bits (consume y produce de a un byte)(Ver cuadro 3).

La permutación $\pi_b : \mathbb{F}_2^b \rightarrow \mathbb{F}_2^b$ es una transformación de R rondas, que incluye:

- Un XOR con constantes de ronda generadas por LFSRs
- Un paso permutativo mediante la utilización de una S-Box 4×4 que satisface los criterios de PRESENT.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
E	D	B	0	2	1	4	F	7	A	8	5	9	C	3	6

- Una permutación tipo PRESENT:

$$P_b(j) = \begin{cases} j \cdot b/4 \pmod{b-1}, & \text{si } j \in \{0, \dots, b-2\} \\ b-1, & \text{si } j = b-1. \end{cases}$$

Cuadro 3. Parámetros de SPONGENT

Versión	b	c	r	R
SPONGENT-88	88	80	8	45
SPONGENT-128	136	128	8	70
SPONGENT-160	176	160	16	90
SPONGENT-224	240	224	16	120
SPONGENT-256	272	256	16	140

Es interesante como reutiliza conceptos probados en PRESENT, con ciertos cambios destinados a prevenir ciertos ataques. Por ejemplo, la S-Box ha sido elegida para contrarrestar ciertos ataques debido a propiedades lineales multidimensionales que se encontraron en versiones de PRESENT con rondas reducidas. Los autores alegan tener resistencia equivalente al criptoanálisis diferencial y mejor resistencia al criptoanálisis lineal.

3.6. Cifrado Autenticado

En esta sección analizaremos algunos cifradores eficientes en entornos de bajos recursos. Entre ellos, analizaremos los cifradores-autenticadores Ascon [31] y ACORN [32], que son finalistas de la competición CAESAR de cifradores-autenticadores en el caso de uso 1 de dicha competencia. Es decir, se consideran adecuados para entornos restringidos.

Utilizaremos la siguiente notación:

Entradas

A: Datos asociados. Deben ser autenticados pero no cifrados.

P: Texto claro. Debe ser cifrado y autenticado.

K: Clave secreta.

N: *nonce*. No debe repetirse en mensajes cifrados con la misma clave.

Salidas

C: Texto cifrado.

T: *Tag* o autenticador.

Ambos son cifradores-autenticadores de tipo cifrador de flujo. Ambos tienen un estado interno que es actualizado que se encarga de incorporar a *A* dentro del mismo, y luego es usado para incorporar *P* y cifrarlo simplemente emitiendo uno o más bits y haciendo XOR con la parte correspondiente de *P*. Entre estas operaciones, el estado interno se actualiza.

Ascon es en realidad una familia de cifradores-autenticadores, parametrizada por diversos parámetros ajustables, como el número de rondas, el tamaño de la clave, etc, pero nos concentraremos en la recomendación primaria de los autores.

En esa recomendación, la clave, el *nonce* y el *tag* son de 128 bits, que son los mismos que los parámetros de ACORN.

En todo cifrador de flujo hay que obtener protección contra un posible ataque de *trade off* entre memoria y tiempo. Para evitar este tipo de ataques, el estado interno, si bien se desea que sea chico por tratarse de cifradores orientados a entornos reducidos, debe ser al menos el doble del tamaño de la clave. El estado interno de Ascon es de 320 bits y el de ACORN de 293 bits. Puesto que tanto 320 como 293 son mayores que 256, estos dos cifradores tienen adecuada protección contra tal tipo de ataque. Por lo tanto, ambos tienen un estado interno lo suficientemente grande para prevenir ataques de adivinación parcial, pero es lo suficientemente chico para trabajar en entornos con memoria restringida.

3.6.1. Ascon. Ascon es un cifrador-autenticador de tipo cifrador de flujo, propuesto por Christoph Dobraunig, Maria Eichlseder, Florian Mendel y Martin Schlaffer.

En la recomendación primaria la clave, el *nonce* y el *tag* son de 128 bits, y el estado interno de 320 bits.

Su estructura básica es de tipo esponja. La estructura esponja básica, para autenticar, tiene un estado interno, el cual "absorbe" cierto texto dividido en bloques de tamaño *r* menor que el tamaño del estado. Cada uno de esos bloques son mezclados con el estado para lograr el nuevo estado. Luego de la fase de absorción, expulsa la cantidad de texto deseado, en bloques también de tamaño *r*, y entre cada expulsión, se sigue mezclando el estado interno.

Para el caso de un cifrador-autenticador, el esquema se modifica ligeramente: los datos asociados son absorbidos, y luego de eso, se convierte en un cifrador de flujo, expulsando *r* bits del estado interno, haciendo XOR con el correspondiente bloque del texto plano para lograr el bloque del texto cifrado, y absorbiendo el texto cifrado para mezclarlo con el estado. Luego de terminar el cifrado, se hace un procesamiento final del estado, distinto de los procesamientos intermedios, y se

crea el *tag* de autenticación a partir del mismo.

Por motivos de seguridad, es importante que r no sea demasiado cercano a la cantidad de bits del estado interno, pero por otro lado, por motivos de eficiencia se desea que r sea lo más grande posible.

Concretamente, en el caso de Ascon, se toma un estado interno inicial de 320 bits que depende de la clave, del *nonce* y de los parámetros elegidos. Luego, se realiza un XOR con $r = 64$ bits de los datos asociados y se realiza una permutación (la “mezcla”) del estado interno obtenido, luego de lo cual se realiza lo mismo con otros 64 bits de los datos, etc, hasta terminar con los datos asociados, luego de lo cual se le hace un XOR al estado interno con una constante para obtener separación entre datos asociados y datos a ser cifrados.

Luego, se realiza un XOR de 64 bits del estado interno con 64 bits del texto plano, para obtener 64 bits de texto cifrado, los cuales son xoreados con el estado interno, y se realiza la permutación del mismo, luego de lo cual, se expulsan otros 64 bits, etc. (hay otra versión de Ascon en donde $r = 128$ pero nos concentraremos en ésta, que es la más segura).

En otras palabras, si denotamos:

- F a la permutación interna principal.
- F^* es la misma permutación excepto por un cambio de constantes.
- Dado un estado S de 320 bits y un bloque de 64 bits, denotemos por $S \text{ upxor } A$ al resultado de xorear los 64 bits de A a los 64 bits más significativos de S
- Denoteramos simplemente XOR cuando estemos hablando de hacer XOR de dos estados de la misma cantidad de bits.
- $64\text{up}(S)$ son los 64 bits más significativos de S .
- $128\text{down}(S)$ son los 128 bits menos significativos de S .
- $||$ denota concatenación.
- $0\dots 0(n)$ denota una cadena de n ceros.

entonces en la figura 6 se puede ver la estructura de Ascon.

La clave K se usa al principio dos veces, y también al finalizar el procesamiento del texto plano y justo antes de obtener el *tag*. Esto da cierta robustez en caso de un ataque que revele el estado interno durante algún momento del procesamiento, en el sentido que este evento no revela directamente la clave, como podría suceder si la clave sólo se usara en el paso $S = 0x80400c0600000000||K||N$ por ejemplo.

```

Input: clave K de 128 bits
       nonce N de 128 bits
       dato asociado A
       texto plano P

Si A no es vacío, agregar un 1 seguido de ceros
hasta que la longitud sea múltiplo de 64,
y dividir A en s bloques de 64 bits

Sea w la cantidad de bits del último bloque de P.

Agregar a P un 1 seguido de ceros
hasta que la longitud sea múltiplo de 64,
y dividir P en t bloques de 64 bits

//estado interno inicial
S=0x80400c0600000000||K||N
S=F(F*(S))
S=S XOR (0...0(192)||K)

//Absorción de los datos asociados
for (i = 0; i < s; i++){
    S=F(S upxor A[i])
}
//fin absorción, delimitar frontera entre A y P:
S=S XOR (0...0(319)||1)

//cifrado y absorción del texto cifrado
for (i = 0; i < t-1; i++){
    S=S upxor P[i]
    C[i]= 64up(S)
    S=F(S)
}
//el for anterior no procesa el último bloque,
// que se hace en forma distinta
S=S upxor P[t-1]
C[t-1]=w bits más significativos de S.

//Generamos tag T
S=S XOR (0...0(64)||K||0...0(128))
S=F(F*(S))
T=128down(S) XOR K
    
```

Figura 6. Ascon

En el procesamiento de el *tag* y en el inicial, se usa F dos veces (con un cambio en las constantes) para diferenciarse del procesamiento intermedio. Esto, en la variante principal de Ascon. Para otras variantes, hay una ligera diferencia en esto.

La función F consiste en 6 rondas R de procesamiento más simple. Así, $F \circ F^*$ son 12 rondas, con constantes distintas en todas las rondas. En otras variantes, el número de rondas usadas en el procesamiento principal y los iniciales y final varía.

La función de ronda La función de ronda R realiza primero un XOR en una parte del estado con una constante de ronda de 1 byte, que cambia de ronda a ronda.

Luego, realiza un paso de sustitución, que consiste en agrupar los 320 bits en 64 bloques de 5 bits, y a cada bloque de 5 bits, pasarlo por un S-Box 5x5, óptimo respecto de los ataques de criptoanálisis diferencial y lineal.

Esto se realiza eficientemente usando la técnica “*bisllice*” que fue usada en Serpent, aunque en este caso, dado el mayor tamaño del S-Box, se requieren 27 instrucciones para procesarlo. (aunque son bastante paralelizables). Esencialmente, en vez de agrupar los 320 bits en 64 bloques de 5 bits, se agrupan en 5 palabras x_0, x_1, \dots, x_4 de 64 bits, y se realizan ciertas operaciones con esas palabras. Esto hace que se hagan esas operaciones en paralelo en cada uno de los 64 bits, efectivamente realizando un procesamiento paralelo de 64 S-Boxes, ya que son todos iguales.

Luego de este paso substitutivo viene, como siempre, un paso difusivo, donde los cambios locales que se produjeron en el paso substitutivo se difunden a otras partes del estado. Como se esta usando la técnica “*bisllice*”, lo que se desea es que los bits que estaban alineados se “desalineen” para permitir que los cambios en el bit 12, por ejemplo, puedan afectar a otros bits.

Dado que las palabras interactúan entre sí en el paso substitutivo, los autores de Ascon simplemente procesan cada palabra por separado en el paso difusivo, haciendo:

$$x_i = x_i \text{ XOR } \text{Rot}(x_i, c_i) \text{ XOR } \text{Rot}(x_i, d_i)$$

para ciertas constantes c_i y d_i elegidas de forma tal que esa transformación sea inversible.

3.6.2. ACORN. ACORN [32], propuesto por Hongjun Wu, es un cifrador-autenticador de flujo, basado en un estado interno que se actualiza mediante el uso de seis LFSRs y funciones no lineales orientadas a bits.

Su estado interno es de 293 bits y la clave, el *nonce* y el *tag* son de 128 bits.

El estado interno se actualiza en cada paso en cuatro etapas, que detallaremos abajo. La actualización es la misma durante la inicialización, el procesamiento de los datos asociados, el cifrado del texto plano o la generación de el *tag*, salvo por unas constantes que dependen de la etapa en la cual se esté.

Esta actualización usa el estado interno, y un bit externo al estado (que corresponderá a un bit de los datos asociados o del texto plano durante el procesamiento, o bits de la clave o del *nonce* durante la inicialización).

Denotemos por $S = \text{Actualizar}(S, m, a, b)$ al proceso de actualizar S usando un bit externo m y bit constantes a y b .

Las cuatro etapas de la actualización son:

1. Actualización lineal de los LFSRs.
2. Generación no lineal de un bit k a partir de algunos bits del estado.

3. Generación no lineal de un bit f a partir de k y otros bits del estado, con control de algunos bits dependiendo de las constantes a y b .
4. Desplazamiento de los registros y actualización del bit faltante usando f y un bit m externo al estado.

En la etapa de ciframiento, k además se usa para ser xoreado al bit correspondiente del texto plano para obtener el bit correspondiente del texto cifrado. En la etapa de generación de el *tag*, se usa directamente para formar el *tag*. En las otras etapas, luego de ser usado para generar f , se lo descarta.

Los bits m y las constantes a y b son las siguientes, en cada etapa:

- Durante la inicialización, se actualiza el estado 1792 veces (14×128) usando constantes a y b iguales a 1 y como bits m externos, los bits que resultan de concatenar la clave K , el *nonce* N y luego la clave K 12 veces, excepto que además al bit 256 se le hace un XOR con la constante 1 (esto evita la catástrofe de un estado interno nulo si la clave y el *nonce* son ceros).
- Durante el procesamiento de los datos asociados, si hay α bits de datos asociados, se actualiza el estado $\alpha + 256$ veces (en particular, aún si no hay datos asociados, se actualiza 256 veces). Los bits m que se usan son los bits de los datos asociados para las primeras α actualizaciones y luego se usa el bit 1 una vez, y el bit 0 las 255 veces restantes. Las constantes b son todas 1, y las a son 1 para las primeras $\alpha + 128$ actualizaciones y 0 para las 128 restantes.
- Durante el procesamiento del texto plano, si hay β bits de texto plano, se actualiza el estado $\beta + 256$ veces (en particular, aún si no hay texto plano, se actualiza 256 veces). Los bits m que se usan son los bits del texto plano para las primeras β actualizaciones y luego se usa el bit 1 una vez, y el bit 0 las 255 veces restantes. Las constantes b son todas 0, y las a son 1 para las primeras $\beta + 128$ actualizaciones y 0 para las 128 restantes. Además, como dijimos arriba, el bit k que se produce se usa para hacer XOR con el texto plano para obtener el texto cifrado.
- Durante el proceso de generación de el *tag*, se actualiza el estado 768 veces (6×128) siendo los bits m siempre 0, y las constantes a y b siempre 1. La tag son los últimos 128 bits k generados.

Para proveer no linealidad, se usan las siguientes funciones, donde denotamos, dados bits x e y , al AND de x e y como xy y al XOR de ellos como $x \oplus y$.

$$\begin{aligned} M(x,y,z) &= x(y \oplus z) \oplus yz \\ I(x,y,z) &= x(y \oplus z) \oplus z \end{aligned}$$

Denotaremos los LFSRs como L1,L2,...,L6 y por Li[j] al bit jésimo de Lj.

1. L1 es un LFSR de 61 bits.
2. L2 es un LFSR de 46 bits.
3. L3 es un LFSR de 47 bits.
4. L4 es un LFSR de 39 bits.
5. L5 es un LFSR de 37 bits.
6. L6 es un LFSR de 59 bits.

Esto suma 289 bits. Además, hay 4 bits extras que no forman parte de un LFSR, los cuales denotaremos por E[0],...,E[3].

3.6.3. Actualización Lineal de los LFSRs y E. Cada LFSR produce un bit que es usado para cambiar el LFSR inmediatamente superior (o E). Concretamente, en orden:

1. Xor a E[0] el XOR de los bits 0 y 5 de L6.
2. XOR a L6[0] el XOR de los bits 0 y 3 de L5.
3. XOR a L5[0] el XOR de los bits 0 y 6 de L4.
4. XOR a L4[0] el XOR de los bits 0 y 4 de L3.
5. XOR a L3[0] el XOR de los bits 0 y 5 de L2.
6. XOR a L2[0] el XOR de los bits 0 y 23 de L1.

Generación no lineal del bit k

$$k = L1[12] \oplus L4[0] \oplus M(L6[5], L2[0], L5[0]) \oplus I(L6[0], L3[4], L2[5])$$

Observar que se usan bits de todos los LFSRs y además, varios de los bits usados son algunos de los que acaban de ser actualizados en la etapa anterior.

Generación no lineal del bit f

$$f = 1 \oplus L1[0] \oplus L3[0] \oplus M(L6[14], L1[23], L4[6]) \oplus aL5[3] \oplus bk$$

Obsérvese que, al contrario de la generación de k, en este caso NO se usan todos los LFSRs directamente: sólo se usan L1, L3, L4 y L6 y se usa L5 si a = 1 o b = 1 y se usa L2 sólo si b = 1 (indirectamente, por k). Las constantes a y b cambian dependiendo en que etapa de procesamiento (inicialización, procesamiento de datos o cifrado) se esté.

Shift del estado interno

1. Desplazamiento todos los LFSRs y E un bit *downward*, en forma encadenada, es decir, se mira el estado como un conjunto de 293 bits y se hace:

$$\text{for } j = 0 \dots 291 \text{ S}[j] = S[j+1]$$

2. Se reemplaza el bit superior por: $S[292] = f \oplus m$.

Observemos que las constantes b son siempre 1 excepto durante el cifrado. Si miramos la ecuación del cálculo de f, vemos que esto dice que k forma parte del cálculo cuando b = 1 y no forma parte del cálculo cuando b = 0, Es decir que k es usado o bien para cifrar, o bien pasa a formar parte del estado, a través de f.

3.6.4. Comparación entre Ascon y ACORN.

1. Ambos tienen un estado interno lo suficientemente chico como para funcionar adecuadamente en entornos restringidos. El estado interno de ACORN es ligeramente más chico (293 bits contra 320) pero en una implementación además hay que considerar las constantes. ACORN solo tiene un par de constantes que son bits, mientras que Ascon tiene una constante de 64 bits de inicialización, aunque dado que los 32 bits menos significativos son 0, en entornos restringidos sólo es necesario guardar 4 bytes. También tiene 12 constantes de ronda, cada una de 1 byte. Con lo cual Ascon necesita en realidad $320 + 12 * 8 + 4 * 8 = 448$ bits.
2. Ascon está orientado a procesadores de 64 bits pero es muy adaptable a procesadores orientados a bytes o incluso en implementaciones a nivel de bit, dada su implementación *bitsliced* de los S-boxes y que la difusión viene dada simplemente con XORs y rotaciones. ACORN está claramente orientado a bits, incluso con su tamaño interno que es una cantidad impar de bits.

3. ACORN procesa los datos un bit por vez, mientras que Ascon procesa los datos en bloques de 64 bits (128 en otra de las versiones). En el caso de Ascon, esos bits incorporados son mezclados extensivamente con el resto antes de procesar el siguiente bloque; mientras que en ACORN ese bit externo sólo afecta un bit del estado interno. Por otro lado, en Ascon la salida es también de 64 bits, y provienen del mismo sector donde se incorporó el bloque externo, por lo cual requiere que la mezcla con el resto del estado sea profusa. En cambio, la salida de ACORN proviene de una interacción de bits internos que están “lejos” del punto de entrada: ese bit recién afecta la salida luego de 58 actualizaciones del estado interno.
4. En todo cifrador de flujo es indeseable que exista un estado interno que se pueda convertir en un punto fijo, por ejemplo, el estado interno nulo. En el caso de Ascon hay múltiples protecciones para esto: por un lado el uso de las constantes de inicialización y las constantes de ronda evitan esto, pero además, aún sin ellas, la estructura misma de Ascon hace que no tenga puntos fijos, pues, por ejemplo, el S-Box no tiene ningún punto fijo, y en particular el 0 se mapea al 4. En cambio, en el caso de ACORN, al ser una serie de LFSRs encadenados, un estado interno todo nulo es un problema grande pues la estructura interna no permitiría “salir” del mismo. Pero tiene adecuada protección contra esto: por un lado, la clave se usa repetidas veces en la inicialización, pero una de esas veces se usa con un bit cambiado, así que una clave toda nula, o una clave toda nula salvo un bit 1 igual provocaría un estado interno no nulo. Pero además, en el cálculo de f se usa un XOR con la constante 1, que permite que aún si en algún momento se produce un estado interno nulo, en ese momento la f sería 1 y permitiría “salir” de esa situación.
5. Ascon permite cierta flexibilidad en el balance entre área y velocidad, pudiendo tener en hardware un área tan chica como 2500 GE o bien sacrificar área para lograr una velocidad de hasta 13,2 Gbps, o bien algo intermedio como área de 10000 GE con velocidad de 4,9 a 7,3 Gbps. La velocidad de ACORN es comparable, variando entre 3,4 Gbps y 11,3 Gbps dependiendo de cuanto se quiera optimizar la velocidad a costa del área, la cual varía entre 499 y 979 LUTs.
6. Ambos tienen extenso análisis criptográfico, usando componentes bien conocidas y analizadas en la comunidad (LFSRs con extracción no lineal de bits

en el caso de ACORN, y estructura esponja con S-Box y difusión con rotaciones en el caso de Ascon).

4. Conclusiones

Hemos descripto dos claras tendencias existentes en la criptografía simétrica moderna. Por un lado, la tendencia a utilización de algoritmos de tipo AEAD en lugar de la clásica combinación de algoritmos de cifrado y códigos de autenticación de mensajes. Por otro lado, la creciente importancia de la criptografía liviana. Estas dos tendencias se muestran claramente en el reciente llamado de NIST, en el cual justamente se busca estandarizar algoritmos AEAD livianos.

Del análisis de los algoritmos vigentes también pueden deducirse ciertas tendencias:

- En el caso de algoritmos de cifrado de bloques, la necesidad de cifrar mensajes pequeños conduce a bloques más pequeños que en otros dominios. También determina los modos de operación posibles: por lo general se preferirán modos de operación que no requieran la aplicación de relleno.
- Los algoritmos de cifrado de flujo cuentan claramente con ventajas en este sentido.
- Existe una fuerte tendencia al uso de la construcción esponja. Entre las razones para esta tendencia pueden mencionarse:
 - No es necesaria la expansión de la clave, con la consiguiente necesidad de, o bien almacenar la clave expandida, o bien de repetir la expansión en cada bloque.
 - Conduce naturalmente a un esquema que no requiere relleno en el mensaje cifrado, similar a un cifrado de flujo.
 - Permite utilizar técnicas clásicas de cifrados de bloques en la construcción de la permutación (S-Boxes, difusión, etc.)
 - Permite distintos compromisos entre seguridad y recursos mediante la adecuada selección de los parámetros c y r .

Después de la competencia AES, a principios de la década pasada, parecía que poco quedaba por hacer en criptografía simétrica. No solo parecía no haber razones para desarrollar nuevos algoritmos de cifrado de bloques, sino que hasta los algoritmos de cifrado de flujo palidecían en comparación con AES en modo CTR.

Sin embargo, hemos visto que por un lado, no es suficiente contar con un buen algoritmo de cifrado de bloques: también es necesario poder combinarlo adecuadamente con la autenticación. Y por otro lado, existen cada vez más necesidades de algoritmos livianos que cubran nichos para los cuales los requerimientos de AES son excesivos.

Vemos pues que el campo disciplinar es dinámico, y se encuentra en un momento propicio para el trabajo en nuevos algoritmos e ideas innovadoras.

5. Bibliografía

Referencias

- [1] Morris Dworkin. "Recommendations for Block Cipher Modes of Operation". NIST, 2001.
- [2] Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot y Scott A. Vanstone. "Handbook of Applied Cryptography". CRC Press, 1997.
- [3] "FIPS PUB 198-1 "The Keyed-Hash Message Authentication Code (HMAC)". NIST, 2008.
- [4] T. Dierks y C. Allen. "RFC 2246: The TLS Protocol Version 1.0". IETF, 1999.
- [5] T. Ylonen y C. Lonvick. "RFC 4253 The Secure Shell (SSH) Transport Layer Protocol". IETF, 2006.
- [6] Jean-Philippe Aumasson. "Serious Cryptography". No Starch Press Inc., 2018
- [7] Serge Vaudenay. "Security Flaws Induced by CBC Padding Applications to SSL, IPSEC, WTLS...". EUROCRYPT 2002.
- [8] T. Dierks y E. Rescorla. "RFC 4346: The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.1". IETF, 2006.
- [9] Brice Canvel, Alain Hiltgen, Serge Vaudenay y Martin Vuagnoux, "Password Interception in a SSL/TLS Channel". CRYPTO 2003.
- [10] Nadhem J. AlFardan y Kenneth G. Paterson. "Lucky Thirteen: Breaking the TLS and DTLS Record Protocols". 2013
- [11] E. Rescorla. "RFC 8446: The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3". IETF, 2018.
- [12] Damian Poddebniak, Christian Dresen, Jens Müller, Fabian Ising, Sebastian Schinzel, Simon Friedberger, Juraj Somorovsky y Jörg Schwenk. "Efail: Breaking S/MIME and OpenPGP Email Encryption using Exfiltration Channels". 2018.
- [13] T. Dierks y E. Rescorla. "RFC 5246: The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2". IETF, 2008.
- [14] Ted Krovetz y Phillip Rogaway. "RFC 7253: The OCB Authenticated Encryption Algorithm". IETF, 2014.
- [15] D. Whiting, R. Housley y N. Ferguson. "RFC 3610: Counter with CBC-MAC (CCM)". IETF, 2003.
- [16] Morris Dworkin. "Recommendations for Block Cipher Modes of Operation: The CCM Mode for Authentication and Confidentiality". NIST, 2004.
- [17] Morris Dworkin. "Recommendations for Block Cipher Modes of Operation: Galois/Counter Mode (GCM) and GMAC". NIST, 2007.
- [18] Y. Nir y A. Langley. "RFC 8439: ChaCha20 and Poly1305 for IETF Protocols". IETF, 2018.
- [19] Kerry A. McKey, Larry Bassham, Meltem Sönmez Turan y Nicky Mouha. "NISTIR 8114: Report on Lightweight Cryptography". NIST, 2017.
- [20] A. Juels y S.A. Weis. "Authenticating Pervasive Devices with Human Protocols". LNCS 3621, 2005.
- [21] Lily Chen. "Lightweight Cryptography Standards Developed in ISO/IEC SC27". NIST, 2016.
- [22] CRYPTREC. "Cryptographic Technology Guideline (Lightweight Cryptography)". 2017.
- [23] Guido Bertoni, Joan Daemen, Michaël Peeters y Gilles Van Assche. "The Keccak SHA-3 submission". 2011.
- [24] "FIPS PUB 202 SHA-3 Standard: Permutation-Based Hash and Extendable-Output Functions". NIST, 2015.
- [25] "Submission Requirements and Evaluation Criteria for the Lightweight Cryptography Standardization Process", NIST, Agosto 2018.
- [26] A. Bogdanov, L.R. Knudsen, G. Leander, C. Paar, A. Poschmann, M.J.B. Robshaw, Y. Seurin y C. Vikkelsoe. "PRESENT: An Ultra-Lightweight Block Cipher". Proc. 9th International Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES 2007).
- [27] Martin Ågren, Martin Hell, Thomas Johansson y Willi Meier. "Grain-128a: a new version of Grain-128 with optional authentication". International Journal of Wireless and Mobile Computing, 2011.
- [28] Christophe De Cannière y Bart Preneel. "Trivium Specifications". eSTREAM submitted papers, 2005.
- [29] Andrey Bogdanov, Miroslav Knežević, Gregor Leander, Denis Toz, Kerem Varici e Ingrid Verbauwhede. "SPONGENT: The Design Space of Lightweight Cryptographic Hashing". IEEE Transactions on Computers (Volume: 62, Issue: 10, Oct. 2013).
- [30] G. Bertoni, J. Daemen, M. Peeters y G. Van Assche. "Sponge functions". ECRYPT Hash Workshop, 2007.
- [31] Cristoph Dobraunig, Maria Eichlseder, Florian Mendel, Martin Schläffer. "Ascon v1.2 Submission to the CAESAR Competition". 2016.
- [32] Hongjun Wu. "ACORN: A Lightweight Authenticated Cipher (v3)". 2016.

Generador de Código de Estructuras Jerárquicas de Procesos Emparentados en Ejecución Concurrente

Cherencio, Guillermo Ruben; Romero, Juan Carlos; Perello, Mario Gerardo
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta

Abstract

En el contexto de la enseñanza de Sistemas Operativos, la creación de varios procesos emparentados implica para el alumno un desafío cognitivo. Hasta este momento, el alumno sólo había experimentado con la programación y ejecución de un único proceso, pero ahora se encuentra con la problemática de la creación de un proceso que crea procesos emparentados, que se ejecutan concurrentemente y además pueden tener necesidades de comunicación y sincronización entre ellos. A partir de analizar ejercicios de creación de procesos, se tipificaron 4 casos de estructuras jerárquicas de procesos emparentados. Se realizó el desarrollo de un software, que permite generar para cada caso el código en el lenguaje de programación C. El software desarrollado le permite al alumno generar el código, modificarlo, compilarlo y ejecutarlo. Con esta herramienta se pretende ayudar al alumno a superar este desafío cognitivo, facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje de la asignatura Sistemas Operativos; en la comprensión de temas tales como: creación de procesos, comunicación y sincronización de procesos, planificación de procesos. La herramienta desarrollada es de uso libre y se encuentra publicada bajo licencia LPGL.

Palabras Clave

Proceso fork Linux Unix C

1. Introducción

En la Asignatura Sistemas Operativos tenemos una unidad curricular dedicada al estudio de los procesos. En esta unidad es notoria la dificultad de los alumnos para comprender todo lo relacionado con la creación de procesos, utilizando la llamada al sistema *fork*[1].

Consideramos que esta dificultad deriva del hecho de que el alumno tiene – hasta el momento- una visión de la programación centrada en un único

proceso que resuelve un problema determinado. Se trata de la implementación de un algoritmo[2], expresado en algún lenguaje de programación, que más tarde se convertirá en un proceso, el cual describe una traza de instrucciones que tiene un principio y un fin. Su esfuerzo se centra en la correcta implementación de un algoritmo y que la salida del proceso sea la esperada.

La asignatura sistemas operativos propone un cambio de paradigma en la gestión de procesos hasta ahora estudiada por el alumno y el cambio es realmente radical, introduciendo varias dificultades en la programación:

- un proceso es capaz de crear otros procesos idénticos a él, estableciéndose entre ellos una relación jerárquica de tipo padre - hijo
- el proceso creado no es algo estático, sino que el mismo puede comenzar su ejecución ni bien lo disponga el planificador del sistema operativo[3], a partir de la línea de código siguiente a la llamada *fork*
- el proceso creado es copia del proceso creador, incluyendo la información de contexto[4] y sus datos
- la resolución de ciertos problemas pueden requerir comunicación y sincronización entre los procesos[5] creados
- La planificación de ejecución del proceso depende del sistema

operativo y está fuera del control del programador, el orden de finalización de los procesos no está determinado por el programador, en primera instancia

- Los procesos cambian de estado durante la ejecución y pueden pasar a estado *huérfano* o *zombie* [6]

Ahora el alumno tiene que lidiar con varios procesos, que describen distintas trazas de ejecución y emiten distintas salidas en las cuales debe concentrarse. Y todo ello ocurre de forma concurrente, a esto nos referimos como “desafío cognitivo”.

Analizando los ejercicios evaluados en la asignatura en los últimos 10 años referidos a este tema, hemos podido tipificar una serie de casos a los que nos referimos en la siguiente sección.

2. Descripción de Casos

Como se mencionó en el punto anterior, la creación de procesos implica relaciones jerárquicas de tipo padre – hijo, por lo tanto, al tipificar los distintos ejercicios evaluados sobre este tema, podemos enmarcarlos en distintas figuras jerárquicas, las cuales las hemos denominado como: “Creación jerárquica de procesos (caso 1)”, “Creación de procesos en abanico (caso 2)”, “Creación de procesos en forma de árbol balanceado (caso 3)”, “Creación lineal de procesos (caso 4)”.

Los casos se graficarán a través de diagramas de procesos en donde cada nodo representa un proceso. Una línea que conecta un nodo con otro representa una relación jerárquica padre – hijo, los diagramas se leen de arriba hacia abajo, los

procesos hijos se grafican debajo de los procesos padre. Siempre comenzamos con un nodo raíz, que representa el proceso principal que fue ejecutado desde el intérprete de comandos del sistema operativo (*shell*)[7] que denominamos arbitrariamente como “main”. El resto de los procesos los denominamos como p1, p2,.. pN; en donde los nombres de los procesos son unívocos, de esta forma, le damos un nombre lógico a cada proceso que será utilizado por el generador de código y le permitirá al alumno identificar el proceso dentro del código generado. A continuación se describen cada uno de estos casos.

2.1 Creación jerárquica de procesos (caso 1)

Este caso describe a todos los ejercicios en donde se le solicita al alumno una relación jerárquica libre y arbitraria de procesos.

Bajo este caso hemos agrupado a todos los ejercicios que no coinciden con las formas jerárquicas expresadas en los otros casos:

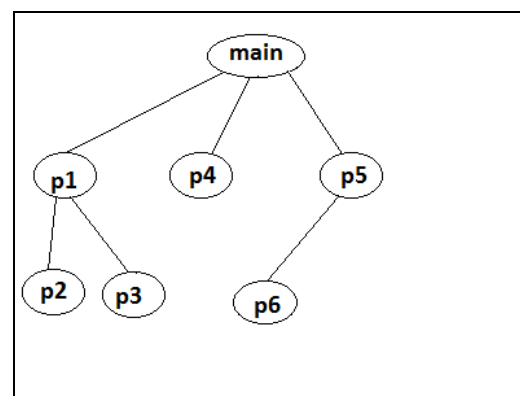


Figura 1. Caso 1.

2.2 Creación de procesos en abanico (caso 2)

Este caso describe a todos los ejercicios en donde se le solicita al alumno la creación de N procesos hijos, en donde todos ellos son hermanos, hijos del proceso "main". Podríamos decir que este es un caso particular del caso 1:

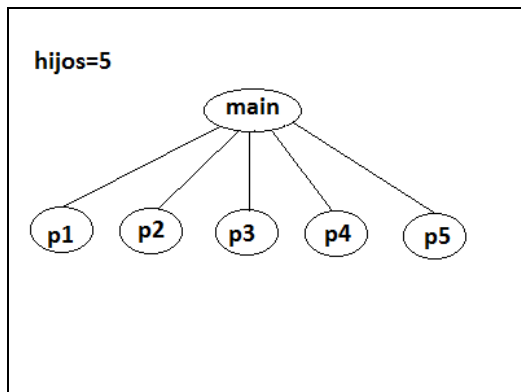


Figura 2. Caso 2.

Este caso describe a todos los ejercicios en donde se le solicita al alumno la creación de N procesos, en donde cada proceso tiene un solo hijo (excepto el último proceso). Podríamos decir que este es un caso particular del caso 1:

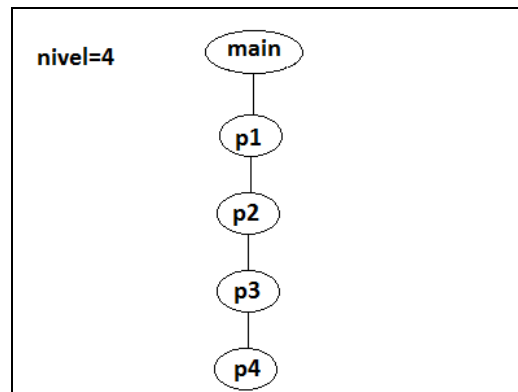


Figura 4. Caso 4.

2.3 Creación de procesos en forma de árbol balanceado (caso 3)

Este caso describe a todos los ejercicios en donde se le solicita al alumno la creación de procesos bajo una forma de árbol balanceado, en donde cada nodo o proceso tiene un número fijo de procesos hijos y a su vez, el árbol tiene un número fijo de niveles. Podríamos decir que este es un caso particular del caso 1:

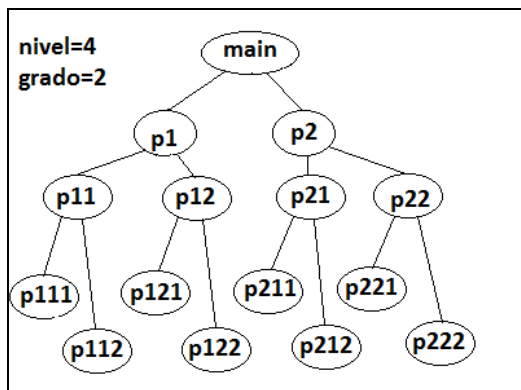


Figura 3. Caso 3.

2.4 Creación lineal de procesos (caso 4)

3. Análisis de Casos

El objetivo de este trabajo es crear un software educativo que pueda ser utilizado por el alumno para generar el código, compilar y ejecutar cada uno de los cuatro casos presentados. El software tendrá una interfaz gráfica y está orientado a sistemas operativos que dispongan de la llamada al sistema *fork* para la creación de procesos.

En cada diagrama -en el ángulo superior izquierdo- se ha indicado para los casos 2, 3 y 4 los parámetros que deberán ser ingresados como entrada del proceso de generación de código. Para el caso 1, hemos considerado que el parámetro de entrada es la estructura jerárquica en sí misma.

En el análisis de los casos también debemos considerar qué tarea realizará cada proceso creado, se han identificado 3 posibles tareas a realizar que describimos a continuación:

- **“while(1);”** : los procesos emitirán un mensaje por pantalla indicando su nombre lógico único, el número de proceso (*process id*, *PID*) de su proceso padre, su propio número de proceso y luego de ello, ingresarán en un loop infinito (*while(1);*) que impedirá la finalización del proceso, pero ello permitirá que el alumno visualice correctamente en la consola todos los mensajes enviados por los procesos
- **“wait();”**: además de emitir los mensajes de identificación de proceso, también se le solicita al alumno una sincronización mínima entre procesos, de manera tal, que no quepa la posibilidad de generar procesos *zombies* ni *huérfanos*. Esta sincronización permitirá establecer un orden de finalización de procesos, en donde el proceso “main” será el último en finalizar
- **“exec();”**: se le solicita al alumno que cada proceso creado se transforme en otro proceso, a través de otra llamada al sistema (familia de funciones *exec()*[8], es posible transformar al proceso creado en otro proceso

Para el caso 1, es posible solicitar al alumno “while(1);”, “wait();” y “exec();”.

Para el caso 2, es posible solicitar al alumno “while(1);”, “wait();” y “exec();”.

Para el caso 3, es posible solicitar al alumno “while(1);”, “wait();” pero no es lógicamente posible solicitar “exec();”.

Para el caso 4, es posible solicitar al alumno “while(1);”, “wait();” pero no es lógicamente posible solicitar “exec();”.

Las combinaciones entre los casos y el tipo de tarea a realizar por los procesos,

deben considerarse en el diseño del software propuesto.

3.1 Desarrollo del software propuesto

El software se desarrolló en lenguaje de programación Java®[9] y se lo denominó como “Fork Generator”, la interfaz gráfica se desarrolló con el framework Java Swing[10]; es muy simple de utilizar, el usuario debe seleccionar el caso, ingresar los parámetros de entrada del mismo, seleccionar la tarea a realizar por cada proceso creado y luego presionar el botón “C” para generar el código en el lenguaje de programación C[11]. El código generado se mostrará en un área de texto que le permitirá al alumno visualizarlo o modificarlo. Luego se puede presionar el botón “!” para lanzar la compilación y ejecución del código que se realizará en una nueva terminal para que el alumno pueda apreciar la salida de todos los procesos en una única ventana:

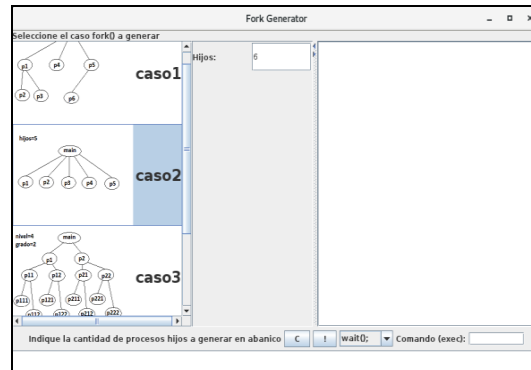


Figura 5. Interfaz Gráfica Fork Generator.

Para el caso 1 se utilizó el componente Swing JTree[12] permitiendo al usuario agregar los procesos en la posición jerárquica que desee utilizando las teclas “+” para agregar y “-” para quitar:

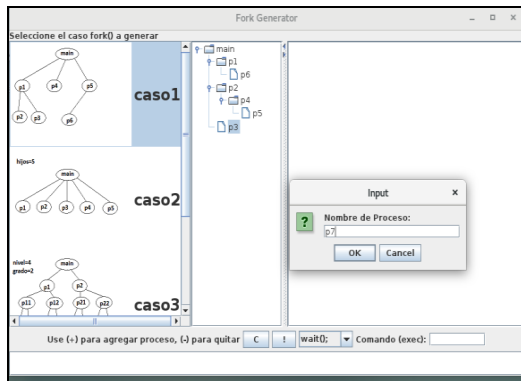


Figura 6. Fork Generator, Caso 1.

Aquí podemos apreciar la ejecución de un caso:

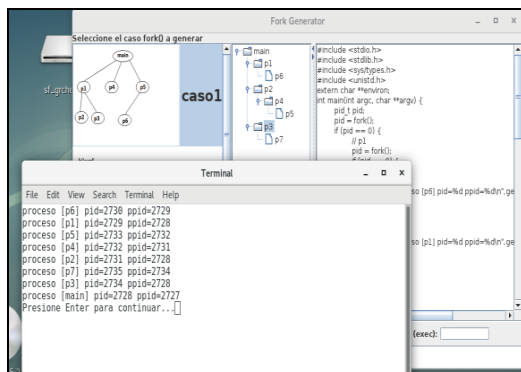


Figura 7. Fork Generator, Ejecución.

El software puede funcionar en cualquier plataforma en donde se instale Java Runtime Environment (J2RE) [13], no obstante, para ejecutar el código generado requiere de una plataforma Unix® o Linux que disponga del compilador lenguaje C gcc [14] instalado y el comando x-terminal-emulator [15]. El software ha sido desarrollado y probado en plataforma Linux Debian 9 32 bits [16], se distribuye bajo licencia LGPL [17] y puede ser descargado desde <http://www.grch.com.ar/docs/soft/forkgen/>.

4. Resultados

Se considera que el proyecto ha alcanzado el objetivo propuesto.

El software ha sido utilizado por los alumnos que este año están cursando la Asignatura Sistemas Operativos de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta. Se hizo énfasis en obtener comentarios por parte de los alumnos que habían tenido dificultades en el primer parcial en donde se evaluaron estos conceptos (y aún no estaba disponible esta herramienta) y ello nos alienta a utilizar la herramienta desde el comienzo del próximo ciclo lectivo, esperando que el uso de la misma permita un mejor rendimiento académico de los alumnos.

Se hicieron pruebas generando cada una de las combinaciones posibles que tiene el software, se han depurado todos los errores encontrados, el software está disponible para su uso productivo. Los tiempos de generación de código y ejecución son adecuados. El software exporta el código generado para su uso por fuera de la herramienta.

Se requiere contar con una estrategia pedagógica en la inserción del uso de esta herramienta, en el contexto del dictado de la asignatura. La herramienta no sólo tiene impacto en el proceso de enseñanza – aprendizaje de los alumnos sino también en la sistematización de ejercicios, su evaluación y corrección.

5. Discusión

Se espera que luego de la publicación y difusión del software se cuente con información por parte de usuarios que comiencen a usarlo. La interfase está en idioma español, su traducción a otros idiomas puede facilitar el acceso a una comunidad de usuarios más amplia.

Las pruebas se han realizado sobre plataforma Linux Debian 9 de 32 bits, utilizando openjdk-8[18], se espera que la comunidad de usuarios permita ampliar la prueba a otras plataformas. El software puede ejecutarse en Windows® aunque sólo para generar código, no es posible compilarlo y ejecutarlo debido a inexistencia de la llamada al sistema *fork* en Windows®.

Se ha generado un código compacto, teniendo en cuenta la complejidad de la aplicación, permite un trabajo interactivo fluido con el usuario y los requerimientos de hardware son idénticos al requerimiento de Java JRE® versión 8. Las pruebas de sucesivas ejecuciones no permiten apreciar una degradación en la performance del sistema.

La estrategia pedagógica de inserción de esta herramienta en la asignatura debe evitar caer en la mera memorización de algoritmos por parte de los alumnos, debe facilitar al alumno alcanzar la comprensión con respecto a la creación de procesos emparentados concurrentes.

6. Conclusión y Trabajo a Futuro

Se ha logrado concebir un software que puede ser una herramienta valiosa en el aprendizaje de la programación de procesos emparentados concurrentes, que suele presentar dificultad en los alumnos que cursan la asignatura Sistemas Operativos en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.

La herramienta por sí sola no resuelve el problema de rendimiento académico de los alumnos, requiere de una estrategia pedagógica para su correcta inserción en la asignatura con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos hasta el momento.

El software también puede utilizarse en aplicaciones comerciales, para la generación de código, en el desarrollo de este tipo de procesos y en la comparativa de rendimiento de procesos de este tipo, a partir de distintas estructuras jerárquicas.

Este trabajo abre nuevas líneas de investigación en cuanto a:

- diseño de una estrategia pedagógica para la inserción de esta herramienta en el contexto de las prácticas de la asignatura
- mejoras que puedan introducirse al software
- generación de código para otros lenguajes de programación
- ampliación de idiomas de la aplicación
- distribución en repositorios de aplicaciones de alcance global
- estudios cognitivos en cuanto a las estructuras jerárquicas de estos procesos y las dificultades que tienen los alumnos en su resolución
- cambios en la arquitectura de la aplicación: por ejemplo, si es posible su versión para dispositivos móviles; si es posible una versión orientada a internet o intranet

7. Agradecimientos

A los alumnos que actualmente cursan la Asignatura Sistemas Operativos, de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta, por su participación en el uso del software “Fork Generator”. A los alumnos que ya cursaron esta Asignatura, por compartir sus dificultades en este tema.

8. Referencias

- [1] Tanenbaum Andrew S, Sistemas Operativos Modernos, 3ra Edición, Pearson Educación, México, 2009, ISBN 978-607-442-046-3, pp. 86-88
- [2] Aho, Alfred V.; Hopcroft, John E.; Ullman, Jeffrey D., Estructuras de datos y algoritmos. México: Addison Wesley, 1998, pp. 2-4.
- [3] Stallings William, Sistemas Operativos, Pearson Educación, Madrid, 2005, ISBN 978-84-205-4462-5, pp. 402-408
- [4] Deitel, Harvey M., An introduction to operating systems, Addison-Wesley, ISBN 0-201-14502-2. pp. 57-58
- [5] Stevens Richard W., Rago Stephen A., Advanced Programming in the Unix® Environment, Third Edition, Addison-Wesley, 2013, ISBN 978-0-321-63773-4, pp. 533-588
- [6] Silberschatz Abraham, Galvin Baer Peter, Gagne Greg, Operating System Concepts, Ninth Edition, Wiley, 2013, ISBN:978-1-118-06333-0, pp. 121-122
- [7] Burgess, Mark, The Unix Programming Environment, Centre of Science and Technology, Faculty of Engineering, Oslo College, Edition 2.2, 2001, pp. 19-25
- [8] Execvp, Linux Man Pages, disponible en <https://www.systutorials.com/docs/linux/man/3-execvp/>
- [9] Lenguaje de Programación Java, Oracle Corporation, disponible en https://www.java.com/es/download/faq/whatis_java.xml
- [10] O'Conner, John, Using the Swing Application Framework (JSR 296), Oracle Corporation, 2007, disponible en <https://www.oracle.com/technetwork/articles/java/wingappfr-136951.html>
- [11] Kernighan Brian W., Ritchie Dennis M, El Lenguaje de Programación C, Segunda Edición, Pearson Educación, ISBN 968-880-205-0
- [12] Java Tutorials, Using Swing Components, Oracle Corporation, disponible en <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/components/tree.html>
- [13] Java Runtime Environment, Oracle Corporation, disponible en <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html>
- [14] GCC, GNU Compiler Collection, Free Software Foundation, disponible en <https://gcc.gnu.org/>
- [15] x-terminal-emulator, gnome-terminal, manual page disponible en <https://helpmanual.io/man1/x-terminal-emulator/>
- [16] Linux Debian, The Universal Operating System, disponible en <https://www.debian.org/>
- [17] Free Software Foundation, GNU Lesser General Public License, Version 3, June 2007,

disponible en <https://www.gnu.org/licenses/lgpl-3.0.en.html>

[18] OpenJDK, Oracle Corporation, 2018, disponible en <http://openjdk.java.net/>

Datos de Contacto:

Cherencio, Guillermo Ruben. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Delta. San Martín 1171, CP 2804, Campana, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. E-mail: grchere@yahoo.com ; Romero, Juan Carlos E-mail: juancarlosromer@gmail.com ; Perello, Mario Gerardo E-mail: mperello04@yahoo.com.ar

ATENOS: Un Programa para Mejorar la Seguridad en WSDL

Agustín Ferrari, Edgardo Bernardis, Mario Berón, Hernán Bernardis,
Maria Joao Tinoco Varanda Pereira, Miguel Bustos, Daniel Riesco

*Departamento de Informática
Universidad Nacional de San Luis
Ejército de los Andes 950, San Luis, Argentina
Departamento de Informática e Comunicações
Instituto Politécnico de Bragança
Bragança, Portugal*

*{ebernardis, mberon, hbernardis, driesco}@unsl.edu.ar,
{ferrariagustin93, miguelbsts}@gmail.com, mjoao@ipb.pt*

Abstract

Con el crecimiento de internet y las distintas dinámicas de la sociedad actual, ha cambiado en gran medida la forma de interactuar e intercambiar información entre las personas y las empresas. Este intercambio se vuelve blanco de ataques por parte de todos aquellos actores que quieren obtener información útil y valiosa a sus propios intereses o de terceros. Ante este panorama se vuelve imperioso implementar todo tipo de medidas y acciones tendientes a evitar estos ataques, por tal motivo nace lo que se denomina Seguridad Informática. Toda acción, herramienta o metodología enfocada a evitar, contrarrestar o retrasar ataques contra activos sensibles juega un rol sumamente importante para los diversos actores.

Por lo antes explicado, se describe en este artículo una herramienta cuyo principal objetivo es desarrollar e incrementar el nivel de seguridad de Servicios Web.

1. Introducción

Actualmente se están popularizando los Web Services como artefactos de software a partir de los cuales se pueden construir sistemas más complejos. Según la W3C, un Web Service es: “Una aplicación de software identificada por una URI, cuya interface y enlaces son capaces de ser definidos, descritos y descubiertos como artefactos XML. Un web service soporta interacción directa con otros agentes de software usando mensajes basados en XML intercambiados a través de protocolos basados en internet”. Muchas organizaciones construyen sus sistemas basándose en una arquitectura orientada a

servicios web, algunos de ellos se publican al resto del mundo de manera libre, mientras que otros son utilizados de manera interna por sus equipos de desarrollo. Esto permite que cada equipo de desarrollo elija la arquitectura que desee para construir sus proyectos sin afectar la vinculación con el resto del sistema y/o proyectos. La interacción entre proyectos se convierte en un intercambio de mensajes con la información necesaria dentro, sin la necesidad de vinculación a nivel de arquitectura subyacente más que la necesaria a la invocación de los servicios web.

Construir un Web Service y que pueda ser utilizado por cualquier otra persona u organización en el mundo ha sido posible debido a la creación de estándares y lenguajes formales para la definición de los mismos.

Todo Web Service posee una especificación que provee la información necesaria para invocarlo. Uno de los estándares de descripción más conocido es WSDL (Web Service Definition Language) [15]. Las especificaciones WSDL son un dialecto XML, con reglas bien definidas para especificar cada componente del WS. Cuántos parámetros recibe y de qué tipo son, qué datos retorna y de qué tipo, qué protocolo de internet usa para su comunicación, qué operaciones posee, son entre otras tantas, características del WS que se encuentran especificadas en su WSDL asociado.

Así como el archivo WSDL sirve para que un agente de software o persona pueda interpretarlo para usar el servicio web que describe, también puede dar información a personas no deseadas o incluso exponer vulnerabilidades. Más aún si se considera que existen herramientas que generan los WSDLs de manera automática para un servicio web, con lo cual el nivel de

atención a la información que se publica no siempre se encuentra bajo un estricto control. Esto se vuelve más importante para aquellos casos en donde los servicios web pertenecen a bancos, tarjetas de créditos, servicios de compra/venta online, entre otros. Incluso también para los servicios web que no se publican, son privados y necesitan mayor control y seguridad como los que pertenecen a empresas privadas y redes militares.

Empresas competidoras pueden aprender el know-how y conseguir copiar el diseño para ofrecer servicios similares y competitivos. Pero no solo se trata de competencia, los ataques de seguridad como espionaje de información, suplantación de clientes, inyección de comandos y denegación de servicio también son posibles ya que los atacantes pueden aprender sobre los datos intercambiados y los patrones de invocación de los documentos WSDL. Si bien la legibilidad de las descripciones de los servicios hace que los servicios web sean reconocibles, también contribuye a la vulnerabilidad del servicio [16]. Todos contienen información formal (código fuente) e informal (identificadores, comentarios, documentación, etc.) y es en este tipo de información en donde los atacantes hacen foco para obtener información beneficiosa a sus propósitos. Suena lógico entonces incrementar la seguridad que posee un determinado WSDL para evitar e impedir los ataques.

2. Seguridad

Con los avances de la tecnología, sobre todo en el ámbito de internet, se vuelve sumamente importante y necesario la protección de todo tipo de información. En la actualidad, es realmente alta la cantidad de delitos que se llevan adelante en contra de información personal o de empresas. Todo tipo de información es valiosa, ya sea desde simples datos personales hasta sistemas y bases de datos empresariales.

Con el auge de internet, el intercambio de archivos se ha vuelto un punto esencial en la sociedad actual. Los consumidores intercambian información no sólo entre ellos sino también con los vendedores. Para el intercambio de información se utilizan diferentes medios entre los que se pueden mencionar redes sociales, correo electrónico, sistemas punto a punto, pagos online, juegos. Todo esto se fundamenta en la confianza y el correcto funcionamiento del software y del hardware subyacente a dicho proceso.

Por lo antes mencionado es que surge lo que se conoce como Seguridad Informática (SI). Existen diversas definiciones de SI, en el caso de este trabajo, se adhiere a la siguiente definición de SI: *Preservación de la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información en el Ciberespacio. A su vez, el Ciberespacio se define como el entorno complejo que resulta de la interacción de las personas, software y*

servicios en Internet por medio de redes y dispositivos tecnológicos conectados a él, y que no existe en ninguna forma física [1].

La información es un conjunto organizado de datos, que cambia su enfoque y su estado de conocimiento dependiendo del ámbito en la que se la utilice. Por ejemplo, si la información se conceptualiza bajo el punto de vista de la ingeniería es el estudio de las características y estadísticas del lenguaje que permite su análisis desde un enfoque matemático, científico y técnico. Desde el punto de vista de una empresa es el conjunto de datos propios que se gestionan y mensajes que se intercambian personas y/o máquinas dentro de una organización [2].

La información se ve afectada por muchos factores, motivo por el cual se vuelve importante su seguridad. De aquí que Seguridad de la Información es: *una disciplina, cuyo principal objetivo es mantener el conocimiento, datos y sus significados libres de eventos indeseables, tales como el robo, espionaje, daños, amenazas y otros peligros. La Seguridad de la Información incluye todas las acciones tomadas con anticipación, para evitar eventos no deseados* [3].

El objetivo de la SI es obtener un nivel aceptable de seguridad, entendiéndose por aceptable un nivel de protección suficiente para que la mayor parte de potenciales intrusos, interesados en los equipos con información de una organización o persona, fracasen en cualquier intento de ataque contra los mismos. Asimismo, se encarga de establecer los mecanismos para registrar cualquier evento fuera del comportamiento normal y tomar las medidas necesarias para re-establecer las operaciones críticas a la normalidad [4].

Los principios generales de la seguridad de la información [5, 6] son:

- **Integridad:** implica que debe salvaguardarse la totalidad y la exactitud de la información que se gestiona. A su vez, puede incluir:
 - **Autenticidad:** autoría indiscutible. Definir que la información requerida es válida y utilizable en tiempo, forma y distribución.
 - **No Repudio:** la seguridad de que una parte no puede negar posteriormente los datos de origen; suministrando la prueba de integridad y el origen de los datos, y que puede ser verificado por un tercero. Evitar que cualquier entidad que envió o recibió información alegue, ante terceros, que no la envió o recibió.
- **Confidencialidad:** implica que debe protegerse la información de forma tal que sólo sea conocida y accedida por las personas

autorizadas y se la resguarde del acceso de terceros.

- Disponibilidad: implica que debe protegerse la información de forma tal que se pueda disponer de ella para su gestión en el tiempo y la forma requerida por el usuario.

El punto o centro de ataque a la seguridad informática se da en una Vulnerabilidad: *debilidad de un activo o control que puede ser explotado por una o más amenazas* [7]. La presencia de una vulnerabilidad no puede causar daño en sí misma, ya que es necesario que exista una amenaza que la aproveche. Una vulnerabilidad que no tiene una amenaza, puede no requerir la aplicación de un control, pero debe ser reconocida, supervisada y, en lo posible, eliminada.

Las amenazas surgen a partir de la existencia de vulnerabilidades, es decir que una amenaza sólo puede existir si existe una vulnerabilidad que pueda ser aprovechada, independientemente de que se comprometa o no la seguridad de un sistema de información. Una amenaza se puede definir [8] como: *cualquier elemento o acción que es capaz de aprovechar una vulnerabilidad y comprometer la seguridad de un sistema de información.*

Las amenazas se pueden clasificar o dividir en dos tipos; las intencionales, en caso de que deliberadamente se intente producir un daño (por ejemplo el robo de información). Las no intencionales, en donde se producen acciones u omisiones de acciones que si bien no buscan explotar una vulnerabilidad, ponen en riesgo los activos de información y pueden producir un daño (por ejemplo las amenazas relacionadas con fenómenos naturales).

3. Ofuscación

Según el Diccionario de la Real Academia [9], ofuscar significa deslumbrar, turbar la vista, oscurecer, trastornar o confundir las ideas. Es decir, se refiere a encubrir deliberadamente el significado de alguna cosa haciéndola más confusa y complicada de interpretar, evitando la comprensión de la misma. La palabra ofuscación fué elegida para esta actividad porque connota oscuridad, ininteligibilidad y desconcierto, y porque ayuda a distinguir este enfoque de otros métodos. La ofuscación se puede comparar con el camuflaje, aunque este último a menudo se considera una herramienta para la desaparición total [10].

3.1. Ofuscación de Código

La ofuscación de código es un conjunto de transformaciones que convierte un programa en uno funcionalmente equivalente, pero ininteligible haciendo difícil su entendimiento y aplicarle ingeniería inversa. La

ofuscación de código aplica una o más transformaciones de código que hacen que el código sea más resistente al análisis y la manipulación, pero preservan su funcionalidad [11].

La ofuscación de código es un área rica para la exploración de la ofuscación en general, la cual está progresando hacia sistemas que son relativamente fáciles de usar y enormemente difíciles de vencer. Esto es incluso aplicable al hardware en el cual se están utilizando componentes dentro de los circuitos para crear una “ofuscación lógica” con el fin de evitar la ingeniería inversa de la funcionalidad de un chip [12].

3.1.1. Transformaciones de Código. La investigación sobre protección de software ha aumentado de forma constante en la última década. La compilación de código se ha convertido en mucho más que solo traducir un programa de computadora en uno ejecutable. Por lo general los programas se escriben en un lenguaje de alto nivel dadas las ventajas que estos ofrecen. Sin embargo tiene ciertas desventajas que hacen que la compilación de código incluya implícitamente numerosas técnicas de optimización, que van desde eliminar código muerto, asignación de registros óptima y asignaciones eficientes al objetivo conjunto de instrucciones de la arquitectura [11]. Y es en estas etapas de compilación y/o desarrollo de software en donde se pueden realizar y aplicar distintas transformaciones de código.

Se han desarrollado muchas técnicas para maximizar la ofuscación de código, de las distintas partes que componen un programa, de tal manera que su análisis sea sumamente difícil. Algunas tan simples como codificar el nombre de los identificadores, pero la ofuscación de código ofrece muchas más posibilidades y variedades. Una buena ofuscación se compone de una o más transformaciones de código que transforman un programa de tal forma que resulta más difícil aplicarle ingeniería inversa. La única restricción para estas transformaciones, sean manuales o automatizadas, es preservar la funcionalidad original del programa.

Las transformaciones de código para ofuscar un programa se pueden dividir en cuatro clases principales [13], estas son:

- Transformaciones Léxicas o de Diseño: afectan la información en el código que es innecesaria para su ejecución y que reduce la información disponible para un lector humano. Ejemplo de esto es la codificación de nombres, la eliminación de comentarios, etc.
- Transformaciones de Flujo de Control: actúan modificando el flujo de control del programa.
- Transformaciones de Flujo de Datos: operan sobre las estructuras de datos usadas en el programa.

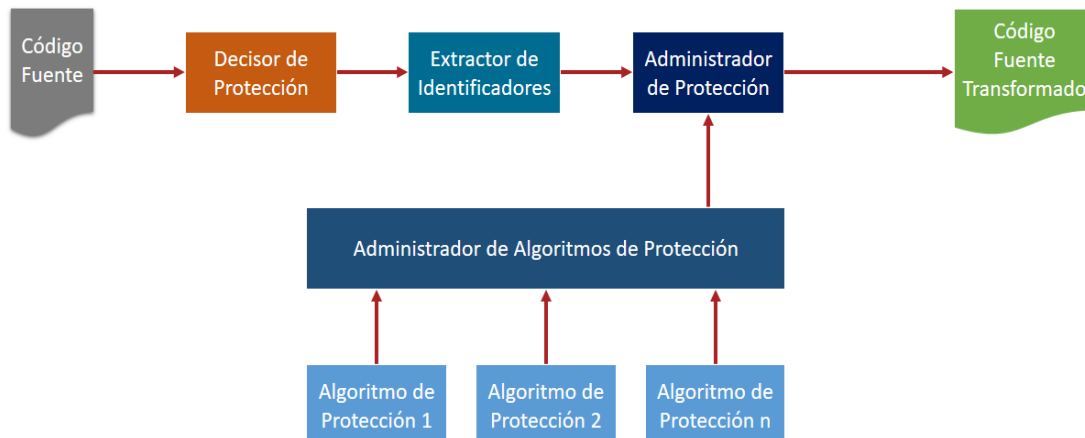


Figura 1

- Transformaciones Preventivas: intentan detener el funcionamiento correcto de los compiladores o desofuscadores de código.

4. Trabajos Relacionados

Antes de describir la herramienta que hace a esta investigación, es importante detallar que otras soluciones se encuentran en la bibliografía respecto de la temática planteada.

Muchas investigaciones se concentran en el nivel de seguridad de los mensajes donde los mensajes SOAP son transferidos entre un Servicio Web y sus clientes [18].

El framework SOA básico no posee una seguridad adecuada y las implementaciones de seguridad disponibles dependen del propietario del framework.

En el caso de los WSDL solo unos pocos investigadores han propuesto soluciones de seguridad para contrarrestar los ataques. Algunos proponen un modelo para encriptar documentos WSDL para manejar los problemas de seguridad [19], afirmando que es adecuado para servicios web que tienen reglas críticas para definir políticas de seguridad organizacional. Otro propone un framework de seguridad para proteger WSDL usando estándares de seguridad de servicios web incluyendo cifrado XML y firmas digitales XML [20].

En mayor o menor medida las soluciones propuestas giran en torno a frameworks y/o utilizan métodos de encriptación para los archivos WSDL, pero lo más marcado de la situación es que no hay tanta investigación o propuestas para mejorar la seguridad en WSDLs.

5. Herramienta

En esta sección se describe ATENOS (AuTomatic ENcryption Ofuscation System) una herramienta cuyo principal objetivo es mejorar la seguridad de Servicios Web basados en WSDL.

5.1. Arquitectura

Como se observa en la Figura 1, ATENOS se compone o divide arquitecturalmente en las siguientes componentes:

- Decisor de Protección.
- Extractor de Identificadores.
- Administrador de Protección.
- Administrador de Algoritmos de Protección.

Cada una de estas partes tienen un rol y funcionalidad marcada y diferenciada del resto. Cada una de estas componentes se explican a continuación.

5.1.1. Decisor de Protección. En este punto la herramienta puede tomar dos caminos diferentes en su ejecución. El software realiza un profundo análisis sobre el WSDL a fin de detectar si contiene la clave de seguridad que indica su estado de protegido o desprotegido. En el caso de estar desprotegido, se da comienzo al proceso de protección mediante el módulo de extracción de identificadores. De otro modo, si el WSDL contiene la clave, ATENOS toma otro rumbo que desemboca en el proceso de desprotección del documento, volviendo a su estado original.

5.1.2. Extractor de Identificadores. Para poder aplicar técnicas que incrementen la seguridad de un servicio web, es necesario primero extraer información del mismo. Las modificaciones a realizar deben ser muy precisas y específicas para no introducir errores que cambien la lógica o funcionamiento del servicio web. Las técnicas de extracción de información juegan un papel fundamental debido a que su nivel de precisión en la información a extraer determina en gran medida el éxito o no del proceso. Si se desea modificar el nombre de un identificador pero la modificación se aplica a una etiqueta reservada del WSDL, el proceso no solamente es erróneo sino que generará un WSDL incompleto e incluso un archivo XML mal formado por poseer etiquetas que no cierran.

En el caso particular de este trabajo, se utilizan los reconocidos parsers DOM (Document Object Model) cuya efectividad se encuentra más que comprobada y, al ser específicos para archivos XML, su aplicación es prácticamente directa. Estos parsers construyen el árbol de sintaxis abstracta AST (abstract syntax tree) de un documento XML con un nivel de información elevado evitando la pérdida de tiempo en la creación de un parser para XML. Cada nodo del árbol posee información de las etiquetas del XML y aplicando diferentes recorridos al AST se logra extraer la información que se desea. Luego, esta información se analiza, se modifica (o no) y se guarda nuevamente en el AST.

Un recorrido completo final del árbol genera el WSDL modificado.

5.1.3. Administrador de Protección. Toda aplicación web está conformada por distintos tipos de información, tanto formal como informal. En base al análisis detallado de la misma es posible definir estrategias que permitan subsanar las vulnerabilidades y proteger las partes que se consideren susceptibles de ataques [14].

Utilizando la información extraída del WSDL en la parte de extracción de información (Extractor de Identificadores) se pueden manipular diferentes partes del mismo para mejorar su seguridad. Esto se puede lograr mediante la utilización de funciones de ofuscación al realizar las modificaciones y/o transformaciones necesarias que aumentaran el nivel de seguridad. Estas transformaciones pueden ser sobre partes específicas del WSDL (identificadores, operaciones, etc.) o en la totalidad del mismo. Dichas modificaciones dependen del nivel de seguridad deseado, partiendo de un nivel básico en donde se ofuscan partes específicas del WSDL, como por ejemplo el nombre de las operaciones, hasta llegar a un nivel máximo en donde se realiza una transformación completa del WSDL.

Este módulo se encarga de aplicar los algoritmos (propios como agregados) que mejoran la seguridad de los WSDLs según el criterio elegido por el usuario. Cada

algoritmo disponible para aplicar tendrá su propia técnica o metodología, en el caso de los algoritmos nativos de ofuscación provistos junto con la herramienta utilizan como método para proteger la información Transformaciones Léxicas o de Diseño. Esto se debe a que dichas transformaciones se aplican sobre nombres; como se está trabajando con WSDLs cuyo lenguaje base es el XML, el cual es un lenguaje de transporte de datos y en el caso de los WSDL la mayoría de la información son Tags con información y nombres.

En el caso de los algoritmos personalizados por el usuario pueden utilizar las técnicas que consideren necesarias. Pero más allá que el sistema está enfocado en la ofuscación como técnica para mejorar la seguridad, el sistema está preparado para aplicar incluso algoritmos de encriptación. El sistema brinda la posibilidad de aplicar el paso inverso necesario en toda encriptación, es decir, si se aplicó un algoritmo de encriptación a un WSDL, el sistema permite aplicar la desencriptación del mismo archivo.

La herramienta permite ofuscar Tags WSDL predefinidos, la ofuscación puede realizarse sobre alguno en particular o en combinación de todos ellos. Los Tags WSDL que la herramienta da como opción para asegurar son:

- Operaciones.
- Puertos.
- Servicios.
- Direcciones.

5.1.4. Administrador de Algoritmos de Protección. La herramienta por sí misma cuenta con algoritmos de ofuscación propios para incrementar la seguridad de un WSDL, los cuales no se pueden modificar o eliminar de la herramienta. Sin embargo ATENOS cuenta con un componente particular que permite administrar los algoritmos de seguridad que se pueden utilizar a la hora de incrementar la seguridad de un WSDL. Agregar, modificar y eliminar nuevos algoritmos en la herramienta son las funcionalidades que brinda este módulo particular. Esta característica la distingue entre otras herramientas similares, ya que dentro de la bibliografía consultada, los algoritmos o metodologías son acotados a los provistos por los desarrolladores de la misma sin proveer un mecanismo para agregar algoritmos de terceros.

Es importante notar que a la hora de realizar la protección del documento, el usuario debe seleccionar el algoritmo que desea usar para proteger el WSDL. Estos algoritmos pueden cambiar en ejecución debido a que el módulo de Administrador de Algoritmos de Protección permite incorporar nuevos algoritmos propuestos por el usuario, por lo tanto, a la hora de seleccionar un algoritmo y utilizarlo, no es posible crear directamente

un objeto de la clase algoritmo seleccionado, ya que si el usuario selecciona un algoritmo que él creó, no se puede conocer el nombre exacto para crear un objeto de esa clase. Por lo tanto, como es necesario un objeto de el algoritmo (Clase) que el usuario selecciona se hace uso de la Reflexión.

La Reflexión es: *la capacidad integral de un programa para observar o cambiar su propio código, así como todos los aspectos de su lenguaje de programación (sintaxis, semántica o implementación), incluso en tiempo de ejecución. Se dice que un lenguaje de programación es reflexivo cuando proporciona a sus programas la capacidad de reflexión* [17]. La palabra integral es muy importante, la verdadera reflexión no impone límites a lo que un programa puede observar o modificar. Sin embargo la reflexión que se lleva adelante en Atenos solo se circunscribe a este módulo. Esto es no sólo por motivos de seguridad, sino también por el hecho de que es necesaria solo en este ámbito del sistema; por lo tanto es innecesaria incluirla en todo el programa.

En el caso de la eliminación, la tarea es directa y trivial, sólo basta con seleccionar y eliminar el algoritmo deseado. Una explicación más detallada merece el agregado o modificación de algoritmos.

Al momento de agregar un nuevo algoritmo es necesario cumplir con unos pasos específicos de la herramienta para que luego su funcionamiento y utilización sea correcta. Al agregar algoritmos, el sistema necesita de forma obligatoria el nombre del algoritmo y de forma opcional la descripción del mismo. Acto seguido el sistema automáticamente crea un "algoritmo" con la estructura necesaria para poder ser incorporado. Este es agregado y visualizado en la tabla de algoritmos y marcado como disponible para su utilización ya que no posee errores de compilación.

Una vez hecho esto, el usuario debe modificar o programar su funcionalidad (o de cualquier otro algoritmo agregado según corresponda). De esta forma el usuario puede desarrollar todo aquello que sea necesario para el algoritmo personalizado siempre y cuando se apegue a ciertas reglas específicas.

El sistema crea una clase con el nombre, dado por el usuario al momento de crear un nuevo algoritmo, en la cual existen dos métodos obligatorios a programar, estos son:

1. `protect()`: realiza todas las acciones necesarias para proteger la información según el método desarrollado por el usuario.
2. `unprotect()`: realiza todas las acciones necesarias (si corresponde) para desproteger (o volver atrás) la información según el método desarrollado por el usuario en el método `protect()`.

Para manejar la información se utilizan dos atributos importantes y que sin estos, los métodos no se van a ejecutar correctamente. Los atributos son:

1. `String informationUnprotect`: contiene la información que se desea proteger y se utiliza en el método `protect()`, o la información que se desprotegió luego de ejecutar el método `unprotect()`.
2. `String informationProtect`: almacena la información protegida luego de ejecutar el método `protect()`.

Como último paso para que el algoritmo editado pueda utilizarse normalmente, el sistema se reinicia y recompila de manera automática (previa directiva del usuario).

En caso de que no haya errores de compilación, se incorpora el algoritmo a la lista de algoritmos disponibles y se marca como disponible, caso contrario no se agrega a la lista y se marca como no disponible.

6. Caso de Estudio

Es fundamental presentar un caso de estudio que muestre y valide la funcionalidad y utilidad de ATENOS y de los conceptos presentados. La finalidad de esta sección consiste en mostrar cómo se comporta ATENOS respecto de la información ingresada, siendo los resultados obtenidos acordes a lo esperado.

Como caso de estudio se toma un WSDL real y público orientado al servicio de Facturación Electrónica perteneciente a la AFIP [21]. No es motivo de este trabajo poner en duda la seguridad de tal servicio ni la necesidad de asegurar el mismo, simplemente se utiliza dicho servicio web para mostrar la funcionalidad de la herramienta ante un ejemplo real.

Inicialmente, se selecciona el archivo WSDL del servicio web por medio del botón para *Agregar* (ver figura 2 a). En caso de ocurrir algún error, se puede quitar de la lista de selección el archivo usando el botón *Quitar* (ver figura 2 b).

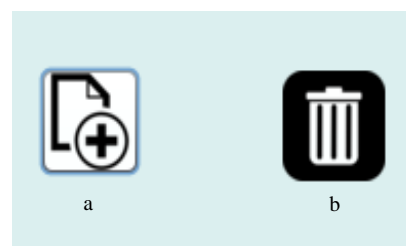


Figura 2

Primero que todo, como se observa en la Figura 3, se procede a cargar un archivo WSDL al cual se le quiere mejorar su seguridad.

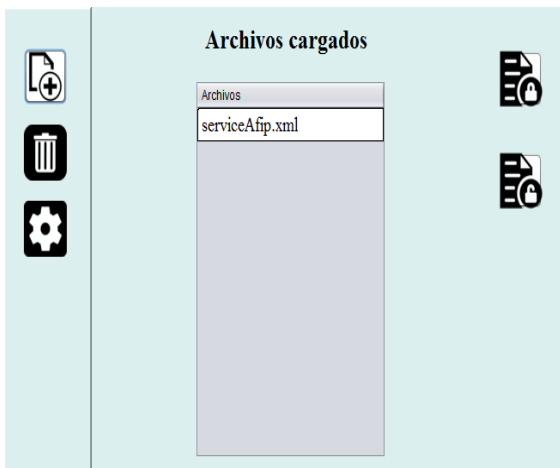


Figura 3

Luego se presiona el botón *Asegurar* (ver Figura 3, botón superior en esquina superior derecha) el cual despliega una ventana con la vista previa del WSDL al cual se le va a aplicar la transformación que mejorará su seguridad. Tal como se ve en la Figura 4.



Figura 4

Esta ventana permite previsualizar el WSDL, volver a la ventana anterior (ver figura 4, botón esquina superior izquierda) y realizar configuraciones (ver figura 4, botón esquina superior derecha). Éste último despliega un cuadro de diálogo como el de la Figura 5 en el que se elige el algoritmo para asegurar la información que se va

a aplicar junto con los tags del WSDL a los cuales se les va a aplicar el algoritmo.

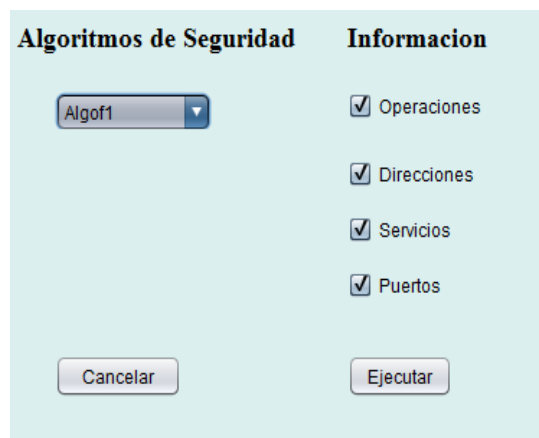


Figura 5

Para asegurar este WSDL se utiliza un algoritmo de ofuscación propio de este equipo de investigación, el cual viene con la misma. Dicho algoritmo realiza transformaciones léxicas aplicadas a los Tags WSDL que se elijan asegurar. En el caso particular de este caso de estudio, se aplican las transformaciones a todos los Tags WSDL disponibles a transformar por la herramienta. Es decir, se aplican las transformaciones para mejorar la seguridad de las Operaciones, Puestos, Servicios y Direcciones (Ver Figura 5).

Presionando el botón *Ejecutar* la herramienta muestra una vista previa del archivo asegurado junto a la opción de *Descargar* (Ver Figura 6, esquina superior derecha), la cual permite guardar el archivo en el disco.



Figura 6

Por una cuestión de espacio, se procede a mostrar extractos del archivo original en donde se muestra cómo Atenos ofuscó los tags de dicho WSDL.

En la Figura 7 se puede observar un extracto del WSDL del archivo original con algunas operaciones sin modificar.

```

970 </wsdl:message>
971 <wsdl:portType name="ServiceSoap">
972 <wsdl:operation name="FECAESolicitar">
973 <wsdl:documentation>Solicitud de Código de Autorización Elec
974 <wsdl:input message="tns:FECAESolicitarSoapIn"/>
975 <wsdl:output message="tns:FECAESolicitarSoapOut"/>
976 </wsdl:operation>
977 <wsdl:operation name="FECompTotXRequest">
978 <wsdl:documentation>Retorna la cantidad maxima de registros
979 <wsdl:input message="tns:FECompTotXRequestSoapIn"/>
980 <wsdl:output message="tns:FECompTotXRequestSoapOut"/>
981 </wsdl:operation>
982 <wsdl:operation name="FEDummy">
983 <wsdl:documentation>Metodo dummy para verificacion de funcio
984 <wsdl:input message="tns:FEDummySoapIn"/>
985 <wsdl:output message="tns:FEDummySoapOut"/>
986 </wsdl:operation>
987 <wsdl:operation name="FECompUltimoAutorizado">
988 <wsdl:documentation>Retorna el ultimo comprobante autorizad
989 <wsdl:input message="tns:FECompUltimoAutorizadoSoapIn"/>
990 <wsdl:output message="tns:FECompUltimoAutorizadoSoapOut"/>
991 </wsdl:operation>
992 <wsdl:operation name="FECompConsultar">
993 <wsdl:documentation>Consulta Comprobante emitido y su código
994 <wsdl:input message="tns:FECompConsultarSoapIn"/>
995 <wsdl:output message="tns:FECompConsultarSoapOut"/>
996 </wsdl:operation>
997 <wsdl:operation name="FECAERegInformativo">
998 <wsdl:documentation>Rendición de comprobantes asociados a ur
999 <wsdl:input message="tns:FECAERegInformativoSoapIn"/>
1000 <wsdl:output message="tns:FECAERegInformativoSoapOut"/>
1001 </wsdl:operation>
1002 <wsdl:operation name="FECAEASolicitar">
1003 <wsdl:documentation>Solicitud de Código de Autorización Elec
1004 <wsdl:input message="tns:FECAEASolicitarSoapIn"/>

```

Figura 7

Luego de las modificaciones realizadas por Atenos, los nombres de las operaciones han sido modificadas de tal manera que ya no son legibles y/o entendibles como antes.

En la Figura 8 se pueden observar los cambios realizados sobre las Operaciones.

```

</wsdl:message>
<wsdl:portType name="ServiceSoap">
  <wsdl:operation name="IHFHDVroflwdu">
    <wsdl:documentation>Solicitud de Código de Autorización Ele
    <wsdl:input message="tns:FECAESolicitarSoapIn"/>
    <wsdl:output message="tns:FECAESolicitarSoapOut"/>
  </wsdl:operation>
  <wsdl:operation name="IHFrpsWrw[Uhtxhvw">
    <wsdl:documentation>Retorna la cantidad maxima de registros
    <wsdl:input message="tns:FECompTotXRequestSoapIn"/>
    <wsdl:output message="tns:FECompTotXRequestSoapOut"/>
  </wsdl:operation>
  <wsdl:operation name="IHGxpp">
    <wsdl:documentation>Metodo dummy para verificacion de funcio
    <wsdl:input message="tns:FEDummySoapIn"/>
    <wsdl:output message="tns:FEDummySoapOut"/>
  </wsdl:operation>
  <wsdl:operation name="IHFrpsKowlprDxwrljdgr">
    <wsdl:documentation>Retorna el ultimo comprobante autorizad
    <wsdl:input message="tns:FECompUltimoAutorizadoSoapIn"/>
    <wsdl:output message="tns:FECompUltimoAutorizadoSoapOut"/>
  </wsdl:operation>
  <wsdl:operation name="IHFrpsFrqvxowdu">
    <wsdl:documentation>Consulta Comprobante emitido y su código
    <wsdl:input message="tns:FECompConsultarSoapIn"/>
    <wsdl:output message="tns:FECompConsultarSoapOut"/>
  </wsdl:operation>
  <wsdl:operation name="IHFHDUhljLqirupdwlyr">
    <wsdl:documentation>Rendición de comprobantes asociados a u
    <wsdl:input message="tns:FECAERegInformativoSoapIn"/>
    <wsdl:output message="tns:FECAERegInformativoSoapOut"/>
  </wsdl:operation>
  <wsdl:operation name="IHFHDVroflwdu">
    <wsdl:documentation>Solicitud de Código de Autorización Ele
    <wsdl:input message="tns:FECAEASolicitarSoapIn"/>

```

Figura 8

El resto de los tags que la herramienta permite cambiar y que están sin ofuscar se pueden observar en la Figura 9.

```

<wsdl:service name="Service">
  <wsdl:documentation>Web Service orientado al servicio de Facturacion electrc
  <wsdl:port binding="tns:ServiceSoap" name="ServiceSoap">
    <soap:address location="https://wshomo.afip.gov.ar/wsfev1/service.asmx"/>
  </wsdl:port>
  <wsdl:port binding="tns:ServiceSoap12" name="ServiceSoap12">
    <soap12:address location="https://wshomo.afip.gov.ar/wsfev1/service.asmx"/>
  </wsdl:port>
</wsdl:service>
</wsdl:definitions>

```

Figura 9

Luego de aplicar Atenos, las modificaciones que se obtienen al aplicar el algoritmo de ofuscación sobre los tags Puertos, Servicios y Direcciones son los que se observan en la Figura 10.

```
1439 <wsdl:service name="Vhuy1fh">
1440 <wsdl:documentation>Web Service orientado al servicio de Facturacion electron
1441 <wsdl:port binding="wgr=Vhuy1fhVrds" name="ServiceSoap">
1442 <soap:address location="fwsv=22zvzkrp1d1sljry1du2zvihy42vhuy1fh1dvp("/>
1443 </wsdl:port>
1444 <wsdl:port binding="wgr=Vhuy1fhVrds45" name="ServiceSoap12">
1445 <soap12:address location="fwsv=22zvzkrp1d1sljry1du2zvihy42vhuy1fh1dvp("/>
1446 </wsdl:port>
1447 </wsdl:service>
1448 </wsdl:definitions>
```

Figura 10

Como se puede observar en las distintas imágenes, aplicar Atenos mejora considerablemente su seguridad al evitar que un atacante pueda entender la información que contienen los distintos tags del WSDL y, en base a esto, realizar los ataques que este tipo de información puede permitirle realizar.

7. Conclusiones

Las conclusiones obtenidas respecto de este trabajo se enumeran a continuación:

- Se desarrolló un prototipo con diferentes recorridos en el árbol de sintaxis abstracta que permite extraer la información de los identificadores.
- Se aplicó el proceso, mediante la utilización de un parser, a distintos WSDLs. Para el caso de estudio de este trabajo se aplicó a un servicio web de Facturación Electrónica perteneciente a la AFIP.
- Se logró mejorar significativamente la seguridad del WSDL al ofuscar los tags del Servicio Web dificultando su entendimiento y por consiguiente disminuyendo considerablemente el tipo de ataques que se pueden realizar sobre el mismo.
- Se desarrollaron e implementaron tres algoritmos para ofuscar, los tags de un wsdl, mediante la aplicación de diferentes técnicas de transformaciones léxicas sobre la información tomada como objetivo para incrementar su seguridad.
- Se logró crear una plataforma que permite agregar modificar y eliminar algoritmos propios de los usuarios; siendo la misma una distinguible del resto de las herramientas de similares características.
- Se permite utilizar también la encriptación de los archivos al brindar la opción de descryptar el archivo.

8. Futuras Extensiones

Como futuras extensiones para esta herramienta, como así también en el ámbito de la investigación se destacan:

- Mejorar las técnicas de ofuscación utilizadas en los algoritmos provistos por la herramienta.
- Ampliar el número de tags que se pueden ofuscar con la herramienta.
- Crear una interface que permita aplicar la ofuscación a diversos lenguajes de programación independientemente de su semántica.
- Parametrizar y abstraer los tags e identificadores de manera que el usuario pueda aplicar la ofuscación a los que considere importantes sin necesidad de que estén predefinidos.

9. Referencias

- [1] ISO/IEC. Iso/iec 27032:2012 information technology - security techniques - guidelines for cybersecurity.
- [2] Jorge Ramió Aguirre. Libro Electrónico de Seguridad Informática y Criptografía. Universidad Politécnica de Madrid, 2006.
- [3] Jeremy Hilton Yulia Cherdantseva. Understanding information assurance and security. 2013A.
- [4] Alejandra Stolk. Técnicas de seguridad informática con software libre, 2013. Parque Tecnológico de Mérida. ESLARED.
- [5] Salton, International Telecommunication Union. SERIES X: DATA NETWORKS, OPEN SYSTEM COMMUNICATIONS AND SECURITY. Telecommunication security. Overview of cybersecurity. 2008.
- [6] Salton, Borghello, Cristian F. Seguridad Informática, sus implicancias e implementación. Tesis Licenciatura en Sistemas. Universidad Tecnológica Nacional. 2001.
- [7] ISO/IEC. Iso/iec 27000:2016 information technology - security techniques - information security management systems - overview and vocabulary, 2016.
- [8] <http://www.seguridadinformatica.unlu.edu.ar/>. UNLU. 2018.
- [9] <http://www.rae.es/>. RAE. 2018.
- [10] Obfuscation: A user's guide for privacy and protest. Brunton, Finn and Nissenbaum, Helen. 2015.
- [11] Code obfuscation techniques for software protection. Cappaert, Jan. Katholieke Universiteit Leuven. 2012.
- [12] Rajendran, Jeyavijayan and Sam, Michael and Sinanoglu, Ozgur and Karri, Ramesh. Security Analysis of Integrated Circuit Camouflaging. Proceedings of the 2013 ACM SIGSAC Conference on Computer & Communications Security. 2013.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[13] A taxonomy of obfuscating transformations. Collberg, Christian and Thomborson, Clark and Low, Douglas. 1997.

[14] Edgardo Bernardis, Hernán Bernardis, Mario Berón, Germán Montejano. "Seguridad en Servicios Web". XIX Workshop de Informática y Ciencias de la Computación (WICC). Buenos Aires, Argentina. Abril de 2017.

[15] WSDL Specification for W3C
<https://www.w3.org/TR/wsdl..>

[16] Pananya Sripairojthikoon, Twittie Senivongse. "Concept-Based Readability Measurement and Adjustment for Web Services Descriptions". ICACT Transactions on Advanced Communications Technology (TACT) Vol. 3, Issue 1, January 2014.

[17] Malenfant, J., Jacques, M., & Demers, F. N. (1996, April). A tutorial on behavioral reflection and its implementation. In Proceedings of the Reflection (Vol. 96, pp. 1-20).

[18] Ibrahim, B. M., & Hassan, M. F. (2015, May). A new customizable security framework for preventing WSDL attacks. In Mathematical Sciences and Computing Research (iSMSC), International Symposium on (pp. 24-29). IEEE.

[19] Mirtalebi, Arezoo, and Mohammad Reza Khayyambashi, "Enhancing Security of Web Service against WSDL Threats," 2nd IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences (ICEMMS), pp. 920-923, IEEE, 2011.

[20] Shahgholi, Narges, Mehran Mohsenzadeh, Mir Ali Seyyedi, and Saleh Hafez Qorani, "A New SOA Security Framework Defending Web Services Against WSDL Attacks," IEEE 3rd International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust (PASSAT), pp. 1259-1262, IEEE, 2011.

[21] AFIP. <https://wshomo.afip.gov.ar/wsfev1/service.asmx>. 2018.

Refinamiento de los Procesos de Recuperación de Sufragios y Generación de Votos Planos en OTP-Vote

Silvia Bast¹, Pablo García¹ y Germán Montejano²

*1 Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de la Pampa. Santa Rosa, La Pampa, Argentina
{silviabast, pablogarcia}@exactas.unlpam.edu.ar*

*2 Departamento Informática, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales,
Universidad Nacional de San Luis. San Luis, Argentina
gmonte@unsl.edu.ar*

Abstract

El esquema del Modelo OTP Vote presenta tres procesos: preparación, desarrollo y cierre de la elección y recuento de votos. En la primera etapa, se establece la configuración de los datos de la elección y se llevan a cabo los aportes de claves por parte de las autoridades electorales, luego se desarrolla el proceso de emisión de votos y finalmente se procede al cierre y recuento de votos, actividad que incluye un subproceso de recuperación de sufragios y otro de generación de los votos planos.

En el presente trabajo se desarrollan: i) una propuesta de almacenamiento de los datos del voto que apunta a oscurecer el contenido de los mismos para otorgar así, mayor seguridad al proceso eleccionario y ii) un refinamiento de los procesos de recuperación y generación de votos planos. Éste último mismo incluye un parser que, dados los parámetros de configuración, que fueron establecidos en la etapa inicial del proceso, genera la tabla de Votos Planos a medida que va realizando la recuperación de los sufragios emitidos por los electores.

El sistema OTP Vote presenta las características de anonimato incondicional y posibilita llevar la seguridad computacional a los niveles deseados.

1. Introducción

El equipo de investigación en el que se desempeñan los autores del presente artículo, desarrolla desde el año 2012, trabajos de investigación relacionados con la temática de voto electrónico.

Una de las líneas de investigación, ha dado como resultado la propuesta de un modelo de voto electrónico denominado OTP-Vote [1].

La temática de voto electrónico presenta grandes controversias y discusiones dentro y fuera del ámbito académico. La argumentación de quienes se oponen a este tipo de productos focaliza en que es imposible garantizar la transparencia de los resultados en estos sistemas.

Desde este equipo de investigación se intenta probar que no es imposible generar un sistema de e-voting que sea confiable, sobre todo, teniendo en cuenta que la cantidad de operaciones de muy diversa índole que se realizan actualmente de forma online desde distintos dispositivos, presenta un notable crecimiento en los últimos tiempos.

2. OTP-Vote

El esquema propuesto en OTP Vote se basa en la siguiente premisa:

En un sistema de e-voting es necesario mantener de manera indefinida la privacidad del votante (aún después de finalizado el acto eleccionario) y la seguridad de la información circulante (que corresponde únicamente a la información de los votos, dado que el modelo no almacena datos del elector) sólo durante el lapso de tiempo que corresponda al proceso de votación, ya que luego los resultados son de público conocimiento.

El modelo presenta las siguientes características:

- Usa criptografía basada en One Time Pad (OTP, [2]) que cumple con las hipótesis y condiciones del “Secreto Perfecto” de Shannon, presentadas en [3].
- Hace uso de claves distribuidas que se combinan para funcionar como una sola. Este concepto es una derivación de la propuesta de protocolos Broadbent y Tapp en [4].
- Almacenamiento basado en el modelo de canales paralelos [5] denominado Múltiples Canales Dato Único (MCDU), que propone dividir en almacenamiento total en canales y almacenar cada voto una vez en cada canal en posiciones aleatorias potencialmente distintas.

3. Etapas del Modelo que inciden en la propuesta de refinamiento

El esquema OTP-Vote consiste de tres etapas:

1. Preparación de la elección.
2. Desarrollo del Acto eleccionario.
3. Cierre de la elección y recuento de votos.

En el presente trabajo se focalizará en la primera y la tercera de las etapas que son las que impactarán en la semántica que permitirá la interpretación de los datos de los votos y en la propuesta de refinamiento de los procesos de Recuperación de Sufragios y generación de Votos Planos.

Primera Etapa: la Preparación de la Elección incluye las siguientes actividades de configuración de los datos que se usarán durante el proceso eleccionario:

1. Definición de las dimensiones del Archivo Binario donde residirán los Votos y Clave de Descifrado.
2. Definición de las dimensiones de cada uno de los atributos que se almacenarán en las tuplas (Identificador de voto, Identificador del cargo, Identificador del candidato seleccionado, bits adicionales de encriptación, redundancia de información que aporta a oscurecer el contenido de la tupla)
3. Generación de los códigos para cada uno de los atributos (Cargos, Candidatos e Identificadores de Votos).
4. Generación de las tablas: Identificadores de Votos, Cargos, Candidatos.
5. Configuración de la ubicación de los atributos en la tupla.

La primera actividad, *definición de las dimensiones del Archivo Binario donde residen los votos (ABV) y Clave de Descifrado (CD)*, hace uso de las fórmulas propuestas en [5], para determinar los valores óptimos. El formato de ABV se muestra en la figura 1.

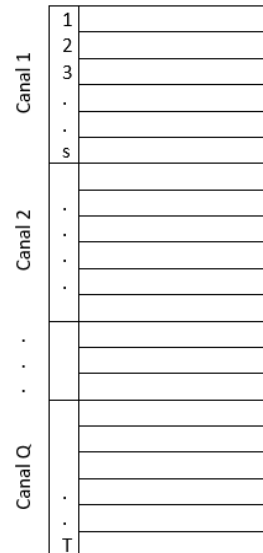


Figura 1: Formato de ABV

Para establecer *las dimensiones de los atributos que se almacenarán en las tuplas* (Identificador de voto, Identificador del cargo, Identificador del candidato), debe tenerse en cuenta la probabilidad de que un intruso pueda detectar una tupla válida de entre todas las tuplas posibles. Tal como se muestra en [1], [6] y [7], a través del aumento de la redundancia en la cantidad de bits usados para el almacenamiento de cada uno de los atributos, la probabilidad de obtener una tupla válida de entre todas las combinaciones de valores posibles puede llevarse a cualquier valor deseado. Luego de esta actividad cada atributo A_i , tendrá asociada una longitud LA_i .

En relación con la tercera actividad: *generación de los códigos para cada uno de los atributos*, debe tenerse en cuenta que las tuplas (votos) se almacenan haciendo uso del esquema denominado MCDU, descrito en [5], mediante la operación XOR [8]. Por tal razón, los códigos de las tablas deben cumplir con un conjunto de características con el objetivo de evitar que, a partir de votos que colisionan, el voto pueda interpretarse incorrectamente.

Cada identificador (Id_i) que se agregue debe:

1. Ser distinto a los que ya están almacenados previamente:

$$Id_i \neq Id_j \quad \forall j \quad 1 \leq j \leq i-1 \quad (1)$$

2. El XOR del mismo con cada uno de los identificadores que ya residen en la tabla, no debe dar como resultado alguno de los Id existentes:

$$Id_i \oplus Id_j \neq Id_k \quad \forall j \quad 1 \leq j \leq i-1, \quad \forall k \quad 1 \leq k \leq i-1 \quad (2)$$

3. El XOR del mismo con cada una de las combinaciones de grupos de los identificadores que ya residen en la tabla, no debe dar como resultado alguno de los Id existentes.

En [7] se desarrolla un algoritmo para la generación de códigos que cumplen con las características mencionadas anteriormente.

Con los códigos obtenidos en la actividad anterior se generan las tablas donde se almacenan: los identificadores de Votos, de Cargos y de Candidatos, que presentan la estructura que se muestra en la figura 2.

Id Voto	Usado	Id Cargo	Nombres	Id Candidato	Nombres
Secuencia de Bits	Si/No	Secuencia de Bits	texto	Secuencia de Bits	texto

Tabla IdVotos Tabla Cargos Tabla Candidatos

Figura 2: Tablas básicas

La quinta actividad de esta etapa se denomina *configuración de la ubicación de los atributos en la tupla*.

Se denomina tupla a cada una de las filas del ABV en donde podría residir un voto. A modo de ejemplo, si se destinan 8 bits para almacenar el Identificador de voto, 4 bits para el identificador de cargo y otros 4 bits para almacenar el identificador de candidato votado, una posible instancia de una tupla sería:

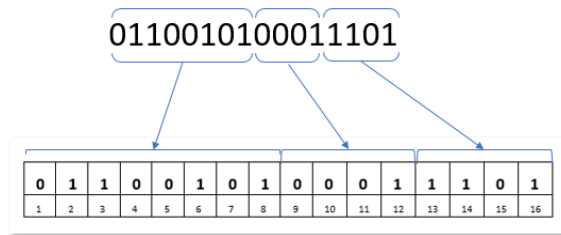


Figura 3: Configuración sencilla de una tupla

Donde:

Identificador del voto=01100101, ubicado entre los bits 1 y 8 de la tupla.

Identificador de cargo=0001, ubicado entre los bits 9 y 12 de la tupla.

Identificador de candidato=1101, ubicado entre los bits 13 y 16 de la tupla.

Si bien en el ejemplo los dígitos de cada uno de los códigos se muestran de manera consecutiva, el sistema provee la posibilidad de almacenar cada uno de los atributos de forma distribuida.

El identificador de voto, que en el ejemplo anterior se encuentra ocupando los primeros 8 bits consecutivos, podría almacenarse de forma dispersa en la tupla.

0	1	1	0	0	1	0	1								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Figura 4: Bits del identificador de voto en una configuración sencilla de tupla residiendo de forma consecutiva

Por ejemplo, una posible instancia de almacenamiento del mismo identificador (01100101) ocupando espacios no consecutivos podría ser, registrar los 3 primeros bits (011) a partir de la posición 9 de la tupla, los dos bits siguientes (00) a partir de la posición 1 de la tupla, el siguiente bit (1) en la posición 16 y finalmente los últimos dos bits del identificador (01) a partir de la posición 5.

Gráficamente:

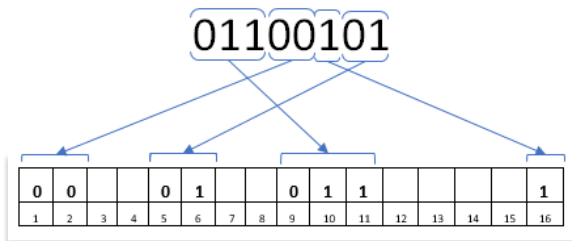


Figura 5: Bits del identificador de voto en una configuración distribuida dentro de una tupla

De la misma manera pueden almacenarse también los demás atributos de datos (identificador de cargo y de candidato) y los de los bits de control que se deseen agregar a la tupla.

Para registrar esta información y posteriormente poder recuperar los datos de las tuplas, deben agregarse a las tablas ya existentes, dos nuevas que se denominarán Atributos y Ubicaciones.

En la tabla Atributos residirán cada uno de los datos que se almacenarán en la tupla. Como mínimo serán tres, el identificador de voto, el identificador de cargo y el identificador de candidato, a los que pueden adicionarse atributos de control, y para cada uno de ellos se almacenará también la longitud, expresada en cantidad de bits, que cada atributo ocupará en la tupla.

IdAtributo	Descripción	Longitud
1	IdVoto	8
2	IdCargo	4
3	IdCandidato	4
4	...	
5	...	
6	...	

Figura 6: Ejemplo de instancias en la tabla Atributos

La tabla Ubicaciones almacenará para cada conjunto de bits del atributo que se registren de manera consecutiva: Id de atributo (que está registrado en la tabla Atributos), el orden, la posición del bit inicial en la tupla y la cantidad de bits consecutivos. Para el ejemplo anterior, los datos almacenados en la tabla Ubicaciones para el atributo IdVoto (Identificador de voto) serán:

IdUbicacion	IdAtributo	Orden	Bit inicial	Bits consecutivos
1	1	1	9	3
2	1	2	1	2
3	1	3	16	1
4	1	4	5	2
5	..			
...	...			

IdUbicacion	IdAtributo	Orden	Bit inicial	Bits consecutivos	Corresponde a
1	1	1	9	3	011
2	1	2	1	2	00
3	1	3	16	1	1
4	1	4	5	2	01
5	..				
...	...				

Figura 7: Ejemplo de instancias del atributo IdVoto (con identificador 1) en la Tabla Ubicación

Entonces, para cada atributo A_i , de longitud LA_i (tal como se encuentra registrado en tabla Atributos), se deben establecer las ubicaciones y la cantidad de bits consecutivos que ocupará, y el orden en que deben ser recuperados.

Para que la distribución de los bits en la tupla no presente inconvenientes, deben verificarse las siguientes condiciones:

- La suma de la cantidad de bits consecutivos ocupados de cada grupo de la tabla Ubicaciones para el atributo A_i debe ser igual a LA_i de la tabla Atributos.

Sean

```
Cantidad de Grupos = SELECT
Count (Ubicaciones.IdUbicacion)
AS CuentaDeIdUbicacion
FROM Ubicaciones
GROUP BY Ubicaciones.IdAtributo
HAVING
(Ubicaciones.IdAtributo=Ai);
```

```
AiLBCj = SELECT
Ubicaciones.CantidadBits,
FROM Ubicaciones
WHERE (Ubicaciones.IdAtributo=Ai)
AND
(Ubicaciones.IdUbicacion)=j);
```

$$\sum_{j=1}^{\text{Cantidad de Grupos}} A_i LBC_j = LA_i \quad (3)$$

- Para todo grupo de tuplas de la tabla Ubicaciones que corresponden a un atributo A_i , debe cumplirse que la intersección de cada una de las instancias que indican bits consecutivos, con todas las demás, de como resultado el conjunto vacío, esto es:

Sea $A_iBC_j = \{A_iBC_k, A_iBC_{k+1}, \dots, A_iBC_{k+d}\}$, el conjunto formado por los bits consecutivos correspondientes al atributo A_i , en la instancia j de la tabla Ubicaciones, donde:
 k = Bit Inicial en la instancia j
 d = Bits consecutivos en la instancia j

Es decir A_iBC_j , está denotando los bits consecutivos desde la posición k de la tupla hasta la $k+d$, para la instancia j de la tabla Ubicaciones correspondiente al atributo A_i

Entonces debe cumplirse que

$$\bigcap_{j=1}^{\text{Cantidad de Grupos}} A_iBC_j = \emptyset \quad (4)$$

- Además, debe controlarse que cada atributo tenga un conjunto propio de bits en el que se alojará y que la intersección de ese conjunto con los bits adjudicados a los demás atributos de cómo resultado el conjunto vacío.

Sea $A_iB = \{A_iB_j, A_iB_{j+1}, \dots, A_iB_{\text{cantidad de Grupos}}\}$, el conjunto formado por los subconjuntos de bits consecutivos correspondientes al atributo A_i de la tabla Ubicaciones. Entonces:

$$\bigcap_{i=1}^{\text{Cantidad de Atributos}} A_iB = \emptyset \quad (5)$$

En el momento previo al comienzo del acto eleccionario se inicializan el ABV y la CD con el aporte de las claves OTP de las autoridades electorales, que cumplen con la característica de Secreto Perfecto y que volverán a usarse en el cierre de la elección y hasta ese momento deberán mantenerse seguras e inaccesibles.

La **segunda etapa**, consiste en el desarrollo de la elección, y si bien no se profundizará en ella en el presente trabajo, en [1] se explica detalladamente.

Tercera Etapa: en la primera versión del modelo original, la última etapa del proceso denominada *Cierre de la Elección y Recuento de Votos* incluye las siguientes actividades:

1. Se aplican nuevamente las claves de las Autoridades al ABV y a la CD .
2. Se realiza el XOR entre el ABV y el CD resultantes del paso anterior, generándose el Archivo Binario de Votos Descifrados ($ABVD$)

$$ABVD = ABV \oplus CD. \quad (6)$$

3. Se eliminan del $ABVD$ las tuplas que corresponden a votos vacíos (secuencias de 0) y a votos inválidos que se generaron por colisiones.
4. Se recorre el $ABVD$ y se procede a generar la Tabla de Votos Planos sobre la que se llevará a cabo el conteo general.

Gráficamente:

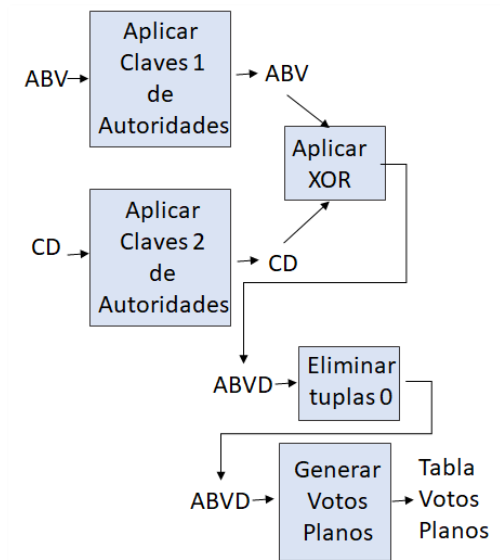


Figura 8: Tercera Etapa del Modelo Original

Como se ha mencionado previamente, OTP-Vote aplica la técnica de almacenamiento MCDU basada en canales paralelos. Esta idea está basada en [9] que

menciona la importancia de la aleatoriedad, pero hace uso de un único vector para registrar los sufragios.

MCDU, explicado de manera sintética, implica dividir el almacenamiento total del vector (*ABV* en el caso de *OTP-Vote*) en *Q* canales y almacenar cada tupla (voto) *Q* veces, una vez en cada canal, en posiciones aleatorias, potencialmente distintas.

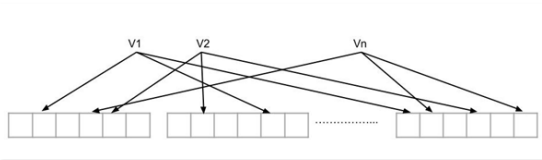


Figura 9: Almacenamiento MCDU

Del esquema usado, se deduce que un voto sólo se perderá si colisiona en todos los canales implementados. Si bien MCDU, haciendo uso de múltiples canales de almacenamiento, disminuye sensiblemente la pérdida de votos por colisiones, tal como se demuestra en [10], [11] y [12], la probabilidad de que un voto se pierda sigue siendo positiva.

Como consecuencia, *OTP-Vote* propone una mejora al esquema inicial, incorporando un proceso de recuperación [1], que revisará cada una de las tuplas del *ABVD*.

Para ello, a cada tupla del *ABVD* se le agregan 2 bits de control con la siguiente semántica:

- (0,0) Indica que la tupla aún no fue revisada.
- (0,1) Indica que la tupla contiene una fila de ceros, es decir es una tupla donde no se ha almacenado ningún voto.
- (1,0) Indica que la tupla no corresponde a un voto válido, es decir que es resultado de una o más colisiones.
- (1,1) Indica que los datos de la tupla corresponden a un voto válido.

El *ABVD* modificado pasa a denominarse entonces *ABVDv2*. Con la incorporación de este proceso también se modifica la estructura de las tuplas, que, además de contener la información de los votos, y de los bits de control que se deseen agregar, registrará las posiciones aleatorias en que las que el voto fue almacenado en cada uno de los *q* canales. La tupla tendrá ahora un formato del tipo del que se muestra en la siguiente figura:

Atributos del Voto										...	**
										Pos Canal 1	Pos canal 2	...	Pos Canal Q

Figura 10: Tupla con posiciones de los canales

Por ejemplo, si existen 3 canales, y el voto fue almacenado en las siguientes posiciones aleatorias de cada uno de los canales:

- Canal 1: posición 2, en binario 0010
- Canal 2: posición 6, en binario 0110
- Canal 3: posición 1, en binario 0001

La tupla resultante, además de la información del voto, se presentará de la siguiente manera:

Información del voto										0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	
										Canal 1				Canal 2				Canal 3			

Figura 11: Ejemplo de tupla con almacenamiento de posiciones

Cabe aclarar que al igual que los atributos del voto y los bits de control, las posiciones que el voto ocupa en cada canal, pueden estar almacenadas en forma consecutiva o dispersa.

Otra modificación que se introduce, consiste en agregar un atributo más a la tabla de Identificadores de Votos, que indicará si el voto fue recuperado.

IdVoto	Usado	Recuperado
Secuencia de Bits	Si/No	Si/No

Figura 12: Nueva configuración de la tabla Identificadores de Voto

A partir de la incorporación del proceso de recuperación, la etapa final queda diagramada como se muestra en la siguiente figura:

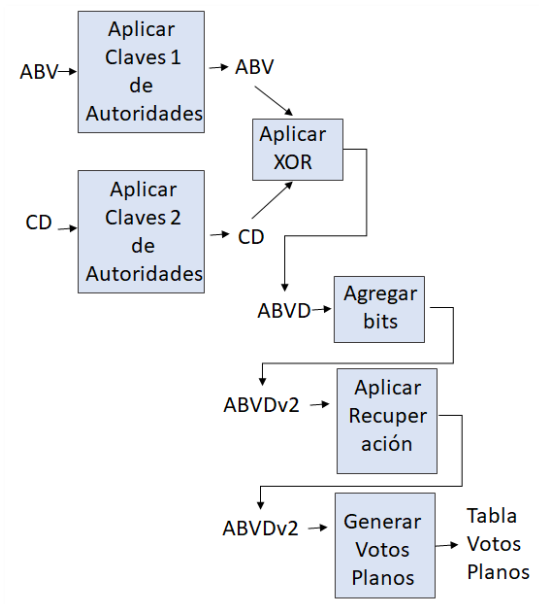


Figura 13: Tercera Etapa con Recuperación

4. Refinamiento y mejora de la Etapa de Cierre y Recuento de votos

A partir del proceso mostrado en la Figura 13, y teniendo en cuenta, tal como se detalló en la sección anterior, que los bits de cada uno de los atributos pueden estar dispersos en diversos lugares de la tupla, se genera la tabla de Votos Planos a medida que se lleva a cabo el proceso de recuperación de los votos.

Tal proceso recibe como entrada las tuplas del *ABVDv2* y la información de la configuración de las mismas para la elección actual.

En la figura 14 puede observarse el nuevo modelo del proceso.

Se especifica a continuación, el algoritmo que corresponde a “Aplicar recuperación”. El mismo incluye un proceso que obtiene el voto cumpliendo la función de un parser, y que, a partir de la configuración de cada uno de los atributos, que se estableció en la Etapa 1, recupera los datos almacenados en cada una de las tuplas.

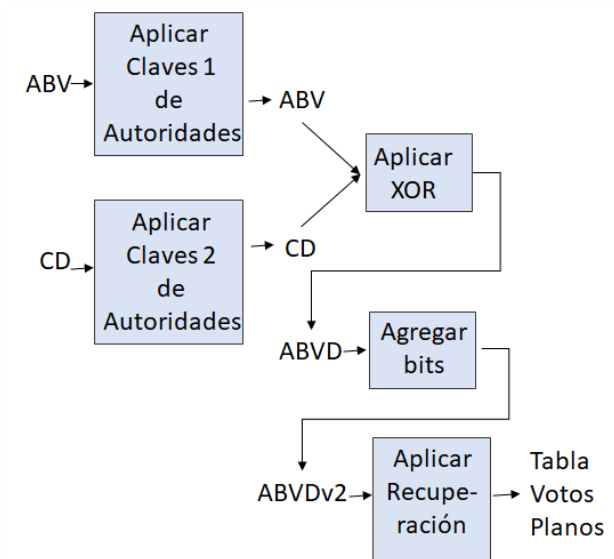


Figura 14: Última versión de la Tercera Etapa

```

TodosRecuperados:= false;
Recupero:=true;
Mientras TodosRecuperados = false and Recupero
  Recupero:=false; // si se recupera algún voto
                    // en la iteración cambia true

Para cada tupla t de ABVDv2 con BitsControl
(0,0) o BitsControl (1,0)
//se verifican las tuplas que aún no fueron
//revisadas (0,0) o presentan colisión (0,1)

Si TupladeCeros(tupla) entonces
  //la tupla es una cadena de ceros
  Asignar (0,1) a BitsControl de tupla;
sino
  ObtenerVoto(tupla, voto)
  Si not VotoValido(voto)
  entonces
    //presenta colisión
    
```

```
Asignar(1,0) a
BitsControl de tuplai
Sino
//la tupla es un voto válido

Asignar(1,1) a
BitsControl de tuplai
//informa que en la
//iteración se pudo
//recuperar al menos
//un voto

Recupero= true
Marcar como
Recuperado en la tabla
IdVotos
//agrega el voto a la
tabla resultado

Agregar Voto a Tabla
de Votos Planos
//recorre cada una de las
//posiciones

Para cada posición p,
p<>t, 1<=p<=q
ABVDv2[p]=
ABVDv2[p]⊕
ABVDv2[t]
```

Última versión del Algoritmo de Recuperación

Donde $ABVDv2[p]$, indica la tupla que se encuentra en la posición p en $ABVDv2$.

Los subprocesos incluidos en el algoritmo realizan las siguientes funciones:

- $TupladeCeros(tupla)$ retorna verdadero si el contenido de la tupla revisada es una secuencia de ceros
- $ObtenerVoto(tupla, voto)$ recupera los datos de una $tupla$ y los convierte en el formato esperado para un voto de acuerdo a la configuración que se estableció para la tupla en la Etapa 1. El algoritmo de este proceso se detalla más adelante en esta misma sección.
- $VotoValido(voto)$: dado un voto recuperado por el proceso anterior, controla si el mismo está compuesto por datos válidos o es el resultado de una colisión. Para realizar esta verificación debe chequear los datos de los atributos almacenados en el voto con las tablas básicas (Identificadores de Votos, Cargos y Candidatos) que contienen los identificadores de votos, de cargos y de candidatos.

A continuación, se detalla el algoritmo de $ObtenerVoto$. Tal proceso hace uso de las Tablas Atributos y Ubicaciones.

Para cada uno de los atributos A_i almacenados en la Tabla Atributos:

```
//Obtener todas las instancias de la Tabla
//Ubicaciones que coincidan con la instancia
//del atributo  $A_i$  con criterio de ordenamiento
//ascendente aplicado sobre Orden
```

SELECT

```
Atributos.IdAtributo,
Ubicaciones.Ubicacion,
Ubicaciones.CantidadBits,
Ubicaciones.Orden
```

FROM Atributos INNER JOIN Ubicaciones

ON

Ubicaciones.IdAtributo = A_i

ORDER BY Ubicaciones.Orden;

```
// se inicializa en blanco una cadena de texto  
//que almacenará el valor del atributo
```

```
CampoVoto= ''
```

Para cada instancia de la consulta anterior

```
//Obtiene de la tplat de entrada las  
//posiciones indicadas en la tabla  
//Ubicaciones y concatena los  
//resultados en la cadena CampoVoto
```

```
CampoVoto = CampoVoto + copy  
(tplat, Ubicaciones.BitInicial,  
Ubicaciones.CantidadBits)
```

Asignar CampoVoto al atributo
correspondiente de Voto

La función *copy* (*tplat*, *Ubicaciones.BitInicial*, *Ubicaciones.CantidadBits*) devolverá una sub-cadena de bits de *tplat*. La mencionada subcadena tendrá una longitud determinada por *Ubicaciones.CantidadBits* y se obtendrá a partir de la posición establecida en *Ubicaciones.BitInicial*.

Finalmente, en la estructura denominada *Voto* quedará el registro de cada uno de los atributos que fueron recuperados de la *tplat*.

Aprovechando el proceso de recuperación, si el voto es válido, se procederá a almacenarlo directamente en la tabla denominada *Votos Planos*, que será la que finalmente se usará para el recuento de la elección. Esta mejora evita un nuevo recorrido por el archivo *ABVDv2*.

5. Conclusiones

Como se ha mencionado en la introducción de este artículo, una premisa sobre la que trabaja este equipo de investigación expresa que “construir un sistema de voto electrónico confiable no es imposible”, en tal sentido, se están llevando a cabo actividades de desarrollo del producto OTP-Vote que, desde el punto de visto teórico, presenta las características de anonimato incondicional y

seguridad computacional que puede llevarse a cualquier nivel deseado.

Para potenciar las características de seguridad y confidencialidad, se propone parametrizar los atributos de los datos del voto para cada elección, de forma tal que puedan residir de manera particionada y dispersa en la tupla, oscureciendo la semántica de la misma, por lo que la interpretación de la información que reside en el *ABVDv2* se verá supeditada a conocer los parámetros que indican su configuración.

El objetivo de tal característica será aumentar el nivel de seguridad, de manera tal que, en el caso de que algún atacante logre acceder a la información de los archivos *ABVD* o *ABVDv2*, que ya se encuentran descifrados, si no cuenta con la información acerca de la configuración de la tupla y de las tablas bases, verá dificultada aún más la tarea de obtener los datos claros.

El trabajo propone incluir en la mencionada parametrización no sólo los atributos de datos del proceso electoral (Identificador del voto, del cargo y del candidato), sino también bits de control y resultados de funciones hash, que formarán parte a futuro de la verificación E2E del sistema. Se detallan además las condiciones que debe cumplir la distribución de los bits que representan cada uno de los atributos dentro de la tupla, con el objetivo de que no se presente superposición de ubicaciones de los distintos atributos o inclusive de bits del mismo atributo. Se planea automatizar el proceso de completamiento de la tabla *Ubicaciones*, haciendo los controles pertinentes en base a las condiciones especificadas, a partir de la información de la tabla *Atributos*.

Se presenta el proceso *ObtenerVoto*, que funciona como parser, tomando cada tupla de *ABVDv2*, y obteniendo su versión de voto claro a partir de los parámetros que residen en las tablas *Atributos* y *Ubicaciones*, que expresan la semántica de la tupla.

Se incluye el proceso de obtención el voto plano, mencionado en el párrafo anterior, como subproceso de la recuperación, evitando de esta manera, un nuevo recorrido del todo el *ABVDv2* para generar la tabla de *Votos Planos*. Esto redundará en una mejora en el proceso de cierre y recuento de la elección con recuperación.

6. Referencias

- [1] Bast, S. “Confidencialidad e Integridad de Datos en Sistemas de E-Voting – Un Modelo para la Implementación Segura de un sistema de Voto Presencial” - Editorial Académica Española. <https://www.eae-publishing.com-ISBN> 978-3-639-53793-2. 2017
- [2] Nagaraj N., Vaidya V., Vaidya P: “Revisiting the one-time pad,” International Journal of Network Security, vol. 6, no. 1, pp. 94-102, 2008.
- [3] Shannon, C. “Communication Theory of Secrecy Systems” - *Bell System Tec Journal* - 1949. 656-715
- [4] Broadbent A., Tapp A.: “Information-Theoretically Secure Voting Without an Honest Majority”. In Proceedings of the IAVoSS Workshop On Trustworthy Elections (WOTE 2008).
- [5] Garcia, P. “Una Optimización para el Protocolo Non Interactive Dining Cryptographers” - Editorial Académica Española (<https://www.eae-publishing.com/>) - ISBN-13: 978-3-639-85270-7. ISBN-10: 3639852702. EAN: 9783639852707 – 2017.
- [6] Bast, Silvia Gabriela; García, Pablo Marcelo; Montejano, Germán Antonio. “Modelo de Datos del Sistema de Voto Electrónico Presencial OTP-Vote”. Memorias de las 46 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO). SIE 2017 Simposio de Informática en el Estado. 4 al 8 de setiembre de 2017 UTN. Córdoba. Argentina. ISSN: 2451-7534
- [7] Bast, Silvia, García Pablo, Montejano Germán: “Generación de Códigos para OTP - Vote”. Actas de 5to Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. Aspectos Legales y Profesionales y Seguridad Informática” ISSN: 2347-0372 © CONAIISI 2017. Pág 12-22. Noviembre de 2017. Santa Fe.
- [8] Murdocca M., Heuring V. “Principles of Computer Architecture. Appendix A: Digital Logic”. Editor: Addison Wesley; Edición: US ed (29 de noviembre de 1999) Idioma: Inglés - ISBN-10: 0201436647 - ISBN-13: 978-0201436648.
- [9] van de Graaf J. “Anonymous One Time Broadcast Using Non Interactive Dining Cryptographer Nets with Applications to Voting”. Publicado en: “Towards Trustworthy Elections”. Ps 231-241. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. ISBN: 978-3-642-12979-7.
- [10] García, P., van de Graaf J., Hevia A., Viola A.: “Beating the Birthday Paradox in Dining Cryptographers Networks”. En “Progress in Cryptology – Latincrypt 2014”. Springer International Publishing. ISSN: 0302-9743. ISSN (electrónico): 1611-3349. ISBN: 978-3-319-16294-2. ISBN (eBook): 978-3-319-16295-9. Ps. 179 – 198. Oc-tubre, 2014.
- [11] García P., van de Graaf J., Montejano G., Riesco D., Debnath N., Bast S.: “Storage Optimization for Non-Interactive Dining Cryptographers (NIDC)”. The International Conference on Information Technology: New Generations. 2015. Las Vegas, Nevada, USA. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7113449/>
- [12] García P., Bast S., Fritz E., Montejano G., Riesco D., Debnath N., “A Systematic Method for Choosing Optimal Parameters for Storage in Parallel Channels of Slots”. IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT 2016). 14-17 March 2016 / Taiwan, Taipei. En: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7475019/>.

Método de Reducción de Incertidumbre Aplicado a la Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales bajo una Implementación Heterogénea MPI/CUDA

Miguel Méndez-Garabetti ^{a,b}, Germán Bianchini ^b, Paola Caymes-Scutari ^{b,c}
y María Laura Tardivo ^d

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Atlántida Argentina, Buenos Aires, Argentina.

^bLaboratorio en Cómputo Paralelo Distribuido (LICPaD), UTN-FRM, Mendoza, Argentina.

^cConsejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

^dDepartamento de Computación, UNRC, Río Cuarto, Córdoba, Argentina

miguel.mendez@atlantida.edu.ar, gbianchini@frm.utn.edu.ar, pcaymesscutari@frm.utn.edu.ar,
lauratardivo@dc.exa.unrc.edu.ar

Resumen

Los incendios forestales causan grandes pérdidas y daños en todo el mundo. Por esta razón, la predicción de este tipo de fenómeno se considera una tarea muy importante que implica un alto grado de complejidad. Debido a esto, tales métodos deben configurarse para operar de la manera más eficiente posible, tanto en términos de calidad de los resultados como así también en relación al tiempo de obtención de los resultados. En este trabajo, se presenta una implementación MPI/CUDA de un método paralelo de reducción de incertidumbre aplicado a la predicción del comportamiento de incendios forestales. Los resultados revelan grandes incrementos en la eficiencia computacional del método.

1. Introducción

El fuego ha sido una herramienta fundamental en el desarrollo de las civilizaciones, Hough en su trabajo [1], menciona que el hombre ha sido el único mamífero en superar el miedo al fuego, siendo esta cualidad una característica humana de gran importancia, incluso en la misma obra se deja abierto el interrogante sobre si la no adopción del fuego -por parte del ser humano- no hubiera dejado a la humanidad en decadencia destinada a la

extinción. Posteriormente destaca que: "La única fuerza esencial disponible en la naturaleza unida al ingenio del hombre se convirtió en una combinación de potencialidades inimaginables" [1]. Cuando el fuego, por falta de control, se extiende sobre una superficie se conoce como incendio, éste fenómeno al consumir vegetación de áreas forestales, se denomina incendio forestal [2]. Cuando se habla de incendios forestales comúnmente se connota con los aspectos negativos que éstos poseen. Sin embargo, éstos juegan un rol fundamental en los cambios naturales que ocurren en los ecosistemas de nuestro planeta. Los efectos del fuego, sobre bosques, praderas, etc., propician la diversidad de la vida vegetal y animal. Incluso ciertos tipos de plantas no tienen posibilidad de reproducirse sin el fuego.

El fuego inicia procesos naturales que permiten convertir la materia orgánica en nutrientes que posteriormente la lluvia entrega al suelo, proporcionando un semillero fértil rejuvenecido para las plantas [3]. Sin embargo, los incendios forestales fuera de control suelen generar grandes daños, entre ellos: pérdidas de vidas humanas, daños a la flora, la fauna y al suelo [4]. Las pérdidas económicas son difíciles de estimar debido a la gran cantidad de sectores que pueden verse afectados a corto, mediano o largo plazo, pero en general los recursos ambientales de toda zona afectada suelen ser

considerablemente damnificados. En base a esto desde diversas organizaciones a nivel mundial se estudia el desarrollo de herramientas y técnicas con el propósito de minimizar los efectos negativos causados por los incendios forestales. Estas investigaciones se han enfocado principalmente en herramientas para la prevención, detección y predicción de incendios forestales. Cada una de éstas corresponde a distintas fases del proceso de lucha contra incendios. La prevención tiene como objetivo lograr que los incendios no alcancen a materializarse; la detección se concentra en determinar la ubicación de los focos de incendio antes de que éstos adquieran una magnitud tal que lleve a perder el control sobre ellos; y por último la predicción, que tiene dos acepciones: predicción de incendios forestales y predicción del comportamiento de incendios forestales. La primera de ellas intenta predecir la ocurrencia de incendios antes de que estos sucedan, mientras que la segunda, busca determinar el posible comportamiento de un incendio forestal una vez que éste ya se ha iniciado, permitiendo tomar decisiones acertadas en el plan de acción a tomar.

Uno de los retos más importantes que enfrenta un modelo de predicción de comportamiento de incendios forestales es disminuir los efectos causados por la incertidumbre i.e., intentar conocer con el mayor grado de precisión posible los valores de los parámetros de entrada que determinan el comportamiento del fenómeno. El comportamiento del fuego en un entorno forestal depende de diferentes variables: el clima, el combustible, la topografía del terreno, el tipo de vegetación, entre otros. Generalmente, al momento de realizar la predicción de un incendio, existe dificultad para adquirir en tiempo real los valores de los factores que determinan el comportamiento del incendio. Esta carencia de información se conoce como incertidumbre en los parámetros de entrada y afecta de forma considerable la capacidad de predicción del sistema. De esta manera, la reducción de incertidumbre constituye un proceso necesario e importante para lograr predicciones más acordes a la realidad, que permitan

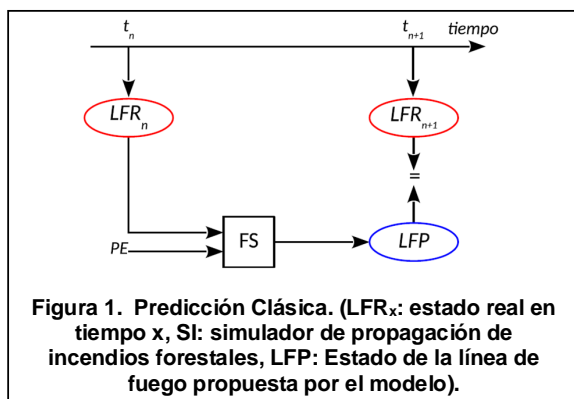
constituir herramientas confiables para asistir a los sistemas de toma de decisiones.

Claramente, lograr reducir la incertidumbre facilita la obtención de predicciones más cercanas a la realidad permitiendo cumplir uno de los principales objetivos de todo sistema de predicción, sin embargo, este tipo de sistemas también debe garantizar generar las predicciones dentro de un lapso razonable de tiempo. En este sentido la computación de alto rendimiento (HPC, High Performance Computing) [5] juega un rol fundamental, ya que permite resolver problemas cada vez más grandes y computacionalmente costosos de manera más eficiente. Este trabajo presenta una implementación paralela heterogénea (memoria compartida y distribuida) de un método de reducción de incertidumbre aplicado a la predicción del comportamiento de incendios forestales, la cual permite reducir el tiempo de procesamiento respecto a la versión homogénea.

A continuación, el trabajo se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 presenta los conceptos de predicción clásica y sus limitaciones, la Sección 3 describe el método de reducción de incertidumbre desarrollado, sus componentes y funcionamiento. A continuación, la Sección 4 presenta la experimentación desarrollada y finalmente se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Predicción Clásica

En general, un sistema de predicción es un software que, a partir del conocimiento de ciertas variables iniciales, y que, mediante la ejecución de diferentes operaciones, permite realizar estimaciones futuras acerca del comportamiento de un fenómeno determinado [6]. En este trabajo se aborda este concepto en relación a la predicción del comportamiento de incendios forestales, el cual puede verse representado gráficamente en la Fig. 1, donde un Simulador de Incendios (SI), tratado como una caja negra, es alimentado con ciertos parámetros de entrada (PE) que representan condiciones actuales del incendio, tales como: velocidad y dirección del viento, vegetación, características de la superficie, entre otros. El simulador necesita, además de los PE, la Línea de Fuego Real (LFR) del incendio en el instante de tiempo t_0 (LFR_0). Una vez que el simulador es ejecutado, éste proporcionará en su salida la predicción de la línea de fuego o Línea de Fuego Predicha (LFP) para el instante de tiempo posterior, t_1 . Por supuesto, se espera que dicha predicción coincida, de la mejor manera posible, con el estado real del incendio para dicho instante de tiempo (LFR_1). Sin embargo, debido a la complejidad e incertidumbre del modelo de comportamiento del fuego, la incertidumbre en los parámetros de entrada, y dado que la predicción está basada en una única simulación, esta metodología no suele



ofrecer una predicción lo suficientemente aproximada a la realidad como para ser considerada una herramienta confiable para la toma de decisiones. Algunos ejemplos de predicción clásica son [7], [8], [9], [10], [11], [12].

Las limitaciones presentes en el enfoque de predicción clásica hacen evidente la necesidad de incorporar técnicas de reducción de incertidumbre que permitan mejorar el rendimiento (en calidad y tiempo de respuesta) de los sistemas de predicción actuales. En este contexto, los desarrollos de métodos de reducción de incertidumbre cobran vital importancia ya que han demostrado, tras ser aplicados en diferentes áreas de la ciencia, robustez a la hora de minimizar los efectos negativos causados por las diferentes incertidumbres permitiendo mejorar la calidad de salida de los modelos tratados. Además, debido a que estos sistemas suelen trabajar con grandes conjuntos de datos sobre los cuales es necesario realizar complejas operaciones, éstos sistemas suelen requerir de sistemas de computación de alto rendimiento, los cuales permiten reducir el tiempo de procesamiento al utilizar múltiples unidades de cómputo al mismo tiempo.

3. Método de Reducción de Incertidumbre

Los métodos de reducción de incertidumbre se desarrollan para asistir y participar en el proceso de resolución de problemas de alta magnitud y complejidad computacional, tal como la predicción y prevención de desastres naturales. Este tipo de problemas puede ser clasificado en la categoría de Grand Challenge Problems [13], es decir, problemas de alta complejidad, pero a la vez importantes (desde el punto de vista social y económico) donde se requieren varios órdenes de magnitud de recursos para resolverlos. Un ejemplo puntual de este tipo de problemas es el desarrollo de métodos, sistemas y/o herramientas que aborden la predicción del comportamiento de incendios forestales, teniendo en cuenta las limitaciones presentadas por la predicción clásica.

Las principales limitaciones de la predicción clásica devienen principalmente de la complejidad del modelo de comportamiento del fuego, la incertidumbre en los parámetros de entrada, y de que la predicción se basada en una única simulación. Dado este antecedente, el tratamiento de la incertidumbre se vuelve un aspecto crucial en el desarrollo de sistemas y herramientas de predicción eficaces y eficientes. En este contexto, se ha trabajado en el desarrollado diversos métodos de reducción de incertidumbre que podrían ser aplicados a diferentes fenómenos con características de propagación (i.e., avalanchas, inundaciones, aludes, incendios forestales, etc.). Los métodos desarrollados se alinean con el concepto de predicción guiada por datos, el cual involucra una visión diferente, que requiere la incorporación de una nueva etapa o procedimiento dentro

de la cadena de predicción. Dicha etapa se encarga de efectuar una calibración o ajuste antes de realizar la predicción. Esto persigue como único objetivo, obtener un cierto grupo de combinaciones de parámetros que permita realizar una predicción lo más cercana a la realidad posible. Debido a la falta de precisión en los parámetros de entrada y la dificultad existente para medirlos en tiempo real, los Métodos Guiados por Datos (Data Driven Methods, DDM) consideran un gran número de combinaciones de valores para cada parámetro. O sea que éstos métodos realizan un ajuste para obtener estos valores óptimos de parámetros de entrada. Sin embargo, los DDM obtienen un único conjunto de valores de parámetros de entrada, y para aquellos parámetros de comportamiento dinámico, el valor encontrado en general no resulta de utilidad para describir correctamente el comportamiento del modelo. Esta categoría de métodos se denomina Métodos Guiados por Datos de Única Solución (Data Driven Methods with Unique Solution, DDM-US) [14], [15].

Otra clasificación de los DDM trabaja con solapamiento de diversos casos o combinaciones de parámetros para efectuar las predicciones, esta categoría se denomina Métodos Guiados por Datos con Solución Múltiple Solapada, (Data Driven Methods with Multiple Overlapping Solutions, DDM-MOS). En esta clasificación se encuentra el Sistema Estadístico Híbrido Evolutivo con Modelo de Islas (HESSIM, Hybrid Evolutionary-Statistical System with Island Model) [16]. Su nombre deviene de la utilización de metaheurísticas evolutivas paralelas bajo un enfoque híbrido de colaboración basado en poblaciones y migración.

3.1. Metaheurísticas

La gran mayoría de los problemas de optimización poseen un grado de complejidad tal que no pueden ser resueltos de manera exacta sin hacer uso de grandes cantidades de tiempo. Sin embargo, en algunos problemas o situaciones particulares, no es estrictamente necesario alcanzar una solución exacta, pudiendo ser éstos resueltos haciendo uso de técnicas de optimización aproximadas, lo que permite solucionar el problema en cuestión en períodos considerablemente menores de tiempo.

Los métodos de optimización aproximados brindan soluciones de alta calidad, pero no garantizan obtener una solución óptima global, en contraste con los métodos de optimización exactos los cuales sí aseguran encontrar soluciones óptimas a cambio de un alto costo computacional [17]. De los métodos de optimización aproximados las metaheurísticas han cobrado importancia en los últimos veinte años debido a su capacidad de brindar soluciones satisfactorias aplicadas a problemas de gran tamaño en plazos razonables de tiempo.

Las metaheurísticas son técnicas de optimización aproximadas que suelen utilizarse para resolver problemas de optimización, con rasgos de incertidumbre y dinamicidad, que no pueden ser resueltos de manera exacta sin hacer uso de grandes cantidades de recursos y tiempo [18]. Las metaheurísticas son estrategias generales e inteligentes que tienen como objetivo mejorar y/o diseñar procedimientos heurísticos para resolver problemas de alta complejidad [19].

HESS-IM ha sido implementado haciendo uso de tres metaheurísticas de forma paralela, estas son: Algoritmos Evolutivos (Evolutionary Algorithms, EA) [19], Evolución Diferencial (Differential Evolution, DE) [20] y Optimización por Cúmulo de Partículas (Particle Swarm Optimization, PSO) [21], cada una de ellas es descrita brevemente a continuación.

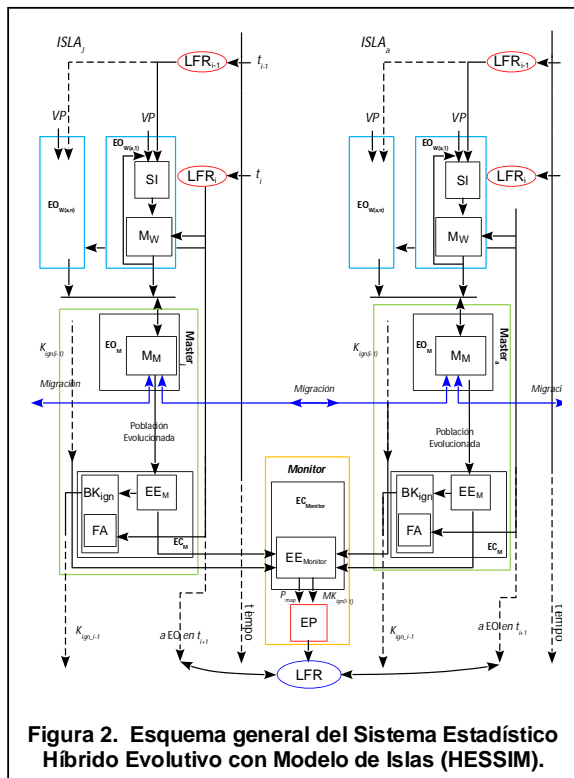


Figura 2. Esquema general del Sistema Estadístico Híbrido Evolutivo con Modelo de Islas (HESSIM).

3.1.1. Algoritmos Evolutivos. Los EAs son métodos de optimización estocásticos cuyo funcionamiento se encuentra inspirado en la teoría de evolución natural de las especies [22]. Pertenecen a la clasificación de metaheurísticas poblacionales, las cuales se caracterizan por conformar una población de soluciones candidatas, que son sometidas a un proceso iterativo que permite imitar el principio de selección natural y supervivencia.

Esto permite la evolución de los individuos a soluciones de mejor calidad mediante la aplicación de ciertos operadores evolutivos: selección, cruce, mutación y migración. Cada individuo posee un valor que permite cuantificar la calidad de la solución que dicho individuo representa para el problema. Este valor se conoce como aptitud o fitness y es calculado utilizando la función matemática que describe el problema. En cada iteración evolutiva, se selecciona cierta cantidad individuos que son perturbados generando así nuevas soluciones candidatas. Posteriormente, se lleva a cabo un procedimiento de reemplazo con el objetivo de determinar aquellos individuos que sobrevivirán o aquellos que serán reemplazados [23]. Al finalizar el ciclo de iteración evolutiva, se espera que algún individuo represente una solución aceptable para el problema tratado.

3.1.2. Evolución Diferencial. El algoritmo de Evolución Diferencial utiliza una población de soluciones candidatas para explorar el espacio de búsqueda, las cuales son creadas de forma aleatoria. El mecanismo central de DE esta basado en la diferencia de vectores, mecanismo por el cual se modifica de forma iterativa la población mediante el uso de operadores. A diferencia de EA, todos los operadores (i.e., mutación, cruzamiento y selección) son aplicados sobre cada uno de los individuos de la población. En primer lugar, se realiza la operación de mutación, la cual modifica la población mediante la aplicación de diferencias de vectores entre los miembros diferentes individuos de la población, de esta forma se determina tanto el grado como la dirección de los nuevos individuos.

Posteriormente, se somete cada individuo mutado junto con el individuo de la población actual al operador de cruce, generando un nuevo vector, llamado vector de prueba. A continuación, se realiza la selección para mantener en la población siguiente (i.e., próxima generación), a aquellos individuos con mejores características, para esto se evalúa para cada vector de prueba el valor de su función objetivo y se contrasta con su correspondiente de la población actual. Una vez comparados, si el vector de prueba tiene mejor o igual valor de función objetivo, se reemplaza el vector actual en la siguiente generación.

3.1.3. Optimización por Cúmulo de Partículas. PSO pertenece a la clasificación de metaheurísticas bioinspiradas, es decir que mantiene cierta analogía con distintos sistemas sociales o presentes en la naturaleza. PSO representa las soluciones candidatas mediante una población de partículas con las cuales explora el espacio de búsqueda. Las partículas poseen un valor de posición y de velocidad los cuales son actualizados en cada iteración del algoritmo. En términos generales, PSO maneja la población de soluciones como un cúmulo de partículas

donde cada partícula i consta de tres componentes. Por un lado, x_i representa la posición de partícula dentro del espacio de búsqueda, v_i describe la velocidad de la partícula y $pbest_i$ es la memoria de la partícula, lo cual representa la mejor posición encontrada hasta el momento. Por otro lado, el algoritmo maneja una componente social (o global a la población) denominada $pbest_g$, que representa la mejor posición encontrada por alguna partícula en toda la población. La velocidad de cada partícula y su posición son actualizadas en cada iteración del algoritmo.

3.2. HESSIM

HESSIM es un método general de reducción de incertidumbre que basa su funcionamiento en un esquema colaborativo de metaheurísticas evolutivas poblacionales. Un esquema general del funcionamiento interno de HESSIM se puede observar en la Fig. 2, en ella se representa un esquema de paralización basado en dos niveles de jerarquía master-worker. En el nivel superior un proceso denominado *monitor* es el encargado de iniciar la cadena de predicción, enviando a cada isla la información del incendio a ser evaluado (i.e., mapa real del incendio, intervalos de tiempo a considerar, parámetros, etc.). El envío de esta información se produce entre el *monitor* y los procesos *master* de cada isla.

Cada proceso *master* (en cada isla particular) instancia una Etapa de Optimización (**EO_M**), donde se da inicio a la metaheurística que cada isla tiene asignada (i.e., EA, DE o PSO). Tal como se puede observar, la Etapa Metaheurística se encuentra dividida en dos subetapas: por un lado, la Etapa Metaheurística del proceso master (**M_M**), y por el otro, la Etapa Metaheurística de los procesos workers (**M_W**). En términos generales, diremos que la etapa **M_W** se encarga de la evaluación de aptitud de los individuos, y la etapa **M_M** se ocupa del resto de las operaciones involucradas en cada metaheurística.

Los *workers* de cada isla realizan la evaluación de aptitud de los individuos mediante la utilización del simulador de incendios (**SI**). El **SI** se basa en el modelo definido por Rothermel [24] e implementado mediante la librería fireLib [25]. Para realizar la evaluación de aptitud en t_i es necesario contar con la línea de fuego real del incendio (**LFR**) en t_{i-1} (i.e., **LFR_{i-1}**) y los valores de los parámetros de entrada, los cuales se almacenan en los vectores de parámetros (**VP**). Una vez evaluados los individuos, éstos son enviados junto a su correspondiente valor de aptitud, a la etapa **M_M**. Esta etapa, además de realizar el resto de las operaciones de cada metaheurística (i.e., alteración de individuos, evolución de la población, etc.), se encarga de la migración de individuos hacia las islas vecinas. El proceso de migración se encuentra dividido en tres pasos: selección, envío/recepción y reemplazo. El proceso de *selección* consiste en escoger, de la población

actual, aquellos individuos que serán enviados al resto de las islas. Se utiliza un criterio semi-elitista, donde el 50% de los individuos a migrar corresponde a los mejores y el otro 50% se selecciona de forma aleatoria.

El siguiente paso, *envío/recepción*, es el mecanismo que efectúa la comunicación entre las diferentes islas, el cual envía y recibe individuos cada cierta cantidad de generaciones, también llamado frecuencia de migración, siguiendo una topología de anillo. La frecuencia de migración está establecida como un parámetro variable que depende de la cantidad máxima de generaciones.

El proceso de *reemplazo* determina los individuos de la población actual que serán reemplazados por los que arriben provenientes de otras islas; el criterio utilizado es similar al proceso de selección, donde los peores individuos son reemplazados por los mejores y el resto son reemplazados de forma aleatoria.

Finalmente, cuando las poblaciones de las distintas islas han evolucionado, éstas son enviadas a la Etapa de Calibración del proceso master (**EC_M**). En esta etapa se calcula un mapa de probabilidad, en función de todos los individuos, el cual se utiliza para generar el valor clave de ignición (**K_{ign}**, por sus siglas en inglés). El **K_{ign}** representa el patrón de comportamiento del incendio y es obtenido en la etapa Búsqueda del **K_{ign}** (**BK_{ign}**).

En todo instante de tiempo, en cada isla se genera un valor clave de ignición y un mapa de probabilidad, los cuales son enviados a la etapa de calibración del proceso *monitor* (**EC_M**), donde en la etapa estadística (**EE_M**) indica el número de isla cuyo par de valores ha obtenido el mejor valor de fitness. Éstos valores finalmente son ingresados en la etapa de predicción (**EP**) la cual realiza el cálculo de predicción (i.e., línea de fuego predicha) para el próximo instante de tiempo **LFR_{t+1}**.

Es importante mencionar que el rendimiento del método se evalúa tanto en términos de la calidad de predicción, como así también en relación al tiempo total de procesamiento. Si bien la calidad de predicción es considerada la medida de mayor importancia, el rendimiento computacional no deja de tener menor relevancia, ya que todo sistema de predicción debe garantizar obtener las predicciones con antelación suficiente a la ocurrencia del fenómeno en la realidad.

3.2.1. Pasos de simulación y pasos de predicción.

Debido al funcionamiento de este método, es importante destacar la diferencia entre un paso de simulación y uno de predicción: para ello observemos la Fig. 3. Aquí podemos ver que, para un incendio de duración determinada, existen t_s muestras representativas del avance del fuego, por lo tanto, $s-1$ pasos de simulación y $s-2$ pasos de predicción. Esto es debido a que éste método precisa de una etapa de calibración de parámetros de entrada, por lo que no pueden efectuar predicciones en el primer instante de tiempo (o sea en el primer paso de

simulación comprendido entre t_1 y t_2). El primer paso de simulación es utilizado para realizar la primera calibración de los parámetros de entrada. Luego de realizar dicha calibración el sistema se encuentra en condiciones para efectuar la primera predicción correspondiente al segundo paso de simulación, que equivale al primer paso de predicción (es decir, entre t_2 y t_3). Por lo tanto, para todo

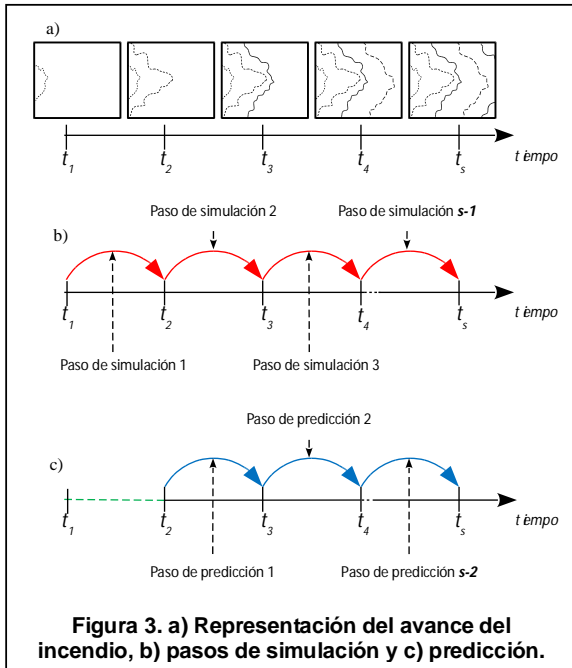


Figura 3. a) Representación del avance del incendio, b) pasos de simulación y c) predicción.

caso de prueba se obtienen $s-2$ valores de calidad de predicción, uno para cada paso de predicción.

3.3. Computación de Alto Rendimiento

La predicción de la propagación de incendios forestales constituye un desafío desde el punto de vista computacional, dada la complejidad que involucran los modelos, la necesidad de métodos numéricos y la eficiente administración de los recursos para obtener los resultados. En este sentido, la computación de alto rendimiento ha permitido abordar problemas cada vez más grandes y complejos, beneficiado por el avance tecnológico de los últimos años.

Tal como se mencionó en la sección anterior, HESSIM utiliza una arquitectura de doble jerarquía master/worker la cual en su implementación original incorporó únicamente paralelismo de memoria distribuida bajo la Interfaz de Paso de Mensajes (MPI, Message Passing Interface) [26]. En la Fig. 4 se puede observar la existencia de tres tipos de procesos: a) *monitor o master global*, b) *worker de nivel 1 o master de isla*, y c) *worker de isla*. Es decir, en el nivel superior (nivel 1) el proceso *monitor*

coordina a sus respectivos procesos *workers*. En el nivel inferior de jerarquía (nivel 2) cada uno de éstos procesos operan como *masters de isla*. Finalmente, cada isla contiene su conjunto de *workers de isla*. El proceso de comunicación entre los procesos se ve reflejado en las

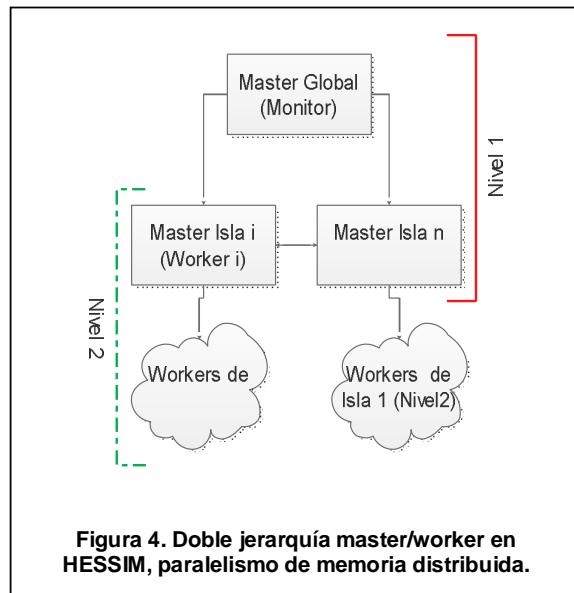


Figura 4. Doble jerarquía master/worker en HESSIM, paralelismo de memoria distribuida.

conexiones entre cada entidad (Fig. 4) y se corresponde con el esquema de la Fig. 2, donde se puede apreciar que la migración de soluciones candidatas se efectúa entre las islas a cargo de cada proceso *master de isla*.

Debido a que las metaheurísticas involucradas en el proceso de optimización necesitan someter cada solución candidata al simulador de incendios, para así obtener su fitness (i.e., función de fitness), resulta indispensable reducir la cantidad de evaluaciones de la función objetivo, o bien el tiempo de procesamiento asociado a este proceso. Siguiendo este objetivo se decidió implementar HESSIM bajo un esquema de paralelismo heterogéneo de memoria distribuida y memoria compartida bajo MPI/CUDA (Compute Unified Device Architecture) [29].

Debido a que HESSIM utiliza el simulador fireLib, el cual originalmente fue implementado para CPU, y dado que la simulación es la operación de mayor costo computacional se realizó una adaptación de fireLib para GPU basada en el trabajo de [27] (CudaFGM).

4. Experimentación

La evaluación de HESS-IM se llevó a cabo mediante su aplicación en un incendio real ocurrido en Capilla del Monte, Córdoba (Argentina) entre el 29 de agosto al 3 de septiembre de 2008, donde el fuego consumió un total de 51.852,063 hectáreas. El período de duración total del

incendio ha sido dividido en lapsos menores de tiempo denominados pasos de simulación, en la Tabla 1 se presenta toda la información detallada de cada instante de tiempo. Es importante observar que los valores del tiempo corresponden a intervalos de 1440 minutos (un día).

ta

Tabla 1: Detalle del incendio evaluado.

Paso	Fecha	Min. inicial	Min. final
1	29/08/2008	0	1440
2	30/08/2008	1440	2880
3	31/08/2008	2880	4320
4	01/09/2008	4320	5760
5	02/09/2008	5760	7200
6	03/09/2008	7200	8640

Por lo tanto, la comparación de calidad se lleva cabo en cada paso de predicción de los experimentos.

4.1.1. Evaluación del método. El rendimiento del método ha sido evaluado en base a dos criterios: a) tiempo de procesamiento y b) calidad de predicción. La evaluación de tiempo consiste en instrumentar el código de tal manera que se permita registrar y comparar el tiempo de cómputo (para el mismo incendio) total de la implementación basada en MPI versus el tiempo de procesamiento de la implementación heterogénea MPI/CUDA. Respecto a la calidad de predicción del método, ésta es evaluada mediante una función de aptitud la cual se basa en el índice de Jaccard [28] y se describe en la ecuación 1, donde A representa el conjunto de celdas en el mapa real sin el subconjunto de celdas quemadas antes de comenzar las simulaciones, y B representa el conjunto de celdas en el mapa de simulación sin el subconjunto de celdas quemadas antes de comenzar la simulación. El valor resultante estará entre 0 y 1, donde un valor igual a 1 corresponde a una predicción perfecta, ya que significa que el área predicha es igual a la superficie real quemada. Y un valor de aptitud igual a 0 indica que el error ha sido máximo debido a que la predicción no coincide con la realidad en absoluto. Debido a que el resultado numérico de ambas implementaciones de HESSIM es idéntico, la calidad de predicción ha sido contrastada contra una implementación previa del método la cual utilizaba como técnica de optimización un Algoritmo Evolutivo, este método se denomina ESSIM (para más información ver [29]). Es importante destacar que otras metodologías similares existentes en la literatura no han liberado su código fuente por lo que no es posible realizar estudios comparativos de forma directa, además en [29] ESSIM fue contrastado contra otras metodologías utilizando casos de quemas controladas.

$$fitness = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (1)$$

Debido al comportamiento no determinístico de HESSIM, y con el propósito de evitar cualquier amenaza a la validez de la experimentación, para ambas evaluaciones se efectuó un total de 30 ejecuciones de dicho experimento y tomando el promedio de éstas, registrando la calidad de predicción en cada instante de tiempo, como así también el tiempo total consumido. La experimentación se llevó a cabo en un cluster Linux compuesto por seis nodos con las características de hardware descritas en la Tabla 2.

Tabla 2: Detalle de hardware de cada nodo.

Nodo	CPU	RAM	GPU
1	AMD FX 6300	16GB	TESLA 2075
2	AMD FX 6300	16GB	TESLA 2075
3	AMD FX 6300	16GB	GTX 480
4	AMD FX 6300	16GB	GTX 480
5	AMD FX 6300	16GB	GTX 650
6	AMD FX 6300	16GB	GTX 650

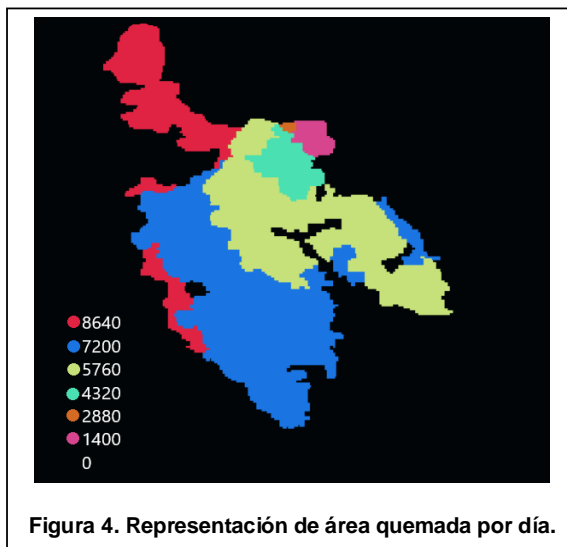


Figura 4. Representación de área quemada por día.

Los nodos se interconectaron mediante una Gigabit Ethernet bajo un entorno MPI/CUDA, modelo de programación preferido al diseñar códigos para aplicaciones GPGPU (General Purpose Graphics Processing Units).

Los resultados obtenidos en términos de tiempo de procesamiento se pueden observar en la Tabla 3, tal resultado representa el promedio de 30 ejecuciones debido a que HESSIM posee un comportamiento estocástico. Tal como se puede observar, en esta primera aproximación, se deja evidencia del incremento de rendimiento en la implementación heterogénea sobre la versión de memoria compartida (sólo CPU). Es importante destacar que no se

dispone por el momento de una implementación basada en MPI/CUDA del método ESSIM, debido a ello sólo el tiempo de la implementación MPI es considerado.

En términos de calidad de predicción, los resultados pueden observarse en la Fig. 5 donde se ha graficado el promedio de las 30 ejecuciones para cada paso de predicción. En el eje x se representa el tiempo de avance del incendio en minutos correspondientes al paso de predicción evaluado, y en el eje y el valor de aptitud o fitness.

Tabla 3: Comparación de tiempo de perecimiento.

Método	MPI	MPI/CUDA
HESSIM	17 horas 33 min	6 horas 20 min
ESSIM	18 horas 20 min	-

Tal como se puede observar en la Fig. 5, el primer valor de predicción (paso de predicción 1) corresponde al paso 2 de la Tabla 1 (paso de simulación 2), esto se debe a lo mencionado anteriormente, que el método no puede efectuar predicciones en el primer instante de tiempo; ya que al comenzar el proceso predictivo éste se encuentra calculando el primer valor K_{ing} (en la Etapa de Calibración), eso sucede en el primer paso de simulación (ver Fig. 5). La predicción comienza en el paso de simulación 2, donde se registra valor de calidad de predicción elevado, posteriormente la calidad de predicción se mantiene por encima de ESSIM y en el paso de simulación 5 se registra el mayor valor de calidad de predicción. Es importante notar que la evaluación de calidad de predicción corresponde a un incendio real donde se desconocen las variables que condicionan el comportamiento del fuego.

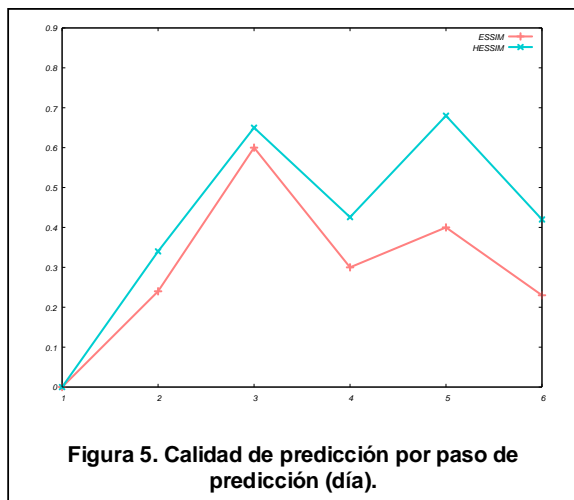


Figura 5. Calidad de predicción por paso de predicción (día).

5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha presentado la primera implementación del método de reducción de incertidumbre HESSIM bajo un esquema de paralelismo heterogéneo basado en MPI/CUDA. Además, se ha evaluado el desempeño de esta implementación en un caso real de incendio forestal ocurrido en Córdoba en el año 2008. La experimentación se ha desarrollado bajo condiciones de completa incertidumbre obteniendo valores de predicción superiores a una implementación previa. En término de tiempo de utilización de recursos, la implementación MPI/CUDA ha logrado obtener un tiempo de respuesta superior. Evidentemente queda aún mucho trabajo por realizar, entre ellos se destaca la aplicación de HESSIM a nuevos casos de incendios reales, como así también realizar un proceso de sintonización de los parámetros de las metaheurísticas participantes con el objetivo de sacar el máximo provecho al método. Por otro lado, también se considera importante trabajar en el procesamiento automático de las imágenes satelitales, con el propósito de poder alimentar al método de forma automática y aproximarnos aún más al objetivo de poder predecir este tipo de fenómenos en tiempo real. Y finalmente, y no menos importante, se considera pertinente continuar trabajando en la optimización del método en términos de utilización de recursos, ya que el propósito de todo método de predicción es obtener resultados con suficiente tiempo de antelación como para poder tomar medidas al respecto y minimizar los efectos negativos.

6. Referencias

- [1] W. Hough, "Fire and Human Civilization", *Proc. Am. Philos. Soc.*, vol. 71, n° 6, pp. 403–406, 1932.
- [2] D. M. Molina Terrén, *Incendios forestales: fundamentos, lecciones aprendidas y retos de futuro*. AIFEMA, 2010.
- [3] S. Graham, "Global Fire Monitoring", 22-oct-1999. [En línea]. Disponible en: https://earthobservatory.nasa.gov/Features/GlobalFire/fire_2.php. [Accedido: 01-may-2018].
- [4] P. Morgan *et al.*, "Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns", *Int. J. Wildl. Fire*, vol. 10, pp. 329–342, 2001.
- [5] R. Buyya, *High Performance Cluster Computing: Architectures and Systems*. Prentice Hall, PTR, NJ, USA, 1999.
- [6] M. R. Arahál, M. Berenguel Soria, y F. Rodríguez Díaz, *Técnicas de predicción con aplicaciones en ingeniería*. Sevilla: Secretariado de Publicaciones, Universidad de Sevilla, 2006.
- [7] G. Wallace, "A Numerical Fire Simulation-Model", *Int. J. Wildl. Fire*, vol. 3, n° 2, p. 111, 1993.
- [8] M. A. Finney, "FARSITE: Fire Area Simulator — Model Development and Evaluation", *USDA For. Serv.*

- Res. Pap.*, n° February, p. 47, 1998.
- [9] P. L. Andrews, C. D. Bevins, R. C. Seli, A. Andrews, P. L.; Bevins, y C. D.; Seli, "BehavePlus fire modeling system, version 4.0: User's Guide Revised", 2008.
- [10] F. A. Heinsch y P. L. Andrews, "BehavePlus fire modeling system, version 5.0: Design and Features", 2010.
- [11] A. M. . Lopes, M. G. Cruz, y D. X. Viegas, "FireStation -An integrated software system for the numerical simulation of fire spread on complex topography".
- [12] P. Mangana, P. Moura, L. M. Ribeiro, D. X. Viegas, y A. G. Lopes, "Operational application of a decision support tool in fire management in Portugal", *For. Ecol. Manag.*, vol. 234, n° Supplement 1, p. 243, 2006.
- [13] B. Wilkinson y C. M. Allen, *Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers*. Pearson/Prentice Hall, 1999.
- [14] K. Beven y A. Binley, "The future of distributed models: Model calibration and uncertainty prediction", *Hydrol. Process.*, vol. 6, n° 3, pp. 279–298, jul. 1992.
- [15] B. Abdalhaq, *A Methodology to enhance the prediction of forest fire propagation*. Universitat Autònoma de Barcelona, 2004.
- [16] M. Méndez-Garabetti, G. Bianchini, M. L. Tardivo, P. G. Caymes Scutari, y G. V. Gil Costa, "Hybrid-Parallel Uncertainty Reduction Method Applied to Forest Fire Spread Prediction", *J. Comput. Sci. Technol. ISSN-e 1666-6038, Vol. 17, N°. 1, 2017, págs. 12-19*, vol. 17, n° 1, pp. 12–19, 2017.
- [17] E.-G. Talbi, *Metaheuristics: from design to implementation*. John Wiley & Sons, 2009.
- [18] L. T. Bui, H. A. Abbass, y J. Branke, "Multiobjective optimization for dynamic environments", *2005 IEEE Congr. Evol. Comput.*, vol. 3, pp. 2349–2356, 2005.
- [19] F. Glover, "Future paths for integer programming and artificial intelligence", *Comput. {&} Oper. Res.*, vol. 13, n° 5, pp. 533–549, 1986.
- [20] R. Storn y K. Price, "Differential Evolution - A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces", Berkeley, CA, 1995.
- [21] F. Marini y B. Walczak, "Particle swarm optimization (PSO). A tutorial", *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 149, pp. 153–165, dic. 2015.
- [22] C. Darwin, *On the origins of species by means of natural selection*. 1859.
- [23] X. Yu y M. Gen, *Introduction to Evolutionary Algorithms*, 1ª ed., vol. 0. London: Springer-Verlag London, 2010.
- [24] R. C. Rothermel, *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels*, vol. II. Res. Pap. INT-115, US Dept. of Agric., Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. (Ogden, UT.), 1972.
- [25] Collin D. Bevins, "fireLib User Manual and Technical Reference", 1996.
- [26] W. Gropp, E. Lusk, y A. Skjellum, *Using MPI: portable parallel programming with the Message-Passing-Interface*. 2014.
- [27] F. A. Sousa, R. J. N. dos Reis, y J. C. F. Pereira, "Simulation of surface fire fronts using fireLib and GPUs", *Environ. Model. Softw.*, vol. 38, pp. 167–177, dic. 2012.
- [28] R. Real y J. M. Vargas, "The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity", *Syst. Biol.*, vol. 45, n° 3, pp. 380–385, sep. 1996.
- [29] M. Méndez-Garabetti, G. Bianchini, P. Caymes-Scutari, y M. L. Tardivo, "Increase in the quality of the prediction of a computational wildfire behavior method through the improvement of the internal metaheuristic", *Fire Saf. J.*, vol. 82, pp. 49–62, 2016.

Virtualización de funciones de red de una Telco en Argentina 2018. Compartí tu Wi-Fi, un caso de estudio

Peliza Carlos, Dufour Fernando, Serra Ariel, Micieli Gustavo, Biga Daniel
Departamento de Informática e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de La Matanza
Florencio Varela 1908, San Justo
Email: infoingenieria@unlam.edu.ar

Abstract

The aim of this work is to address two main aspects. Firstly, it intends to introduce the fundamental concepts of an architecture with virtualized network functions (NFV), reviewing the bibliography available to describe the possibilities of architecture development. Secondly, based on laboratory tests that prove the correct functioning of a service, the development implemented according to the description achieved is classified. The latter was performed taking into account the analysis of the steps taken by an Argentine telecommunications company to virtualize an SDN service called "Compartí tu red" ("Share your network").

Software Defined Networking (SDN) focuses on the separation between the control plane, in charge of the maintenance and control of connections in the network, and the data plane in networks, typical of the exchange of user information. "Share your network" is a SDN service, while virtualization of network functions (NFV) uncouples the network functions in both planes, of the hardware used.

This uncoupling of planes allows the deployment of control plane software components (e.g. OpenFlow controller) and the implementation of user plane software (called VNF) on computing platforms that are much more powerful than traditional network equipment.

The separation of plans allows developments generated by different software and hardware providers. The NFV architecture proposes the development and deployment of interoperable solutions and cooperative work between manufacturers and developers

1. Resumen

El objetivo de este trabajo es abordar dos aspectos principales. En primer lugar, pretende introducir los

conceptos fundamentales de una arquitectura con funciones de red virtualizadas (NFV), revisando la bibliografía disponible para describir las posibilidades del desarrollo de la arquitectura. Como segundo punto importante, a partir de las pruebas de laboratorio que comprueban el correcto funcionamiento de un servicio, se clasifica lo que ha sido el desarrollo implementado según la descripción lograda. Esto último a través del análisis de lo que se hizo en una empresa argentina de telecomunicaciones para virtualizar un servicio SDN llamado "Compartí tu red".

Software Defined Networking (SDN) se centra en la separación entre el plano de control, a cargo del mantenimiento y control de las conexiones en la red, y el plano de datos en las redes, típico del intercambio de información del usuario. "Compartir su red" es un servicio SDN, mientras que la virtualización de las funciones de red (NFV) desacopla las funciones de red en ambos planos, del hardware utilizado.

Este desacoplamiento de planos permite el despliegue de componentes de software de plano de control (por ejemplo, el controlador OpenFlow) y la implementación de software de plano de usuario (llamado VNF) en plataformas informáticas que son mucho más potentes que los equipos de red tradicionales.

La separación de planes permite desarrollos generados por diferentes proveedores de software y hardware. La arquitectura NFV propone el desarrollo y despliegue de soluciones interoperables y trabajo cooperativo entre fabricantes y desarrolladores.

2. Introducción

En el año 2012, durante el Congreso "SDN and OpenFlow World Congress" del mes de Octubre en Darmstadt, Alemania fue presentado el whitepaper "Network Functions Virtualization" con el objetivo de describir los beneficios, habilitadores y desafíos para la

virtualización de funciones de red y como justificación para fomentar una colaboración internacional que acelerara el desarrollo y despliegue de soluciones interoperables para servidores de alto volumen, basadas en estándares. En la propuesta del whitepaper estaban definidos los campos de acción y casos de uso (NFV_White_Paper, p 6) entre los cuales se enumeraban:

- Elementos de conmutación: BNG, CG-NAT, enrutadores
- Nodos de red móvil: HLR / HSS, MME, SGSN, GGSN / PDN-GW, RNC, nodo B, e Nodo B.
- Funciones contenidas en enrutadores y decodificadores domésticos.
- Análisis de tráfico: DPI, medición de QoE.
- Señalización NGN: SBCs, IMS.
- Funciones convergentes y de toda la red: servidores AAA, control de políticas.
- Optimización a nivel de aplicación: CDN, servidores de caché, equilibradores de carga.
- Funciones de seguridad: cortafuegos, escáneres de virus, sistemas de detección de intrusos, protección contra correo no deseado.

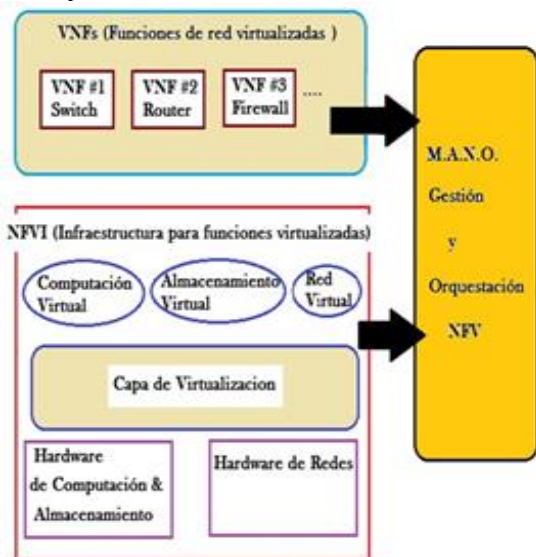


Ilustración 1 - Framework NFV

Dentro de lo que se denomina drivers en la industria de Telecomunicaciones, o sea factores que se analizan para adoptar una tecnología novedosa en el mencionado congreso se enumeraban:

- Necesidades de diseño para nuevos equipamientos
- Costes y restricciones físicas de fabricación

- Alto nivel de conocimiento necesario para operar las soluciones propietarias de HW/SW
- Complejidad HW en las soluciones de fabricante
- El ciclo de producto comienza antes de haber podido comenzar el retorno de inversión

3. Objetivos

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la arquitectura NFV para clasificar en ella, los desarrollos que son posibles de seguir y a partir del estudio de un caso real de implantación de un servicio como VNF, en una empresa de Telecomunicaciones de Argentina, verificar si el funcionamiento es el esperado y analizar cuál ha sido el desarrollo de arquitectura NFV utilizado.

El estilo de este trabajo de investigación es comparativo y se basa en el análisis de fuentes bibliográficas y documentación existente, junto a la realización de pruebas de funcionamiento del servicio implementado.

4. Entendiendo NFV

La virtualización de las funciones de red (NFV) es un enfoque de red propuesto por ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que permite la sustitución de dispositivos de hardware dedicado, tales como routers, firewalls y equilibradores de carga entre otros equipamientos, por dispositivos basados en software que se ejecutan como máquinas virtuales en servidores estándares de la industria.

El viaje a una red NFV completamente operacional requiere la coordinación de tres desarrollos interconectados pero totalmente separados: Virtualización, Orquestación y Automatización, ninguno de estos caminos puede considerarse de manera aislada (Ashton Metzler, 2015, p.47)

NFV desacopla las funciones de la red de dispositivos de hardware dedicados y las traslada a uno o varios servidores virtuales, que pueden cumplir múltiples funciones en un único servidor físico. Este enfoque reduce los costos y minimiza el mantenimiento, debido a que los dispositivos virtuales reemplazan dispositivos de red basados en hardware dedicado. La NFV no debe confundirse con una red virtualizada, porque la NFV, es un marco o arquitectura que busca descargar sólo las funciones de red, y no toda la red. También es importante señalar que la NFV es diferente de una función virtual de red (VNF), un término comúnmente utilizado para describir una función de red que se ejecuta en el software de una máquina virtual (Terminology for Main Concepts in NFV, gs_NFV003v010201p).

La amplia gama de opciones de desarrollo que presenta NFV puede expresarse mediante el siguiente cuadro de elaboración propia:

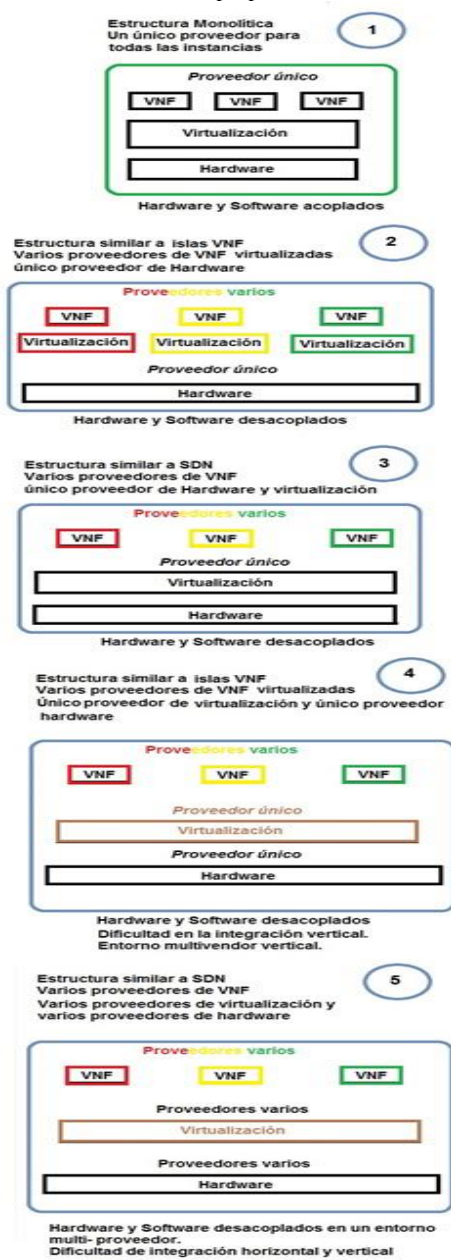


Ilustración 2 - Opciones de desarrollo NFV

5. Unión de proveedores NFV para este caso de estudio.



Ilustración 3 - Asociados propuestos por el proveedor

Dentro de los más de 800 miembros de 66 países en los cinco continentes se pueden encontrar desarrolladores de software, hardware y servicios de red ¹con membresía en ETSI. Una de las premisas sugeridas por ETSI para el desarrollo de NFV fue la búsqueda de plena interacción entre fabricantes y desarrolladores, sin que ello implicara membresía al grupo de trabajo², de igual manera resulta pertinente verificar la pertenencia de cada proveedor propuesto para trabajos de NFV, al universo ETSI, pero debe mencionarse que ello no implica un diferencial favorecedor.

El servicio a virtualizar, es comercializado por una empresa que ha unificado esfuerzos con otras especializadas en el sistema que conforma el servicio, a saber:

Del análisis propuesto se desprende que Realtek Semiconductor Corp., es un fabricante Fabless³ de semiconductores con sede central en el Hsinchu Science and Industrial Park, Hsinchu, Taiwan no es miembro de ETSI.

Brocade Communications Systems, Inc. es una compañía de tecnología especializada en productos de redes de datos y almacenamiento, ahora una subsidiaria de Broadcom Ltd. es miembro de ETSI a través de Broadcom Ltd.

Vyatta ofrece un enrutador virtual basado en software, un firewall virtual y productos VPN para redes IPv4 e IPv6. El sistema es una distribución de Linux basada en Debian con aplicaciones de red como Quagga, OpenVPN y muchas otras. Vyatta también se entrega como un

¹ <http://www.etsi.org/membership/current-members>.

² <http://www.etsi.org/images/files/ETSIGenericPresentation.pdf>

³ Fabless: fabricante de semiconductores que carece de una planta de fabricación propia para las obleas de silicio y se especializa en el diseño y la comercialización de chips.

archivo de máquina virtual y puede proporcionar funcionalidad (vrouter, vfirewall, VPN) para Xen, VMware, KVM. Como desarrollador no es miembro de ETSI. En junio de 2017, AT&T adquirió Vyatta Software Technology de Brocade Communications Systems.

6. El servicio a virtualizar

El servicio “Compartí tu Wi-Fi” se ofrecerá a cadenas de servicios que puedan organizar grupos de clientes a los que permitirá compartir internet a través del Wi-Fi, sin la obligación de buscar la SSID de la red y pedir la clave de acceso⁴.

Como caso de uso, el cliente llamado “cliente 1” posee un acceso a internet en su casa al cual se conecta por Wi-Fi, por tanto, tiene un SSID y una clave de acceso personales. Dicho cliente, también suele conectarse a la red pública de una cadena de hamburguesas de la cual es cliente habitual.

El servicio “Compartí tu Wi-Fi” ofrecido a la cadena de hamburguesas “XX”, le dejará formar la comunidad de clientes habituales de “XX” para todos sus locales de ventas, y compartir con ellos parte de su ancho de banda, sin que ello signifique proveer una red pública.

De esta forma cuando el cliente habitual visite algún local de “XX”, tendrá conexión automática a la red de la cadena “XX” usando los datos de validación de su propia red hogareña. Ello evita que los clientes preferenciales de “XX”, al visitar un local deban buscar la red Wi-Fi pública de la cadena y unirse a ella solicitando la clave. Por el contrario, se ofrecerá una red protegida donde el cliente se autentica con sus propios datos de acceso y dichos datos no son solicitados ni conocidos por la cadena “XX”. Véase ilustración 4.

En la solución ofrecida por el Proveedor destacamos: Es posible ser parte de varias comunidades que comparten Wi-Fi, y no hay que informar usuario y clave de acceso a ninguna de ellas.

No hay necesidad de recordar usuario y contraseña: se utiliza el mismo SSID que cada cliente tiene en su hogar. El SSID del hogar del cliente aparece dinámicamente en cada sitio miembro del grupo de clientes, cada vez que el miembro visita estos lugares con su dispositivo. Por lo tanto, no es necesaria ninguna aplicación del tipo Connection Manager o buscar manualmente la red compartida, y tampoco recordar nuevas credenciales de acceso.

Es necesario destacar que se debe utilizar CPEs (por ejemplo Modems ADSL) de cliente, compatibles con la el software del proveedor.

7. La arquitectura usada para las pruebas del servicio

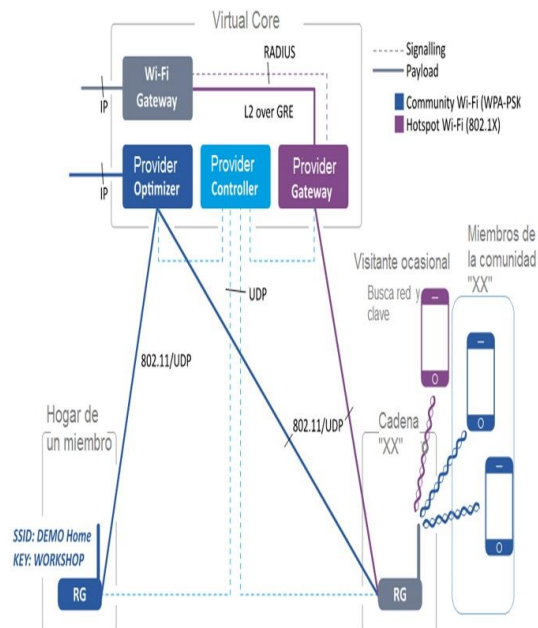


Ilustración 4 - Arquitectura con optimizador

El Optimizador permite centralizar el tráfico de internet, para evitar flujos de ida y vuelta duplicados y optimizar de este modo la disponibilidad del ancho de banda.

El Gateway implementa una pila IEEE 802.11, completa con seguridad WPA y WPA2; Cifrados CCMP (AES) y TKIP (RC4); Clave pre compartida (PSK) e IEEE Autenticación 802.1X; y RADIUS para Autenticación, Autorización y Contabilidad (AAA)

El controlador se comunica con puntos de acceso Wi-Fi y puntos de terminación del túnel a través de UDP / IP basado en los protocolos de plano de control, los conecta a pedido. Qué radiofrecuencia y servicio serán conectados, se determina por las aplicaciones SDWN que se ejecutan en el controlador.

8. Equipamiento del Laboratorio:

Núcleo de la red:

Todo el Virtual Core del Proveedor se instaló y configuró como una VNF en una Maqueta NFV de Laboratorio existente compuesta por el software y hardware que a continuación se detalla:

⁴Información comercial confidencial.

Computing Hardware:

HP C7000 G7 con 6 blades de 6 cores cada uno y procesador X5650 (Tecnología Westmere)



Storage Hardware:

2x600Gbytes de HD por blade



Hypervisor:

kvm RHEL 7.1 Red Hat



VIM, Orchestrator



Ilustración 5 -Componentes del núcleo de red

La VNF de Proveedor está compuesta del software cuyas funciones se detallan:

- MGMT: Nodo de gestión para acceso remoto a VNF
- PROVIDER-CTRL: Nodo controlador del Proveedor, requerido para todos los servicios.
- PROVIDER-GW: Nodo Gateway del proveedor, requerido para el servicio HOTSPOT
- PROVIDER-OPT: Nodo Optimizador del Proveedor
- WLAN-GW: WLAN Gateway, que proporciona RADIUS AAA, servidor DHCP y funcionalidad de IP Gateway.

Los equipos físicos de hardware para clientes, utilizados para el proyecto se detallan a continuación:

- Askey Mini ADSL CPEs (Marco Polo v2 con firmware Proveedor compatible).
- 4 CPEs instalados en una locación fija y concurrida
- 2 CPEs instalados en un ambiente controlado
- 1 CPE instalado en un edificio de CABA
- El resto fue distribuido a los participantes de la prueba para su instalación hogareña

Los dispositivos de prueba controlada utilizados, fueron:
 Características de los móviles empleados:
 Smartphone Motorola, Modelo: Moto X (XT1058);
 Versión de Android 5.1; Versión de banda base: MSM8960PRO_BP23225.138.89.00R, número de compilación: LPA23.12-15; Versión del sistema: 222.21.15.ghost_row.Movistar.en.AR.tefla, Versión de núcleo: 3.4.42-g030aaa2hudsoncm@ilcblbd31.

Características de las laptop empleadas
 Laptop N°1: marca Exo, modelo HR14, con Windows 7 Enterprise, Service Pack1, procesador Intel Core I7- 2620 M CPU - 2,7GHz, 4GB de RAM, Sistema operativo de 32 bits); interfaz Wireless Realtek RTL8188CE Wireless LAN 802.11

Laptop N°2: marca Exo, modelo HR14, con Windows XP Service Pack3, procesador Intel Core I7- 2620 M CPU 2,7GHz, 4GB de RAM, Sistema operativo de 32 bit); interfaz Wireless Realtek RTL8188CE Wireless LAN 802.11.

9. Las Pruebas:

Se efectuaron capturas de los protocolos intercambiados entre los AP y los usuarios inalámbricos en la interfaz de aire, por medio de un software diseñado para auditoría de seguridad informática (WiFiSlax). Luego, dichas capturas fueron analizadas con software de uso regular en el ámbito de estudio de redes (Wireshark). En lo que respecta a los móviles se instaló un software (WiFi Overview 360 Pro) para escanear redes WiFi con capacidades de detección y sniffer (información detallada de niveles de señal, direcciones de red y MAC address, canales de RF, velocidades de conexión, etc.).

Para el caso de las laptop, se instaló un software (InSSIDer) con capacidades equivalentes a las provistas por la aplicación de los móviles.

En todos los casos de pruebas con móviles las transiciones entre los distintos estados de asociación se efectuaron en forma automática, sin intervención alguna del usuario.

Se observó que las asociaciones del móvil con los AP seguía la secuencia esperada; dicha secuencia, en su forma completa, debería ser: Probe Request, Probe Response, Authentication, Association Request, Association Response y el envío de las key. Con el objeto de verificar la secuencia indicada se efectuaron capturas de cada instancia de asociación, es decir, iniciando la misma en unos de los AP (Home), continuando con el AP restante (Visitor) y volviendo finalmente al primero.

El diagrama representa el intercambio de mensajes entre equipos (observar el sentido de las flechas asociadas a cada mensaje). Las MAC de cada equipo se encuentran indicadas en la parte superior del diagrama y las líneas verticales de referencia delimitan el diálogo entre elementos de red.

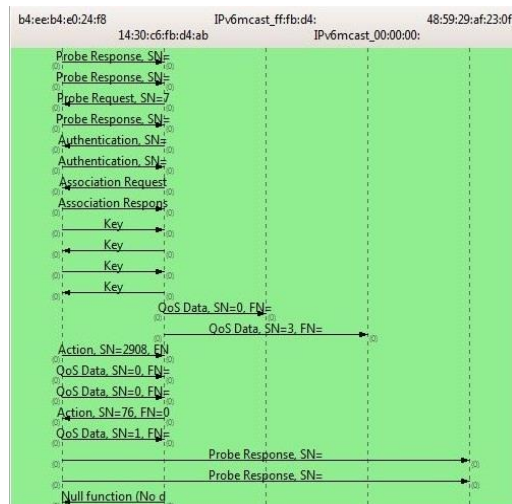


Ilustración 6 Captura de los intercambios de tramas

Comportamiento del AP

Se observó exclusivamente el comportamiento del AP, desde el encendido del equipo, respecto del establecimiento de la sesión con el controlador del proveedor.

Se muestra a continuación el resumen del diálogo entre el AP y el Controller (en las capturas de tráfico se deberá buscar la IP 201.251.104.35 correspondiente a este último y la 200.51.171.118 correspondiente al AP, asignada por el BRAS); en este caso no se establecieron asociaciones de usuarios Wireless al AP. Las capturas de tráfico se efectuaron accediendo al BRAS (Broadband Remote Access Server).

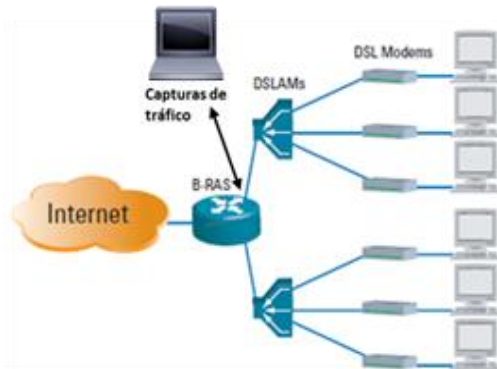


Ilustración 7 Esquema del escenario de medición

200.51.171.118	201.251.104.35	Comment
Client Hello		DTLSv1.2: Client Hello
Hello Verify Requ...		DTLSv1.2: Hello Verify Request
Client Hello		DTLSv1.2: Client Hello
Server Hello, Cert...		DTLSv1.2: Server Hello, Certificate, Server Hello Done
Client Key Excha...		DTLSv1.2: Client Key Exchange, Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message
Change Cipher S...		DTLSv1.2: Change Cipher Spec, Encrypted Handshake Message
Application Data		DTLSv1.2: Application Data
Application Data		DTLSv1.2: Application Data
Application Data		DTLSv1.2: Application Data
Application Data		DTLSv1.2: Application Data
Application Data		DTLSv1.2: Application Data
Application Data		DTLSv1.2: Application Data

Ilustración 8 Comportamiento de los AP

Los resultados de la prueba de funcionamiento del servicio fueron satisfactorios.

10. Conclusiones y posibles líneas de Investigación

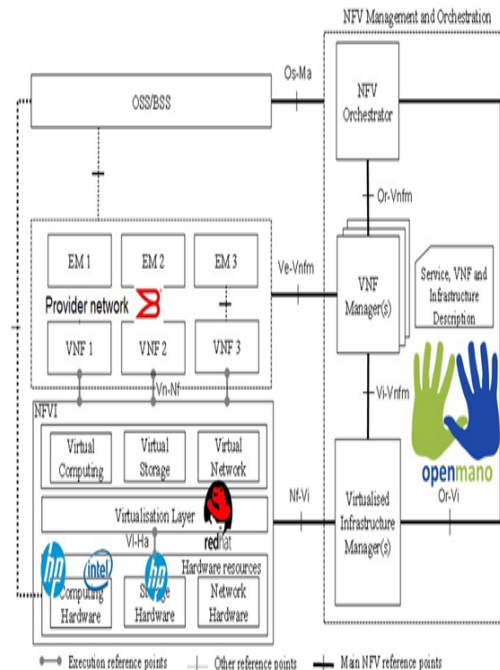


Ilustración 9 Arquitectura NFV y proveedores utilizados en las pruebas

Como primer paso para analizar el desarrollo de la arquitectura seguido en la prueba antes descrita, debemos analizar los campos de acción y casos de uso definidos por ETSI, cuales son los utilizados y su coincidencia.

La existencia de un Provider controller cuya función es la de distribuir la carga entre el Provider Gateway y el Provider optimizador nos indica que hay un balanceo de cargas y un control de políticas de acceso. Por eso podemos afirmar que cumple con los campos de acción propuestos por NFV

- Funciones convergentes y de toda la red: servidores AAA, control de políticas.
- Optimización a nivel de aplicación: CDN, servidores de caché, equilibradores de carga.

En cuanto a la arquitectura de la prueba propuesta, al superponer proveedores que integran la solución con la propuesta de ETSI, no hay dudas en que existen las funciones de red virtualizadas (VNF) en la propuesta del proveedor.

En la Infraestructura para Funciones Virtualizadas (NFVI) se utiliza el hipervisor KVM propuesto por Red Hat y servidores HP con procesadores Intel, también hay Gestión y orquestación provista por Open Mano.

En resumen, la implementación del servicio “Compartí tu Wi-Fi” es consistente con la arquitectura NFV.

En cuanto al desarrollo de la arquitectura, propuesto en el gráfico 2 de este trabajo, se puede descartar la opción llamada “implementación monolítica” ya que no se ha utilizado un único proveedor para el servicio virtualizado.

Lo mismo ocurre con la segunda opción, dado que como fue explicado, en la Infraestructura de red virtualizada se usan Hipervisor Red Hat y Servidores HP (fabricante que recomienda usar XenServer)⁵

La opción tercera, se corresponde con la situación donde la capa de infraestructura de funciones virtualizadas es propuesta por un único vendedor, situación no existente en este caso, ya que interactúan Red Hat y HP, por el armado de la maqueta de Laboratorio existente.

La diferencia entre las opciones restantes, pueden describirse como la cantidad de proveedores existentes para cada capa de la infraestructura de funciones virtualizadas.

En este caso, dado que la VNF se instaló en una maqueta NFV ya existente, se puede descartar la opción cuarta, se usaron las opciones existentes y no se exigió al proveedor el uso de infraestructura propia.

La investigación comprueba que la implementación de un servicio SDN en una arquitectura NFV, resulta una tarea compleja e involucra el trabajo de diversos especialistas, pero a causa de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se logra evitar la dependencia monovendedor y se difunde el uso de software libre en hardware genérico.

Una posible línea para futuras investigaciones, es realizar un análisis de rendimiento cuando se presente el caso de varios proveedores del servicio de orquestación por ejemplo, la existencia de dos o más VNFs cuyo plano de control u orquestación sea operado con dos proveedores.

11. Glosario

AAA	Authentication, Authorization & Accounting
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
BNG	Broadband Network Gateway
BRAS	Broadband remote access server
CCMP	Counter Mode CBC-MAC Protocol
CDN	Content Delivery Network

CPEs	Customer Premise Equipments
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DPI	Deep Packet Inspector
GGSN	Gateway GPRS Support Node
HLR	Home Location resources
HSS	Home Subscriber Server
IEEE	Inst. of Electrical and Electronics Engineers
IMS	IP Multimedia System
MAC	Media Access Control
ME	Mobile Equipment
MME	Mobility Management Entity
MS-BNG	Multi Service Broadband Network Gateway
NA(P)T	Network Address (Port) Translation
NAI	Network Access Identifier
NGN	Next Generation Network
PCC	Policy and Charging Control
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PDN	Packet Data Networks
PDN GW	Packet Data Networks Gateway
PLMN	Public Land Mobile Network
PSK	pre-shared key
QCI	QoS Class Identifier
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Server
RA	Router Advertisement
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service
RBN	Regional Broadband Network
RG	Residential Gateway
RNC	Radio Network Controller
SBCs	Service Border Controllers

⁵<http://www.ciospain.es/archive/los-servidores-proliant-incluiran-el-hipervisor-xenserver-embedido>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

SDN	Software Defined Network
SDWN	Software-defined wireless network
SeGW	Security Gateway
SSID	Service Set Identifier
TDF	Traffic Detection Function
TIER x	ISP de nivel x
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
TR	Technical Report
TWAG	Technical Report
UDP	User Datagram Protocol
VLAN	Virtual Local Area Network
VPN	Virtual Private Network
WG	Working Group
WPA	Wi-Fi Protected Access

12. Bibliografía

- Hakiri, A., Gayraud, T., Schmidt, D., & Berthou, P. (2014). Software Defined Networking: Challenges and research opportunities for Future Internet. *Computer Networks* Volume 75, Part A, 453-471.
- AT&T: Margaret Chiosi. BT: Don Clarke, Peter Willis, Andy Reid. China Mobile: Dr. Chunfeng Cui, Dr. Hui Deng, et al. (s.f.). (29 de Abril de 2018). Obtenido de European Telecommunications Standards Institute:
http://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf
- Metzler, A., & Metzler, J. (2015). The 2015 guide to SDN and NFV. Obtenido de Webtorials.
- ETSI GS. Network Functions Virtualisation (NFV); Terminology for Main Concepts in NFV. NFV 003 V1.2.1.2014
- Manuel Paul, Sibylle Schaller, Malcolm Betts, Dave Hood, Meral Shirazipour, Diego Lopez, *Applying SDN Architecture to 5G Slicing*, TR-526.pdf recuperado de <https://www.opennetworking.org/software-defined-standards/archives/>
- N. McKeown, T. Anderson, L. Peterson, J. Rexford, S. Shenker, and S. Louis, "OpenFlow : Enabling Innovation in Campus Networks.(2008). *ACM SIGCOMM Computer Communication*. Volume 38 Issue 2, April 2008 (pp 69-74).

Actividades de seguridad en la cadena de valor del software.

Cuevas, Juan Carlos, Muñoz Roberto Miguel, Gibellini Fabian Alejandro, Parisi German, Zea Cardenas Milagros, Bertola Federico.

Laboratorio de Sistemas - Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Córdoba,

Maestro Marcelo López esq. Cruz Roja Argentina

Ciudad Universitaria – Córdoba - Argentina

juancarloscue@gmail.com, robertmunioz@gmail.com, fabiangibellini@gmail.com,
germannparisi@gmail.com, milyzc@gmail.com, federicojbertola@gmail.com

Resumen

En este trabajo se plantean actividades de bajo costo que se deberían realizar en un proceso de desarrollo de software para empezar a garantizar un mínimo nivel de seguridad del mismo. Históricamente se planteó a la seguridad como un requerimiento no funcional, sin embargo, los datos y las funcionalidades con las que cuentan los sistemas están siendo cada vez más críticos, lo que implica que debe pensarse a la seguridad como algo trascendental a lo largo del ciclo del desarrollo de software.

Se pretende abordar las actividades que agreguen valor en cuanto a seguridad del software con el objetivo de que sirvan como lineamientos hacia un software con calidad y las actividades abordadas puedan ser implementadas por fábricas de software, ya sean pequeñas o medianas.

El presente trabajo está inserto en el contexto del proyecto “Sistema Integrado de Soporte para Análisis de Vulnerabilidades en Sistemas Web”, el cual se encuentra homologado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Postgrado y financiado por la UTN – FRC bajo el código EIUTNCO0004084.

1. Introducción

Existen varias iniciativas para incorporar actividades de seguridad en el ciclo de desarrollo de software. Las más conocidas son OWASP SAMM [1], BSIMM v8 [2] y NIST 800-64 [3], sin embargo, ninguna de ellas es barata de implementar. Describen decenas de actividades, lo cual requiere una importante inversión económica y de

tiempo para ponerlas en funcionamiento. Sumado a esto, muchas actividades dejan un margen de ambigüedad para la libre interpretación lo que complica aún más llevarlo a la práctica por fábricas de software sin personal capacitado en seguridad informática.

Se definieron actividades precisas y de bajo costo en cada etapa del ciclo de desarrollo que permitan a una fábrica de desarrollo de software introducir actividades de seguridad.

Esta publicación surge luego de la experiencia de los autores en el sector de la seguridad informática, de desarrollo de software y de administración de redes.

2. Requerimientos, análisis y diseño

Si la fábrica de software no considera a la seguridad como una actividad que agrega valor al software, lo primero a cambiar es la mentalidad, la seguridad no es un requerimiento no funcional ni tampoco es un requerimiento funcional. La seguridad es una actividad del aseguramiento de la calidad del software [4] que debe ser nutrida por actividades a lo largo del ciclo de desarrollo de software.

Se presentan dos actividades no excluyentes para incluir seguridad a los requerimientos.

2.1. Definir casos de abusos.

Un caso de abuso es una especificación de la interacción entre el sistema y uno o más actores donde los resultados de la ejecución son dañinos para el sistema, para uno o varios de los actores o para los stakeholders. Normalmente la ejecución de esta

interacción requiere habilidades técnicas avanzadas por lo que es obligatorio que la defina un integrante con conocimientos técnicos. Tal como un caso de uso, un caso de abuso debe describir la interacción completa entre el sistema y el/los actor/es [5] [6]. Hay trabajos que brindan una notación extendida a la de casos de uso que sirve para describir un caso de abuso [7]. Si bien podemos describir casos de abuso siguiendo la misma estrategia de un caso de uso, consideramos que no es la manera más ágil de hacerlo debido al formalismo intrínseco que tiene este tipo de modelos. En este trabajo se pretendió sugerir una manera ágil para su descripción, que añada valor al desarrollador y que sea un complemento de la descripción de una historia de usuario.

La descripción de cada caso de abuso es simplemente una o dos frases escritas por personal técnico. Por ejemplo, supongamos la siguiente historia de usuario:

Historia de usuario: “como paciente quiero consultar mis turnos”.

Se asume que esta historia de usuario será implementada por una API REST en la URL /turnos/[id] donde id es el id del paciente y que desde el navegador se realizará una petición GET mediante AJAX para consultar los turnos y graficarlos en una tabla.

Casos de abuso:

1. Siendo paciente consultar turnos de otro paciente haciendo una solicitud por GET a /turnos/id cambiando el id.
2. Siendo usuario anónimo del sistema consultar los datos de un paciente haciendo una petición GET a /turnos/id.
3. Siendo otro usuario del sistema consultar los datos de un paciente haciendo una petición GET a /turnos/id.
4. Siendo paciente consultar los datos de un paciente haciendo una petición GET a /turnos/'. Esto permite saber si hay vulnerabilidad de SQL Injection pero no permite asegurar que no la hay.

Realizar esta actividad de definir casos de abuso prepara al desarrollador a tener en cuenta estos casos. Por supuesto, la definición de casos de abuso más avanzados dependerá de la experiencia y del conocimiento en técnicas de ataques [8]. También dependerá de la tecnología de desarrollo, por ejemplo, si el desarrollador sabe que el acceso a datos es a través de un ORM

(Modelo Objeto Relacional) que asegura protección contra SQL Injection no definirá el cuarto caso de abuso.

2.2. Definir amenazas (actividad opcional).

Una amenaza es una posible interacción entre el software y uno o más actores donde los resultados de la ejecución son dañinos para el sistema, para uno o varios de los actores o para los stakeholders pero sin saber exactamente cómo podría suceder dicha interacción. Debe ser descrita por un rol no técnico que tenga en cuenta el valor del negocio, aunque no sepa cómo podría ejecutar el ataque. Continuando con el mismo ejemplo anterior:

Historia de usuario: “como paciente quiero consultar mis turnos”.

Amenazas:

1. Un usuario consulta los turnos de todos los pacientes.
2. Un usuario modifica los turnos de un paciente.

3. Desarrollo

En esta etapa se deben considerar 2 aspectos. El primero es tener en cuenta lo definido en las etapas anteriores. El segundo es saber que se van a cometer errores de seguridad, así como se cometen errores de funcionalidad. A continuación, se describen 4 actividades que ayudarían a desarrollar un código más seguro:

3.1. Leer los casos de abuso y amenazas definidas anteriormente.

La definición de casos de abuso y amenazas definidas anteriormente se realiza para que el desarrollador las tenga en cuenta. Se podría denominar a esta técnica como seguridad dirigida por casos de abuso y no tan solo sirve para saber qué validaciones realizar durante el desarrollo sino también en la etapa de testing para saber qué probar.

3.2. Estar al tanto del top 10 de vulnerabilidades de OWASP.

OWASP define cada varios años el top 10 de vulnerabilidades tanto para aplicaciones web como para móviles. El último correspondiente para web fue en 2017 [9] y para móvil fue en 2016 [10]. Cada desarrollador debe estar al tanto, aunque claro está no son los únicos errores que se pueden cometer.

3.3. Definir y aplicar controles proactivos.

Los controles proactivos son lineamientos que dan conciencia a los desarrolladores sobre lo que deben tener en cuenta para llevar a cabo un desarrollo seguro. Sugerimos al menos cumplir los siguientes tres:

- **Codificación de caracteres:** Es un mecanismo que permite traducir caracteres especiales potencialmente peligrosos a caracteres equivalentes que no lo son. Un carácter especial es potencialmente peligroso dependiendo de la tecnología que se esté utilizando, por ejemplo, si los caracteres viajan desde y hacia un intérprete de código JavaScript y HTML (como un navegador web), entonces los caracteres '<' y '>' son potencialmente peligrosos ya que se utilizan en las etiquetas HTML. Debido a esto, es conveniente traducir estos caracteres a su equivalente '<' y '>';
- **Parametrización de consultas:** Injection es uno de los ataques más peligrosos y populares para las aplicaciones web [9], particularmente SQL Injection —un tipo de Injection— puede permitir el robo o modificación de la base de datos. La parametrización de consultas permite que las sentencias SQL sean enviadas y validadas por el servidor de base de datos evitando que lo haga la aplicación. La mayoría de los lenguajes y frameworks ofrecen una manera de realizar la parametrización por lo que los desarrolladores deben saber usarla. Además, muchos frameworks como Django, Hibernate, Play, Node.js, entre otros, emplean un modelo objeto-relacional (ORM) para abstraer la comunicación con la base de datos. Esto provee una parametrización automática ejecutada por el ORM, sin embargo, otro tipo de inyecciones pueden realizarse por lo que no es garantía contra inyecciones usar un framework que provea este tipo de características [11].
- **Validación de las entradas:** Los desarrolladores deben verificar cualquier dato que ingresa al sistema ya sea desde otro sistema o desde un usuario. Se debe tomar la posición de que todas las entradas son no confiables y realizar una validación sintáctica y semántica de las mismas [12].

Los anteriores están basados en la lista de 10 controles proactivos propuesto por OWASP para desarrolladores web. Si bien estos controles están orientados a

aplicaciones web también pueden aplicar a otro tipo de aplicaciones.

3.4. Prestar atención al código de terceros.

El uso de código de terceros indudablemente aumenta la productividad, sin embargo, es un componente que se agrega al software, sobre el cual, generalmente, no se tiene conocimiento de cómo está desarrollado. Esto implica agregar incertidumbre y la incertidumbre no es garantía de seguridad. Se propone mantener actualizado el software de terceros, hacer un seguimiento de los arreglos de seguridad e idealmente consultar a diario la lista de vulnerabilidades de los softwares más conocidos expuestas por MITRE [13].

4. Testing

Cada tester simula ser un usuario del sistema (denominado Insider). Sin embargo, en la realidad, los usuarios no siempre tienen buenas intenciones. Se plantea que en esta etapa cada tester simule también ser un usuario malicioso. Generalmente la actividad de simular usuarios maliciosos se denomina prueba de penetración o pentesting, pero la actividad recomendada para esta etapa no es realizar un pentesting sino llevar a cabo un testing con 2 intenciones, una buena y una mala. A continuación se presentan las diferencias.

4.1. Pruebas de penetración

Una prueba de penetración se define como ataques simulados a una aplicación que permite encontrar errores de seguridad. Debe existir previo acuerdo entre las partes (el cliente y el pentester) y se debe definir los lineamientos de la misma como tipo, visibilidad, posicionamiento, alcance, etapas, etc. Se recomienda que sea un equipo externo al que desarrolló el software.

El resultado generado por una prueba de penetración, en general, son 2 informes: El informe ejecutivo y el informe técnico. Es importante que el informe técnico brinde una prueba de concepto por cada vulnerabilidad encontrada, es decir, los pasos que se ejecutaron para llegar a la misma.

En una prueba de penetración se usan herramientas, normalmente para automatizar o facilitar ataques, se utilizan técnicas y se plantean tácticas [14]. Además, para ejecutarla existen diferentes metodologías, por ejemplo, OSSTMM, OWASP Testing Guide V3, ISSAF, Penetration Testing Framework 0.59, Penetration Technical Guides.

Se necesita personal entrenado y calificado para realizar un pentesting de manera adecuada. Esto es costoso, por lo que se propone la siguiente actividad para comenzar a tener conciencia de la seguridad.

Testers aprenden nuevas habilidades para testear como un usuario malicioso.

Un usuario malicioso se define como una persona capacitada técnicamente para atacar y posiblemente encontrar errores de seguridad en un software, vulnerando la confidencialidad, disponibilidad e integridad de los datos.

Cada tester debe mentalizarse que las pruebas que debe realizar son para dañar al sistema, en esta etapa es muy útil la creatividad del profesional. Debe empezar por tener en cuenta los casos de abuso, luego debe utilizar herramientas que faciliten los ataques y aprender habilidades de ataques siguiendo el orden del TOP 10 de vulnerabilidades de OWASP.

Entre las herramientas indispensables para realizar pruebas de penetración en aplicaciones web están los proxys de aplicación, tales como, Zed Attack Proxy o Burp Suite Scanner.

5. Despliegue

Actualmente esta etapa se puede llevar a cabo de 2 maneras diferentes de acuerdo con la naturaleza de la empresa u organización. La primera es que un equipo de administradores de sistema as configure la infraestructura dónde se ejecutará el software. La infraestructura comprende servidores, enrutadores, cableado, interfaces, firewall, y otros componentes más. La segunda, que por su bajo costo se está imponiendo en la industria del software, es que el mismo equipo de desarrollo realice el despliegue en infraestructura de terceros (popularizado con el nombre de DevOps). Esta segunda opción utiliza servicios de virtualización en la nube que aprovecha la infraestructura brindada por la empresa contratada, por ejemplo, Amazon Web Service y Microsoft Azure.

Independientemente de las 2 situaciones planteadas anteriormente se propone una actividad que se debe realizar siempre:

5.1. Configurar cada componente de software haciendo hincapié en la seguridad.

Por un momento vamos a jugar a que somos un componente de software, cualquiera sea, por ejemplo, un motor de base de datos, un servidor web, un balanceador de carga, etc; y nos hacemos las siguientes 3 preguntas:

1. ¿Cómo me solicitan mi servicio?

Se refiere a qué protocolos o llamadas se utilizan para que el componente reciba la petición de servicio. Por ejemplo, supongamos un servidor web, el protocolo de solicitud es HTTP. Este protocolo no incorpora seguridad así que debe ser combinado con el protocolo

TLS 1.2 para formar el protocolo HTTPS. La configuración adecuada sería que este servidor web solo sea accesible a través de HTTPS.

La importancia de esta pregunta radica en cómo sabe el componente de software que la solicitud es correcta y no ha sido modificada por alguien más. Este tipo de ataque se conoce como ataque Man-in-the Middle (MitM), un caso relevante fue en 2014 donde se descubrió una vulnerabilidad en SSL 3.0 [15].

También se puede considerar para responder a esta pregunta si es necesario autenticarse frente al componente, como por ejemplo, el caso más común, los motores de bases de datos.

2. ¿Quién puede solicitar mi servicio?

Consiste en generar una lista blanca de aquellos que pueden solicitar el servicio al componente. Una implementación es configurar un rango de IPs permitidas. Por el contrario, se puede generar una lista negra para indicar quiénes no pueden solicitar el servicio o solicitarlo de forma parcial.

3. ¿Qué datos sensibles necesito para ejecutar mi servicio?

Se debe resguardar los datos sensibles utilizando el principio de mínimo privilegio: "cada parte (como ser un proceso, un usuario o un programa, dependiendo del contexto) debe ser capaz de acceder solo a la información y recursos que son necesarios para su legítimo propósito" [16].

Por ejemplo, para que una aplicación en una computadora se comunice con otra aplicación en otra computadora, por lo general, se utiliza algún protocolo de autorización como oauth [17]. Estos protocolos de autorización pueden requerir el uso de una clave o API key. Ésta debe almacenarse en un archivo de configuración donde los permisos sean lo más restringido posible así se evita una posible fuga de información. Lo mismo sucede con las credenciales del motor de base de datos, por ejemplo.

Se propone una segunda actividad para aquellos que configuran la infraestructura dónde se desplegará el software.

5.2. Configurar firewall y DMZ.

Las 2 tareas indiscutidas para una organización con infraestructura de servidores ubicada en la misma organización son:

1. Implementar una arquitectura DMZ (zona desmilitarizada) usando por ejemplo, un proxy reverso como Nginx, HAproxy, F5. Esto implica

que cualquier vulnerabilidad explotada afectará solamente a la red DMZ y no comprometerá a la red interna de la organización.

2. Configurar un firewall de borde que filtre y monitoree las solicitudes entrantes y salientes.

Estas 2 tareas comprenden lo más básico de la seguridad en despliegue. Sin embargo, el foco de este trabajo está en aquellas empresas que no cuentan con infraestructura de servidores por eso no se ahonda demasiado en este punto.

5.3. Realizar monitoreo (actividad opcional).

Esta actividad es opcional pero valiosa al momento de reaccionar ante alguna eventualidad.

Se puede monitorear todo lo que hiciese falta. El principal mecanismo de monitoreo es a través de los logs que generan cada componente de software. Los desarrolladores deben prever y desarrollar un sistema de logging para su aplicación en caso de que hiciese falta.

Una vez determinados qué componentes monitorear, se procede a ejecutar el monitoreo, el cual debe arrojar resúmenes con información útil, esto puede ser: accesos, intentos, recursos consumidos, errores, éxitos o más. Existen herramientas que facilitan el proceso de lectura de logs como Splunk, Loggly, etc.

5.4. Implementar un Web Application Firewall (WAF).

Esta última actividad propuesta es para aquellos casos donde el sistema es antiguo y se desconoce la seguridad del mismo o bien es costoso realizar las reparaciones de seguridad pertinentes.

Además, esta actividad suele ser conveniente en aquellos casos en los que solucionar los problemas de seguridad en un sistema heredado es costoso. Para ello, se propone el uso de un firewall a nivel de aplicación por ejemplo mod_security. En este mismo se plantean reglas para filtrar, monitorear y bloquear comunicaciones.

6. Gestión de configuración

Si los artefactos de un producto de software son accesibles por usuarios indebidos, esto les dará información y una ventaja valiosa. Incluso peor, si los artefactos pudiesen ser modificados entonces pueden desarrollarse puertas traseras que faciliten a los atacantes, por ejemplo, a un ingreso remoto. En 2017, se conocieron los detalles del ataque que sufrió la aplicación CCleaner. Los atacantes lograron reemplazar la versión legítima del código de CCleaner por una versión con una

puerta trasera y según la investigación afectó a 2.27 millones de usuarios [18].

A continuación se proponen 2 actividades relacionadas a la gestión de configuración.

6.1. Definir permisos de cada artefacto por cada persona.

Definir para cada artefacto quiénes tienen acceso, quiénes pueden modificar y si ante alguna modificación alguien más debe confirmar. Siempre se debe otorgar el mínimo privilegio posible. Esto se debe realizar, no por una cuestión de desconfianza de cada integrante sino por una cuestión de que los equipos que utiliza cada uno de ellos pueden ser vulnerada. Si se reduce la superficie posible de ataque, será más difícil para los atacantes.

6.2. Crear y mantener un key store.

Un sistema es tan seguro como el eslabón más débil de su cadena. Si las claves de acceso a los servidores están almacenadas sin cifrar en un archivo compartido en la nube, entonces, cualquier otra actividad de seguridad queda obsoleta inmediatamente. Se debe realizar una gestión de claves centralizada donde, en lo posible, cada acceso se registre.

Un key store o repositorio de claves, es un lugar donde se almacena información sensible y para tener acceso se requieren ciertos privilegios y cada acceso debería estar registrado. Se pueden almacenar claves de APIs, claves de usuario para realización de testing, claves de motores de bases de datos, claves de servidores, datos de reales útiles para hacer pruebas. El objetivo es tener un control de los datos sensibles, es decir, quién y cuándo se puede acceder.

7. Conclusiones

Si bien las actividades planteadas son mínimas y para cualquier especialista de seguridad informática le parecería incompleta, el objetivo es enfocarse en aquellos equipos de desarrollo de software que desean comenzar a aplicar actividades de seguridad informática y no saben cómo comenzar. También se tuvo en cuenta de proponer actividades de bajo costo que puedan amoldarse fácilmente a casi cualquier proceso de desarrollo de software.

Por supuesto, las actividades planteadas son restricciones en el desarrollo de software que afectan en la calendarización del proyecto. Se pretendió que el impacto sea el menor posible y que la inversión tenga el retorno más alto.

8. Futuros trabajos

Cabe aclarar que las actividades indicadas aquí no han sido llevadas a la práctica en forma conjunta, aunque sí en forma separada. Es por eso que se realizarán experiencias para validar efectividad y eficiencia. También se pretende diseñar por cada actividad una guía detallada de tareas que se deberían llevar a cabo como así también las herramientas que se pueden usar.

En la etapa testing, se empezará a trabajar con equipos de testing orientados a seguridad (bautizados como equipos de SecTesting). Estos equipos no son especialistas en seguridad pero tienen conocimientos básicos y el concepto para comprender sobre los aspectos que conlleva la seguridad. Es un equipo que posee los fundamentos y habilidades mínimas que probablemente sea la solución en cuanto a la relación costo-beneficio para la mayoría de las empresas de desarrollo de software.

9. Referencias

- [1] OWASP (2008), Software Assurance Maturity Model, A guide to building security into software development, VERSION 1.5.
- [2] Gary McGraw, Ph.D., Sammy Mígues, and Jacob West (2008), BSIMM 8.
- [3] Kissel et al (2008), Security Considerations in the System Development Life Cycle, Information Security.
- [4] Roger S. Pressman (2010), Ingeniería del Software - un enfoque práctico, 7ma edición, Mc GrawHill, cap. 16, 378.
- [5] Gary McGraw (2005), Software Security - Building security in, Addison Wesley, cap. 8, 210-226.
- [6] John McDermott y Chris Fox (1999), Using Abuse Case Models for Security Requirements Analysis.
- [7] Guttorm Sindre y Andreas L. Opdahl, Capturing Security Requirements through Misuse Cases.
- [8] Ataques. Open Web Application Security Project - OWASP, <https://www.owasp.org/index.php/Category:Attack>.
- [9] OWASP Top 10 - 2017 - Los diez riesgos más críticos en Aplicaciones Web.
- [10] Mobile Top 10 2016-Top 10, Open Web Application Security Project - OWASP, https://www.owasp.org/index.php/Mobile_Top_10_2016-Top_10.
- [11] Hibernate, Open Web Application Security Project - OWASP, <https://www.owasp.org/index.php/Hibernate>.
- [12] Estrategias de validación de entradas, Open Web Application Security Project - OWASP, https://www.owasp.org/index.php/Input_Validation_Cheat_Sheet#Input_validation_strategies.

[13] Common Vulnerabilities and Exposures - MITRE, <https://cve.mitre.org/>

[14] Adversarial Tactics, Techniques & Common Knowledge - MITRE, https://attack.mitre.org/wiki/Main_Page.

[15] Bodo Möller, Thai Duong, Krzysztof Kotowicz (2014), This POODLE Bites: Exploiting The SSL 3.0 Fallback.

[16] Saltzer Jerome H. (1974), Protection and the control of information sharing in multics.

[17] OAuth, <https://oauth.net/>

[18] CCleaner attack, <https://blog.avast.com/update-ccleaner-attackers-entered-via-teamviewer>

Agro y Telemetría: singularidades de impacto en la ruralidad del NEA

Zachman P¹, Varela L², Garro O³.

Grupo de Investigación en Software – Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas
Universidad Nacional del Chaco Austral

¹ppz@uncaus.edu.ar, ²lenadrovarela@uncaus.edu.ar, ³garro@uncaus.edu.ar

Resumen

La triangulación de datos sensibles al contexto con un sistema de comunicaciones ágil, eficiente, de bajo costo enmarcado dentro de una geografía rural se constituye en uno de los desafíos más importantes que tienen los productores agrícolas que almacenan su producción de granos en silos bolsa. Ante el crecimiento de la producción granaria y la falta de capacidad de almacenamiento fijo, el silo bolsa ha adquirido gran difusión. Esta técnica consiste en almacenar grano cosechado en bolsas de plástico herméticamente cerradas (con bajo porcentaje de intercambio de aire con el exterior). Pero las semillas son seres vivos. Deben estar controladas ante condicionantes propios de la atmósfera que generan. Es por ello que se utilizan sensores para recoger datos propios de esta atmósfera, datos que luego son enviados a los propietarios agricultores. Este último proceso se lentifica cuando los silos bolsa se encuentran en regiones rurales en donde los sistemas de comunicación son mínimos, deficientes o de gran costo.

El artículo que se presenta describe los avances en el marco de la investigación de métodos de telecomunicaciones actuales en el sector agrícola con la finalidad de modelar alternativas de transmisión de datos, de costo accesible y en tiempo real, ante el problema de la conectividad en zonas rurales del Nordeste de la Argentina. Puntualmente, ante las características del tipo de información (estado de los granos almacenados) y teniendo en cuenta el comportamiento altamente sensible al contexto, se necesita enviar y procesar en tiempo real esta información a fin de generar las alertas y prevenciones adecuadas.

1. Introducción

Los servicios de comunicaciones a las zonas rurales y con baja densidad poblacional, constituyen un problema actual por razones tales como la falta de interés comercial en las empresas oferentes del servicio y los costos asociados a ello. Sin embargo en las zonas rurales, es donde, por las características agroganaderas del país,

se generan las mayores actividades primarias respecto de la economía del país. Las productoras de granos están diseminadas por todo el país con características peculiares en base al tipo de grano que surge de la cosecha (maíz, trigo, soja, arroz, entre otros). Estas productoras se han tecnologizado, no sólo en cuanto a las maquinarias y estructuras que emplean para los procesos de siembra y cosecha, sino también en las modalidades de almacenamiento. La región del norte del país, no es ajena a esta tendencia. La actualidad agrícola ha abaratado los costos de almacenamiento a través del almacenaje de granos en los silos bolsa. Estas estructuras: bolsas de plástico herméticamente selladas, permiten guardar los granos, por un tiempo de hasta 2 (dos) años, en una atmósfera propicia para su mantenimiento con pérdidas mínimas en la calidad de los mismos.

El silo bolsa tiene varios tamaños, permitiendo alojar, por silo, de 200 a 400 toneladas de, tanto, granos secos (soja, maíz, trigo, girasol) como granos húmedos (maíz, sorgo, avena, cebada, etc.) y materiales de picado fino (maíz, sorgo, alfalfa, verdes invernales, etc.). El promedio de silos bolsa diseminados por campo en la región NEA, que permite amortizar su adquisición y uso, es aproximadamente de 30 bolsas de tamaño variable. Los acopiadores adquieren silos bolsas anualmente y en base a las proyecciones de cosecha.

Por otra parte, el silo bolsa también resulta de gran utilidad para los contratistas acopiadores que recogen la cosecha, ya que al contar con los silos bolsas, no se ven obligados a detener la cosecha por falta de camiones para transporte, situaciones climáticas o variables económicas de precio bruto del producto. La gran ventaja de este almacenamiento ha sido una mayor estabilidad de precios para el productor/acopiador.

La tecnología agrícola ha introducido en tal sentido sensores portátiles para monitorear internamente los silos en cuanto a la estabilidad de variables internas (temperatura, humedad, CO₂, presión interna y O₂) y externas propias del medio (rotura del silo, situaciones climáticas externas).

La información recolectada, en muchos casos se hace como parte de un proceso manual, de todos los silos bolsa del campo a la vez. Un empleado recorre cada silo registrando la información de los sensores. Esta

inspección “inteligente” debe llegar a los tomadores de decisiones para interponer acciones ante el análisis de dicha información. Para ello se emplean sistemas de comunicación alámbricos e inalámbricos con diferentes características, dado que quienes toman decisiones, en la mayoría de los casos no se encuentran cercanos a los lugares de almacenamiento.

Hoy en día hay empresas aseguradoras que ofrecen productos para proteger el grano acopiado en bolsas ante eventualidades como hurtos. Sin embargo, agregar esta opción a las pólizas aumenta considerablemente su costo, limita la zona donde se puede armar la bolsa y tampoco se puede recuperar el valor de la totalidad de lo almacenado. Por estos motivos, no suele ser una opción comúnmente adoptada, y se prefiere en algunos casos construir alambrados u otras protecciones físicas cuando las bolsas son armadas en lugares remotos. Ante hurtos de silos bolsas, los perpetradores no suelen retirar la totalidad del grano, pero sí, lo dejan expuesto a la intemperie al romper la bolsa. Si el acopiador, dueño del cereal, no es notificado rápidamente del acontecimiento, se pierde el contenido o la calidad de lo almacenado.

Ello concluye en dos situaciones importantes a considerar, la confiabilidad de los sensores a la hora de recoger información y el sistema de conexión que posibilita enviar – recibir y controlar dicha información en tiempo real, para la actuación inmediata de los tomadores de decisión.

La actualidad del norte del país, denota una creciente implementación de esta modalidad de acopio y al mismo tiempo una necesidad de control sobre los silos bolsa (uso de sensores portátiles) [18]. Sin embargo, las distancias condicionantes y la densidad poblacional sustancialmente inferior describe sistemas de conectividad exiguos o bastante limitados, sin el alcance necesario o bien costosos, para realizar las transmisiones de datos. La consecuencia de ello es la generación de umbrales de incertidumbre al momento de tener la información al instante respecto de lo acontecido en el contexto tanto del interior como exterior de estos acopios de granos.

El dilema de las comunicaciones rurales ha movilizado a buscar diversas soluciones, por cuanto estas zonas geográficas proporcionan cantidades significativas de materia prima y constituyen una trascendente fuente de exportación e ingresos de divisas. Tal vez, las empresas no han logrado introducirse como prestadoras de servicios de comunicación por lo inhóspito, alejado y poco rentable por las distancias, de estos parajes geográficos, en donde, inclusive la comunicación celular es poco eficiente. De allí la necesidad de encontrar alternativas que permitan la transmisión de información procedente del monitoreo inteligente de silos bolsa, en contextos geográficos deficientes de conectividad, a un sistema centralizado remoto, que identifique los cambios

y desviaciones a tiempo, que podrían indicar la existencia de algún problema [13]. Asimismo permitir a la gente de campo operar múltiples dispositivos y lograr la interconexión de equipos y maquinarias en un sector donde la tecnología se ha vuelto una herramienta cada vez más necesaria para lograr una mayor eficiencia y altos rendimientos.

El desarrollo de una alternativa valiosa de transmisión de datos sensibles al contexto en tiempo real resolvería la necesidad social y agrícola del norte del país, de las zonas rurales, de poder introducirse en el mercado con igualdad de condiciones, prevenir procesos de deterioro de calidad de semilla ante la recepción de información temprana, como así también disponer cierta información para planificar ventas y mejorar la logística en el transporte del producto.

La región productiva del centro-sudoeste chaqueño, en las últimas décadas, ha logrado consolidarse como el área núcleo de la actividad agrícola de la provincia. En el centro-sudoccidental del Chaco se emplazan actualmente $\frac{3}{4}$ partes de la superficie agrícola total de la provincia. El área de siembra es de 700.000 hectáreas con crecimientos incipientes año a año por la deforestación de la zona. La soja dio el gran salto cuantitativo en esta parte del Chaco, pasando de 100.000 a poco menos de 600.000 hectáreas, de siembra. El 70% de la cosecha, se almacena en silo bolsa a través de los acopiadores que recorren los campos de los minifundistas comprando las pequeñas producciones, ya que para estos agricultores no es amortizable la compra de silo bolsa. [14] [24] Al mismo tiempo, la zona de mayor productividad agrícola (centro-sudoeste) tiene enormes carencias de conectividad por ubicarse geográfica distante de los centros poblacionales.

El trabajo que se presenta es parte de un proyecto de investigación a desarrollarse en la Universidad Nacional del Chaco Austral que tiene por objetivos, los siguientes:

- Realizar una propuesta integral de telemetría con el desarrollo de aplicaciones de software y redes a bajo costo que permitan el enlace de información procedente del monitoreo inteligente de silos bolsa, en contextos geográficos rurales.
- Favorecer el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico de relevancia en el campo de las telecomunicaciones y los biosensores, sensores físicos y sensores de imágenes para la detección de procesos y elementos que ayudan al deterioro del producto almacenado.

En tal sentido se describe a continuación el estado de la cuestión respecto del tema, así como las actividades que en marco del proyecto se están llevando a cabo.

2. Naturaleza de la Propuesta

En los últimos años, la producción total de granos en Argentina superó los 100 millones de toneladas,

manejando volúmenes de 127 millones de toneladas en la campaña actual 2017/2018 (Bolsa de Comercio Rosario). La expectativa es que se llegue a las 157,5 millones de toneladas para el año 2020. El almacenamiento en instalaciones fijas (silos y celdas) está siendo lentamente desplazada por los silos bolsa. Desde hace 5 años entre 35 y 45 millones de toneladas de granos se almacenan anualmente en bolsas plásticas (incluyendo maíz, soja, trigo, girasol, cebada cervecera, canola, semilla de algodón, arroz, lentejas, sorgo, porotos e incluso fertilizantes). La tecnología de los silos bolsa, adoptada en gran parte del mundo agrícola, consiste en almacenar el grano en bolsas de plástico herméticamente cerradas.

Los silos bolsa, adecuadamente utilizados, presentan un alto nivel de hermeticidad [8], funcionando como sistemas de almacenamiento herméticos de atmósferas auto modificadas, donde los componentes bióticos del granel (granos, hongos, insectos) consumen el O₂ y generan CO₂, suprimiendo gradualmente la actividad aeróbica con beneficios para la conservación de los granos. Los silos bolsa son típicamente de 60 m de largo, 2.74 m de diámetro y la cubierta plástica tiene 235 micrones de espesor constituida por tres capas (con el interior negro y exterior blanco) [8]. Cada silo bolsa puede almacenar aproximadamente 200 toneladas de granos.

Si bien existen una gran cantidad de ventajas en este tipo de almacenamiento deben considerarse también riesgos asociados a una tasa de disminución en la calidad del grano. Procesos de deterioro de grano pueden originarse cuando se almacena grano en condiciones inapropiadas (humedad, temperatura, la tasa de respiración (agotamiento de O₂ y generación de CO₂) y de la tasa de intercambio de gas con el exterior (entrada de O₂ y salida de CO₂), etc.), en relación al tiempo almacenaje permitido, y/o cuando se producen fallas en la hermeticidad - permeabilidad del silo bolsa propias de un incorrecto uso del silo o de variables climáticas y de suelo no controladas.

Es importante entonces que el monitoreo del silo bolsa comprenda una inspección de la hermeticidad, y de la atmósfera que se genera en el interior del mismo. Los contenedores una vez abiertos desde sus extremos, deben ser cuidadosamente controlados por personal durante el tiempo que dure el proceso de ventilación, en caso de rotura accidental o intencional dependiendo de la gravedad, no se pueden volver a cerrar.

Por ello se han modelado, desarrollado e implementado tecnologías de monitoreo inteligente de variables como temperatura, humedad, CO₂, presión Interna y CO₂, permitiendo el seguimiento y observación de comportamiento de las condiciones internas, con el fin de mantener el estado de conservación.

Se han definido modelos matemáticos y simulaciones por computadora para la predicción del

comportamiento de la humedad, temperatura, presión interna, O₂ y concentración de gas CO₂, y el análisis de sus efectos en las condiciones internas. Asimismo, se han diseñado sensores con hardware de medición e infraestructura Web que es utilizada para recolectar los datos de los sensores y para ofrecerle al cliente una forma rápida y simple de conocer el estado del silo, recibiendo alarmas en caso de detectar problemas. El equipo cuenta con un módem que le permite enviar los datos en forma inalámbrica, así como también baterías recargables y fácilmente reemplazables que, en la versión actual, ofrecen una autonomía de por lo menos 6 meses realizando mediciones diarias. Con independencia de las características técnicas con que se desarrollan estos sensores (químicos, infrarrojos, RTD, de fuerza, fotoceldas, etc) [5].

Los sistemas de redes inalámbricas de sensores facilitan la adquisición de datos en aplicaciones en las que la instalación de sistemas tradicionales de adquisición cableados es complicado bien sea por accesibilidad, espacio o incluso condiciones ambientales. Una red de sensores inalámbricos (WSN) es un sistema que consta de dispositivos autónomos usando sensores distribuidos espacialmente para monitorear cooperativamente condiciones físicas o ambientales, tales como temperatura, humedad relativa, etc. en diferentes ubicaciones. Pero, ante la geografía rural del Chaco, se emplea el monitoreo manual o bien se usan sensores manuales. El trabajo lo realizan los mismos acopiadores o descentralizan la tarea en manos de empleados agrarios que recorren cada silo realizando un testeo (perforación) para extraer los datos necesarios. Por cada bolsa se realizan tres perforaciones para luego decantar los datos en una planilla, con grandes problemas de tiempo en cuanto a la toma de datos (cada muestra insume aproximadamente 15 minutos) considerando la cantidad de silos por campo (mínimo 15) y envío de los mismos. Es imposible la realización de controles y la actuación preventiva sobre cuestiones endógenas o exógenas. La razón de tal proceso de "monitoreo" se fundamenta en la falta de conectividad y lo inaccesible de las rutas o caminos en donde se encuentran los almacenajes. Y es por ello que en muchos casos no se realiza o se realiza parcialmente, acarreando en consecuencia, situaciones no consideradas, pérdidas importantes de calidad de granos o inclusive problemas más serios relacionados con el robo de contenido.

Los servicios de comunicaciones a las zonas rurales y con baja densidad poblacional, constituyen un problema por razones tales como la falta de interés comercial en las empresas oferentes del servicio y los costos asociados a ello. En el caso particular de Chaco, las distancias entre campos, y la distancia campo - zona urbana, son condicionantes por su importancia, y dado

que la densidad poblacional es sustancialmente inferior no llegan a ser de gran interés de inversión.

La prestación de servicios de transporte de datos e Internet mayorista se realiza a través de distintos puntos de conexión de fibra óptica como parte del Plan Federal de Internet, en el Chaco, las localidades Las Palmas y Resistencia con próximas actualizaciones de nodos en la localidad de Tostado, todas éstas localizadas en el Este provincial. [24].

La telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones con la ayuda de que las mediciones y recopilación de datos se realizan en lugares remotos y de transmisión para la vigilancia. El propósito de un sistema de telemetría es recolectar información desde un lugar remoto o de difícil acceso y transmitir esa información hacia un lugar donde la información va a ser evaluada, interpretada y podemos actuar de acuerdo a ella. Los sistemas de telemetría son un conjunto especial de sistemas de comunicación. Cuando un sistema de telemetría se emplea tanto para control y recolección de información, se emplea el término SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). El concepto básico de telemetría ha existido por centurias, desde el uso de señales de humo, hasta los más sofisticados métodos inalámbricos usados hoy en día. La telemetría que emplea ondas de radio ofrece varias ventajas bien definidas sobre los otros métodos de transmisión. Algunas de estas ventajas son: a) No cuentan con líneas de transmisión que puedan ser cortadas o averiadas. b) Rápido tiempo de respuesta. e) Costos bajos comparados con las líneas alquiladas. d) De fácil uso en muchas áreas remotas donde no es práctico o posible el uso de cables. e) Fácil reubicación. f) Funcional sobre un amplio rango de condiciones de operación.

Para seleccionar los canales de comunicación se consideran factores tales como: i) Infraestructura de telecomunicaciones ya instalada. ii) Confiabilidad de los canales de comunicación seleccionados. iii) Razón costo beneficio de la inversión a realizar. iv) Seguridad de la información. v) Garantizar la vigencia tecnológica del sistema a implementar. vi) La infraestructura debe poseer una arquitectura abierta que permita soportar las comunicaciones de los futuros requerimientos.

Las alternativas de comunicación en un sistema de telemetría han reflejado la evolución de las telecomunicaciones. Actualmente, contamos con alternativas convencionales analógicas y digitales.

Un sistema de telemetría normalmente en la actualidad es inalámbrico y consiste de un transductor como un dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable o las ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica

correspondiente, que es transmitida a una distancia a efectos de medición y registro.

La sucesión de actividades dentro de la metodología propuesta incluye: a) el relevamiento, actualización y análisis de material bibliográfico respecto de desarrollo y aplicaciones agropecuarias realizados con sensores inalámbricos, b) el análisis de los componentes de hardware y software que permiten la recolección de datos, y por otra parte los sistemas de comunicación que posibilitan la transmisión remota de la recolección, c) el análisis y evaluación de las necesidades físicas de comunicación propias de la geografía rural y caracterización del entorno, d) el diseño y modelado de una arquitectura de conexión satelital que, tomando la información de las variables medidas en el silo bolsa y proporcionada por los transductores cumpla con las premisas de tiempo real y costo, e) pruebas y verificación de funcionamiento del prototipo, estudios de factibilidad técnico y económico, propias del software de comunicaciones, f) validación y evaluación del desarrollo.

3. Estado del conocimiento

La incorporación cada vez mayor de sensores electrónicos en la industria ha determinado la necesidad de proponer métodos que contribuyan a reducir costos tanto de cableado como de canalización. En estos casos las soluciones inalámbricas resultan muy convenientes, sin embargo, no existe un método estándar que permita su implementación independientemente de la tecnología propietaria a utilizar.

A. Experiencias a Nivel Global

De acuerdo con Pérez, J. Urdaneta, E. y Custodio, A. en su trabajo "Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos" [23], este tipo de dispositivos abrió un nuevo abanico de oportunidades para diseñar y crear todo tipo de aplicaciones, protocolos y sistemas capaces de facilitar el trabajo a los seres humanos a la vez que reducen sus costos. Las Redes Inalámbricas de Sensores o RIS (también llamadas WSN por sus siglas en inglés) están compuestas por decenas, cientos o incluso miles de estos sensores electrónicos que operan con baterías, llamados nodos sensores (motes) y que son distribuidos a lo largo de un ambiente de interés particular.

Anurag y colaboradores [2], presentan el diseño de una red de sensores inalámbricos para agricultura de precisión, donde se miden y almacenan en un repositorio central los datos en tiempo real de las propiedades climatológicas y algunas ambientales. La arquitectura del sistema está compuesta de tres secciones diferentes - (a) los nodos sensores (b) la red inalámbrica mesh y (c) los componentes actuadores. Los sensores fueron

seleccionados basados en las propiedades más adecuadas para la mayoría de cultivos comunes y se identificaron cuatro atributos: pH, temperatura y humedad del suelo y conductividad eléctrica. La red de sensores se basa en el estándar IEEE 802.15.4 y los autores desarrollaron un nuevo algoritmo de ruteo estático apropiado para aplicaciones de sensado.

En el marco de desarrollos orientados al agro, en López Riquelme [19] se describe la implementación de una red de sensores experimental en una empresa ecológica de hortalizas en la región de Murcia, al sur de España. La topología de la red desplegada usa cuatro tipos de nodos (Suelo, Ambiente, Agua y el Gateway) que utilizan los microcontroladores MSP430F1611 de Texas Instruments programado con el sistema operativo TinyOS versión 2, algunos de ellos conectados a diferentes sensores distribuidos en el cultivo. Estos sensores pueden medir varias características del suelo tales como la temperatura, contenido volumétrico de agua en el suelo y la salinidad. El sistema también incluye una aplicación de monitoreo en tiempo real operando desde un computador colocado en las oficinas centrales de la granja. El resultado fue una infraestructura simple de bajo costo y altamente segura para la obtención y almacenamiento de datos agronómicos sobre un área distribuida en ambientes de horticultura.

En la investigación de Aziz [4] se describe un sistema que, remotamente, monitorea y predice cambios de nivel de temperatura en un invernadero agrícola, usando sensor inalámbrico y tecnología de servicio de mensajes cortos (SMS). El sistema propuesto tiene un medidor que capaz de detectar el nivel de temperatura. Este sistema también tiene un mecanismo para alertar a los agricultores sobre los cambios de temperatura de modo temprano, en el invernadero de modo que se pueden tomar medidas anticipatorias. En esta investigación, varias pruebas se han llevado a cabo con el fin de demostrar la viabilidad de la sistema. Los resultados de las pruebas indicaron que la confiabilidad del sistema en la propagación de información directamente a los agricultores podría obtenerse de manera excelente en diversas condiciones. Respecto de microcontroladores, Aziz en "Remote monitoring in agricultural greenhouse using wireless sensor and short message service" [4] explica el desarrollo del sistema que utiliza el microcontrolador MPS430.

Mizkam y otros [22] presentan el diseño preliminar en "Desarrollo de una WSN para una aplicación de monitoreo de un cultivo de arroz". El sistema propuesto se comunica entre ellos con un bajo consumo de potencia con el fin de entregar los datos adquiridos. El objetivo principal de la arquitectura propuesta es satisfacer el factor crítico y más importante de una WSN, que es el consumo de potencia. El sistema consiste de nodos sensores basados en un microcontrolador de bajo

consumo, el PIC16F887 de Microchip, sensores semiconductores MEMS, módulo de comunicaciones basado en el protocolo ZigBee™ y la energía es suministrada por un panel solar con óptima administración de potencia.

B. Experiencias a Nivel Americano

Pasando a nuestro continente y siguiendo en el ámbito de la agricultura, en el trabajo "Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización en Agricultura de Precisión para Cultivos de Café en Colombia", Urbano y otros [28] presentan el diseño preliminar de una red de sensores inalámbricos para agricultura de precisión en cultivos de café en Colombia usando el estándar 802.15.4. La arquitectura del sistema consiste de: tres nodos que utilizan sensores para temperatura y humedad del suelo, temperatura de las hojas, radiación solar y flujo fotosintético usando un radio XBee 802.15.4; el nodo coordinador posee una estación climatológica y un modem GSM que se encarga de enviar la información a un servidor central.

Más allá de tema de sensores, el tema preocupante es la conectividad, tal como lo comenta Chapoñan Guerrero y colaboradores [12] que en 2016 diseñaron una Red de Telemetría para lograr la interconexión entre las Estaciones de La Red Hidrometeorológica del Perú. Consideraron varios factores para el diseño de la Red de Telemetría, evaluaron la alternativa de comunicación más eficiente y arribaron a una solución basada en tecnología UHF y Satelital para la conectividad, realizando a partir de ello la selección de equipos para permitir el envío automático de la información. La Red diseñada es capaz de realizar el envío automático de la información. Se demostró usando el software Radio Mobile que es posible la conectividad de la red, el volumen de información transmitido fue de 134.64 Kbits. Se realizó un cálculo del costo total de implementación del sistema, concluyendo que la implementación del sistema tiene un costo accesible y es factible su implementación.

Siguiendo en idéntica problemática, el artículo de Johanna E. Ayala y colaboradores [3] expone la interconectividad de una red hidrometeorológica en la provincia de Chimborazo-Ecuador zona montañosa alto andina con geografía irregular, en donde se analizan las características técnicas para la transmisión y recepción de datos con tecnologías GPRS, GOES y Radioenlaces en el estándar IEEE802,11; determinándose la mejor ruta de conexión para el envío de datos en tiempo real con un estudio técnico de campo para cada estación meteorológica e hidrológica [3].

Una visión desde la práctica respecto de la apropiación de tecnologías de comunicación compone la apreciación realizada por Miramá, V. y otros [21] que sugieren la posibilidad real de implementar soluciones de conectividad para comunidades de regiones apartadas, lo cual les permite tener acceso a las posibilidades que

brindan las tecnologías de la información y la comunicación, con lo cual se espera a futuro disminuir la brecha digital entre el campo y la ciudad.

La inclusión de TIC en la agroindustria colombiana es un tema relativamente nuevo, considerando la trayectoria del agro en Colombia, es razonable pensar en que estas herramientas podrían contribuir al fortalecimiento para un sector fuertemente afectado como lo es la industria panelera en el país. El estudio de Peña K. y otros. [27] "Prototipo de un sistema de telemetría basado en TIC para el monitoreo de Variables relacionadas con la producción de panela" incluye la georreferenciación de los trapiches, cobertura celular de la región, variables atmosféricas que pudieran causar interferencias, entre otras, además se incluye un diseño de un sistema de suministro de energía renovable fotovoltaico.

De La Cruz C. A. [26] considera la selección de las alternativas tecnológicas inalámbricas disponibles y presenta una alternativa no convencional basada en la tecnología LAN inalámbrica de acuerdo al estándar IEEE 802.11b para el monitoreo ambiental en Complejo Metalúrgico de La Oroya, Perú. El sistema a analizar considera dos estaciones de monitoreo, las cuales ya se encuentran operando y están ubicadas en lugares donde no existe un canal de comunicación. Las estaciones de monitoreo están compuestas por equipos de análisis de calidad de aire, la información es recibida y procesada por un equipo de adquisición de datos (Data Logger Micromet 473 AQ), el cual cuenta con un puerto de comunicación serial RS232.

C. Experiencia Argentina

En la Argentina, como en otros países en vías de desarrollo, muchas regiones rurales con baja densidad poblacional carecen de servicios de comunicaciones por falta de interés de las empresas públicas de telecomunicaciones en brindar estas prestaciones. La Red de Universidades viene trabajando en analizar los problemas que se presentan en las comunidades rurales por carecer de conectividad y por tanto de comunicaciones, por ser estas áreas no rentables para las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones, y simultáneamente buscando soluciones técnicas, a costos razonables. El grupo tiene su sede en la Escuela Superior Técnica "Gral. Div. Manuel N. Savio" (EST), Facultad del Ejército – Universidad Nacional de la Defensa (UNDEF) y participan además, la Universidad de Buenos Aires y las Universidades Nacionales de Chilecito, de Tres de Febrero y del Oeste. Actualmente luego de varias pruebas efectuadas utilizando diversas tecnologías existentes en el mercado, se está trabajando sobre la base de analizar y probar las posibilidades que brinda en lo técnico los equipos que responden a la Recomendación 802.22 de la IEEE; y desde el punto de vista de su posible

implementación, las instalaciones existentes que se utilizan en los predios que posee el Sistema Argentino de Televisión Digital de la Empresa ARSAT. CITEDEF y el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC) dieron su aval para este proyecto, dado su interés en ser aplicado en beneficio de los productores rurales, sus propios sistemas y redes [9] [10].

Desde el uso de telecomunicaciones con dispositivos móviles, la propuesta de Gagliardi E., describe una plataforma para la integración de TIC orientadas al agro desde un prototipo, soporte para diversos eventos y sistemas de información en donde las características principales están orientadas a la posibilidad abierta de la recolección de datos de diferentes fuentes, su almacenamiento compartido, la integración progresiva de diversas funcionalidades, la explotación y la visualización de la información, como así también capacidades de generación de reportes, estadísticas, mensajerías o avisos de eventos, entre otros. Dicha plataforma se encuentra disponible en la web, con accesibilidad mediante tecnología móvil [16].

Como parte del desarrollo de las tecnologías de la Internet de las Cosas (IoT), en Godoy D. [17] se explica el desarrollo e implementación de un middleware en forma de framework para la captura, el almacenamiento y la publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricos, orientado a la visión de la IoT. El diseño cuenta con cuatro módulos. El módulo Sensor se encarga de la obtención de datos desde la WSN. El módulo Parser es el encargado de realizar el trabajo de interpretación de los mensajes obtenidos de la WSN y de construir, con la información obtenida, un objeto de datos que abstrae la estructura de datos del dominio, para luego ser analizados en el módulo de Captura. El Módulo de Almacenamiento permite la persistencia y consulta de los datos. Por último, el módulo Publicador realiza las tareas de publicación en la Web.

Internet por satellite, internet satelital o conexión a Internet vía satélite es un método de conexión a Internet utilizando como medio de enlace, un satélite. Es un sistema recomendable de acceso en aquellos lugares donde no llega el cable o la telefonía, como zonas rurales o alejadas. En una ciudad constituye un sistema alternativo a los usuales, para evitar la saturación de las líneas convencionales y un ancho de banda limitado. Al respecto, el Sistema Satelital Argentino de Recolección de Datos Ambientales (SARDA), es un sistema recolector de datos, que hace posible el seguimiento de parámetros del medioambiente, a partir de mensajes transmitidos desde plataformas autónomas. Estas últimas principalmente ubicadas en zonas de difícil acceso. [15] El primer receptor del sistema, forma parte de la carga útil del satélite SAC-D de la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales). La señal recibida es

tratada por una etapa de RF y luego procesada digitalmente en vuelo, a partir de muestras en frecuencia intermedia. Los mensajes obtenidos son luego descargados en la Estación Terrena Córdoba (ETC) donde son validados, clasificados y finalmente puestos a disposición de los usuarios [7].

Investigadores y extensionistas de cinco instituciones se reunieron en el establecimiento "Los Chañares" de Osvaldo Panini en donde desarrollarán un proyecto modelo para la aplicación y experimentación de TIC en el sector agropecuario. INTA San Luis, el Gobierno de la Provincia de San Luis, la Universidad Nacional de San Luis, Universidad Católica de Cuyo y la Fundación para la Investigación Social Argentino Latinoamericana (FISAL) participan del proyecto "Campo conectado" [6]. Entre los objetivos del proyecto se plantea generar herramientas y desarrollos tecnológicos aplicados a la gestión de la producción agropecuaria en sistemas reales de producción, en un marco de competitividad, sostenibilidad ambiental y equidad social.

La Red SIPIA presenta un proyecto que consiste en el análisis y evaluación de una red de sensores inalámbricos basada en la norma IEEE 802.15.4, aplicada al entorno agropecuario en el ámbito de agricultura de precisión, con participación de ingenieros e investigadores agrónomos dedicados al tema. Gracias a los desarrollos que se han producido en las redes de sensores inalámbricos en los últimos años, especialmente la miniaturización de los dispositivos, han surgido nuevas tendencias en el sector agrícola como la llamada agricultura de precisión. Por medio de sensores estratégicamente situados, se realiza un monitoreo de la temperatura y/o la humedad relativa, con el fin de proveer de gran cantidad de datos confiables para la investigación agronómica. Se propone entonces el estudio de estas tecnologías en el contexto de un grupo de investigaciones que permita: a) La colaboración interinstitucional e interdisciplinaria entre especialistas de cada campo. b) El análisis, el estudio, el diseño y el desarrollo de las tecnologías en redes de sensores inalámbricas aplicadas a la agricultura de precisión; como herramienta instrumental en la investigación y producción agrícola. c) Comprobación de las prestaciones de hardware y software desarrollado con la meta de superar las limitaciones de productos actuales en el mercado. d) La verificación del impacto de estas tecnologías en el entorno agropecuario y e) La capacitación y difusión de los conocimientos adquiridos, como compromiso social en el ámbito empresarial y académico.

En cuanto al almacenamiento de granos en silo bolsa con el monitoreo de variables dinámicas y la transmisión de los datos consecuentes, un equipo de estudiantes han presentado un sistema desarrollado que

se emplaza en locaciones rurales, donde puede haber una planta de almacenaje de granos conformada por varios silos con infraestructura eléctrica, o también silos pequeños en zonas geográficas alejadas donde no existe infraestructura eléctrica, empleando ZigBee [1]. ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica. Dicha especificación define una solución para comunicaciones inalámbricas de bajo costo y bajo consumo energético. El principal objetivo que pretende satisfacer una red de comunicación ZigBee, es la de comunicar aplicaciones que requieren comunicaciones seguras, con baja tasa de envío y maximización de la vida útil de sus baterías. En la actualidad es más frecuente el uso de micro-controladores y dispositivos que permiten realizar tareas de domótica. Es por ello que estos sistemas de transmisión permiten a los datos que se encuentran en redes aisladas, puedan interconectarse con otras redes a través de enlaces inalámbricos. Existen distintos tipos de fabricantes de módulos de transmisión de datos y cada uno con características similares, los módulos Xbee PRO fueron diseñados para operar dentro del protocolo ZigBee soportando las necesidades particulares de las redes de sensores de bajo costo y consumo, requiriendo alimentación mínima y a la vez permitiendo el transporte confiable de datos entre dispositivos remotos. Su utilización está enfocada a la automatización, sistemas de seguridad, supervisión de sistemas remotos, dispositivos domésticos, alarmas contra incendios, etc. El alcance de estos dispositivos está dado por el uso para interiores, es decir dentro de una estructura cerrada su alcance es de 30 mts. Mientras que para exteriores es de 100 mts con una antena dipolo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) destaca el proceso de transformación que vive la agricultura del siglo XXI en el que el acceso a la información y a las modernas tecnologías de la comunicación resulta una necesidad para los agricultores de todo el mundo, en especial para los de los países en desarrollo. Involucrado en este contexto mundial, el INTA trabaja en numerosos desarrollos que lo instalan como desarrollador y facilitador para que las poblaciones rurales accedan a distintos servicios de información y comunicación que mejoren su calidad de vida. La generación y el uso de prácticas, y la disponibilidad de información georeferenciada, impulsan y facilitan, además, un aspecto que cobra importancia en el comercio internacional: la trazabilidad de los procesos y productos agropecuarios. En la estación meteorológica de Castelar, el INTA instaló un módulo satelital desarrollado en la Universidad Nacional de La Plata para la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Conae). El módulo ya está en pleno funcionamiento y la Estación se encuentra transmitiendo información en resumen diario de todas las

variables meteorológicas. El director del Centro de Investigación de Recursos Naturales del instituto, Pablo Mercuri, asegura que “en el INTA trabajamos para asegurar el acceso a la información meteorológica, e indica que la información climática instantánea es vital para la toma de decisiones por los productores agropecuarios”.

4. Continuidad y Proyecciones

Debido a que el objeto de análisis aborda una problemática concreta a nivel local estimamos que los resultados, aplicaciones y conocimientos derivados del proyecto pueden ser transferidos a los contextos geográficos rurales de Chaco desde organismos públicos, instituciones privadas y empresas.

El proyecto se orienta a solucionar un problema real hoy día existente en el campo agronómico en lugares en donde no existe conectividad o existe imposibilidad de instalar antenas repetidoras de señal de datos.

El conocimiento aquí abordado, permitirá implementar controles eficaces sobre la producción almacenada en zonas rurales en donde no se tiene acceso a redes de comunicaciones de tecnologías como GPRS/GSM/HSDPA/3G/4G, Wifi, LoraWan y ZigBee, por su inexistente disponibilidad o por su corto alcance. Las empresas agropecuarias en principio, tendrán la capacidad de poder controlar sus activos los 7 días de la semana las 24 horas del día todo en un mismo lugar, de esta manera las decisiones a tomar serán inmediatas o se tendrá información para planificar [25].

Entendemos que, si bien el proyecto se encuentra en su etapa inicial, adquiere una importancia significativa en el momento actual, a la luz de las transformaciones en el campo de las telecomunicaciones y su impacto en la productividad de las zonas rurales, los fenómenos migratorios periferia – centro de la producción y los paradigmas emergentes en investigación e intervención en relación con algunos campos temáticos que atraviesan transversalmente el objeto de estudio: biotecnología y agrotecnología.

5. Bibliografía

- [1] Alaniz, D. y Tellechea, N. (2014) Sistema De Adquisición Y Visualización De Temperatura En Silos. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2493/Alaniz.pdf?sequence=1&isAllowed=1>
- [2] Anurag, D. Roy S., Bandyopadhyay S., and Kolkata. I (2008) Agrosense: precision agriculture using sensor-based wireless mesh networks. In Innovations in NGN: Future Network and Services., K-INGN 2008. First ITU-T Kaleidoscope Academic Conference, pages 383–388, 2008.
- [3] Ayala J., Recalde C., Sanaguano D., (2014). Interconectividad de la Red Hidrometeorológica en la Provincia de Chimborazo-Ecuador. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia Vol.37 Nro.3 Maracaibo versión impresa. ISSN 0254-0770.
- [4] Aziz I.A., Hasan M.H., Ismail M.J., Mehat M., and Haron N.H. (2009). Remote monitoring in agricultural greenhouse using wireless sensor and short message service (sms). International Journal of Engineering & Technology IJET, 9
- [5] Bartosik, R. 2012. An inside look at the silobag system. Proceedings of the 9th International Conference Controlled Atmospheres and Fumigation of Stored Products, 117-128. Antalya, Turkey.
- [6] Campo Conectado. (2017) <http://inta.gov.ar/noticias/campo-conectado-un-nuevoproyecto-interinstitucional>
- [7] Carlotto, A., Juárez, J., Sager, G. E. (2013) Introducción al Sistema Satelital Argentino de recolección de datos ambientales. II Jornadas de Investigación y Transferencia de la Facultad de Ingeniería. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38005>
- [8] Cardoso, L., Bartosik R., Campabadal, C., de la Torre, D. (2012.) Air-tightness level in hermetic plastic bags (silo-bags) for different storage conditions. In Proc. 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, 583-589, Antalya, Turquía, 15-19 de Octubre.
- [9] Castro Lechtaler, A., Foti, A., Fusario, R., García Garino, C., y García Guibout, J., (2009) Communication Access to Small and Remote Communities: The Corral de Lorca Project. Proceedings of 15th of Argentine Congress on Computer Science. ISBN 978 - 897 - 24068 - 4 - 1. Pag. 1.117 a 1.126.
- [10] Castro Lechtaler A., A. Foti, C. García Garino, J. García Guibout, R. Fusario and A. Arroyo Arzubí. (2010) Proyecto Corral de Lorca: Una solución de conectividad a grupos poblacionales pequeños, aislados y distantes de centros urbanos. Proceedings de la Novena Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CISCi 2010 - Volume III - ISBN - 13: 978 - 1 - 934272 - 96 - 1. pp. 121 a 127. Orlando, USA. June 2010.
- [11] Castro Lechtaler A (2018) Teleinformática Para Ingenieros En Sistemas De Información. Vol.1 Editorial Reverte. ISBN:9788429143904
- [12] Chapoñan Guerrero, C., Vidaurre Tuñoque, D (2016) Diseño de una red de telemetría para supervisar la red hidrometeorológica del proyecto especial Olmos

- Tinajones <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/468>
- [13] Corti, R., D'Agostino, E., Giandoménico, E., Martínez, R. (2007) Algoritmo de encaminamiento para redes de sensores inalámbricas utilizando técnicas de agregación. XIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/21590>
- [14] Cuadra, D. E. (2015) Cambios en las actividades agropecuarias y forestales en la provincia del Chaco (Argentina) y sus efectos sobre la población rural. En: Revista Geográfica Digital. Instituto de Geografía (IGUNNE) Facultad de Humanidades. UNNE. Año 12. N° 23. Enero -Julio. ISSN 1668-5180. Resistencia, Argentina. <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/homeig0.h>
- [15] Cugat, N. (2017) Análisis técnico para el despliegue de una red de estaciones terrenas en proyectos de nano satélites. Trabajo de especialización. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/65746>
- [16] Gagliardi, E., Dorzán, M., Taranilla, M., Palmero, P. R., Casanova, C. (2017) Propuesta de plataforma para la integración de TIC orientadas al agro. IX Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2017) - JAIIO 46-CLEI 43 (Córdoba, 2017). ISSN: 2525-0949
- [17] Godoy, D., Sosa, E., Neis, R., Díaz Redondo, R. (2014) Ambientes Inteligentes: middleware de soporte para la captura, almacenamiento y publicación de datos de una red de sensores inalámbricos. XX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (Buenos Aires, 2014). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42170>
- [18] Lejía L. (2009) Métodos de procesamiento avanzado e inteligencia artificial en sistemas sensores y biosensores. México. Editorial Reverté ISBN 9786077815013
- [19] Lopez R., Soto F., Suardiaz J., Sánchez O, Iborra I. and Vera JA. (2009) Wireless sensor networks for precision horticulture in southern Spain. Computers and Electronics in Agriculture.
- [20] Mercado, G., Borgo, R., Gonzalez A., Ortiz Urriburu, G., Diedrichs, A., Farreras, P., Aguirre, M. Y otros. (2011) RED SIPIA: Red de Sensores Inalámbricos para Investigación Agronómica. XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI) ISBN 978-950-673-892-1
- [21] Miramá, V., Hernández, C, Toledo, A. y Solarte, V (2016) Despliegue de soluciones de telecomunicaciones en comunidades andinas: una visión desde la práctica. Repositorio Institucional: <http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/6>
- [22] Miskam M.A., Nasirudin A.B., and Rahim I.A. (2009) Preliminary design on the development of wireless sensor network for paddy rice cropping monitoring application in Malaysia. European Journal of Scientific Research.
- [23] Pérez, J. Urdaneta, E. Custodio, A. (2013) Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos. Revista Universidad Ciencia y Tecnología. ISSN 1316-4821 uct vol.18 no.70 Puerto Ordaz. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre
- [24] SISTEMA DATOS ABIERTOS DE AGROINDUSTRIA. Ministerio de Agroindustrias. Presidencia de la Nación: Estadísticas Agrícolas. Buenos Aires, Argentina. (2018) En línea: <https://www.agroindustria.gob.ar/datosabiertos/>
- [25] Tapia, E., Angelone, L., Bulacio, P., Ornella, L., Coronel, J., (2011) Bio y Agro Informática. XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. ISBN: 978-950-673-892-1
- [26] De La Cruz C.A. (2002) Diseño de una red de telemetría con tecnología wlan IEEE 802.11 para monitoreo ambiental. cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11285/1/melchor_da.pdf
- [27] Peña K., Casas C., Díaz O., García Y. (2015) Prototipo de un sistema de telemetría basado en TIC para el monitoreo de variables relacionadas con la producción de panela. www.revistas_electronicas.unicundi.edu.co ENGI Revista Electrónica De La Facultad De Ingeniería. Vol. 3 No. 2 Diciembre Año 3 ISSN 2256-5612
- [28] Urbano-Molano F. (2013) Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización en Agricultura de Precisión para Cultivos de Café en Colombia. Journal de Ciencia e Ingeniería, Vol.5, No.1, pp. 46-52

Computación en la Nube: Ventajas y Desventajas de la Aplicación y el Uso de Contenedores y Microservicios, Contextualizándolos en un Caso de Estudio

Mariana Falco¹, Ignacio J. Núñez², Federico N. Tanzi²

¹LIDTUA/CONICET, Facultad de Ingeniería, Universidad Austral,
Mariano Acosta 1611, Pilar, Buenos Aires
mfalco@austral.edu.ar

²Sirius Software
Pilar, Buenos Aires
{ignacionunez, federicotanzi}@sirius.com.ar

Resumen

La computación en la nube ha planteado una revolución informática, que se ha convertido rápidamente en uno de los temas más importantes en el campo de la tecnología de la información. En este contexto y a medida que los sistemas distribuidos se vuelven más precisos, la arquitectura monolítica mostró sus limitaciones a medida que los sistemas y aplicaciones incrementaban su complejidad; dando lugar a que sean necesarios nuevos patrones y estilos como los contenedores y microservicios, en la búsqueda de procesos ágiles y flexibles de desarrollo. El presente artículo además de describir estos términos y el contexto de los cambios, mostrará un caso de estudio con el desarrollo de una aplicación nativa en la nube, describiendo la motivación de la aplicación, las tecnologías elegidas, la arquitectura diseñada, e identificando ventajas y desventajas. Finalmente, se esbozará una breve discusión junto con las conclusiones y las líneas de trabajo futuro.

1. Introducción

Tradicionalmente, los sistemas se basaban en una estructura monolítica que integraba todos los servicios ofrecidos, donde una aplicación monolítica es aquella en la cual la lógica corre en un solo servidor, y típicamente contiene una gran cantidad de líneas de código y es desarrollada por diversos equipos, requiriendo por ello normas cuidadosas para el *deployment* de cada cambio [1]. Este paradigma se ha utilizado por muchísimo años, pero el paso del tiempo, los avances en las tecnologías y los nuevos paradigmas y metodologías, trajeron consigo la identificación de diversas limitaciones.

Esto también se debió a los sistemas distribuidos, donde existe la necesidad de distribuir la inteligencia, controlar no solo las aplicaciones sino las entidades de red, y la complejidad creciente de reconstruir la aplicación cada vez que se debe admitir un nuevo servicio [2]. En otras palabras, los sistemas distribuidos se han vuelto más precisos en los últimos 10 años, pasando de aplicaciones monolíticas pesadas en código a microservicios más pequeños y autónomos [3].

En la actualidad, una de las formas más adoptadas por empresas, industrias y gobiernos para *hostear* aplicaciones es la Computación en la Nube, debido a la elasticidad, disponibilidad y escalabilidad de sus recursos bajo demanda [4]. La Computación en la Nube emerge como un nuevo paradigma de computación cuyo objetivo es proporcionar entornos de computación dinámicos, confiables, personalizados y con calidad de servicio garantizada para los usuarios finales. [5].

Intel Security realizó en 2017 una encuesta a más de dos mil profesionales, a partir de la cual se obtuvo que la adopción híbrida de la nube creció tres veces en el último año, aumentando del 19% al 57% de las organizaciones encuestadas; que el 73% de las empresas planea mudarse a un centro de datos completamente definido por software dentro de dos años; y que el 49% de las empresas están retrasando el despliegue de la nube debido a una brecha de habilidades de ciberseguridad [6].

De la misma manera, otra encuesta por Frost y Sullivan reportó que el 80% de las compañías americanas están planificando incrementar su uso de los servicios manejados en la nube. La tecnología de la nube se está moviendo hacia una mayor distribución a través de las nubes múltiples y la inclusión de varios dispositivos, como es evidente a través de la Internet de las Cosas (del inglés, *Internet of Things*) y la integración de la red en el contexto de *edge cloud* y *fog computing* [7].

En base a este contexto, también han surgido cambios en las formas de desarrollar y *deployar* aplicaciones. En contraposición a la arquitectura monolítica surgieron otros conceptos como microservicios y contenedores, y las aplicaciones nativas en la nube pueden ser una continuación lógica de estos dos últimos [8]. Los Contenedores como Servicio (del inglés, *Containers as a Service - CaaS*) [4] es un “nuevo” tipo de servicio que se suma a IaaS, PaaS y SaaS originalmente descritas en el auge del Cloud Computing [9]. Un ejemplo de sistema de gestión de contenedores es Docker que permite a los desarrolladores definir contenedores para aplicaciones.

Es viable recordar que uno de los grandes casos de uso que permitieron y promovieron el avance de los contenedores fueron los microservicios [10]. En sí, las arquitecturas de microservicios no son un enfoque completamente nuevo en lo que se refiere a la Ingeniería de Software, sino que son una colección y combinación de conceptos exitosos y probados, como el desarrollo de software ágil, arquitecturas orientadas a servicios, diseño de API inicial y entrega continua [11]. Pero en la actualidad, los microservicios permiten a los programadores desarrollar y *deployar* servicios independientemente, mejorando incluso la adopción de los procesos ágiles [12].

En base a lo anterior, el objetivo del presente artículo es evidenciar a partir de un caso de estudio, cómo es posible crear una aplicación nativa en la nube *hosteada* en *Amazon Web Services* (AWS) y utilizando microservicios y contenedores en Docker. Se contextualizará en la Sección 2 Cloud Computing, virtualización y CaaS; describiendo los microservicios y contrastándolos con la arquitectura monolítica en la Sección 3; y abordando el caso de estudio en la Sección 4, describiendo la problemática, la arquitectura, la tecnología, y la infraestructura. Finalmente, la sección 5 aborda una breve discusión mientras que la sección 6 arriba a las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Cloud Computing, Virtualización y Contenedores

Diversos nombres nos vienen a la mente cuando hablamos de *Cloud Computing*, Computación en la Nube o simplemente “la Nube”, como Amazon [13], Eucalyptus, Open Nebula, Azure [14], entre otros. Es un concepto que ha tenido un alto impacto en los últimos años por las capacidades subyacentes y las puertas que abre al desarrollo de software y aplicaciones. El Laboratorio de Tecnología de la Información (ITL por sus siglas en inglés) del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología en su publicación especial 800-145 [9] de 2011, definió *Cloud Computing* como un modelo que permite el acceso ubicuo a la red, conveniente y bajo demanda a un grupo compartido de recursos informáticos

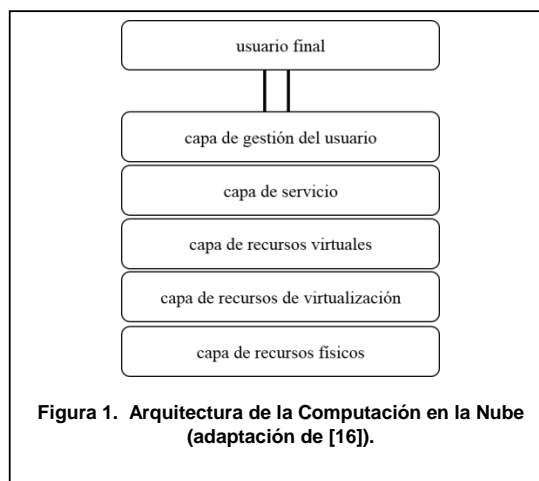
configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden aprovisionarse y lanzarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de gestión o interacción del proveedor de servicios.

Otra definición caracteriza a la nube como la entrega de recursos de computación a pedido, desde aplicaciones hasta centros de datos, a través de Internet en una base de pago por uso, que se caracteriza por recursos elásticos, que aumentan o disminuyen de forma rápida y fácil para satisfacer la demanda [15]. Finalmente, Wang y otros [5] la definen como un conjunto de servicios habilitados para la red, que ofrece infraestructuras de computación baratas, con calidad de servicio garantizada, normalmente personalizadas y de bajo costo bajo demanda, a las que se puede acceder de forma simple y generalizada. La Computación en la Nube [9], como se observa en la Tabla 1, se compone de cinco características esenciales, tres modelos de servicio y cuatro modelos de implementación o despliegue.

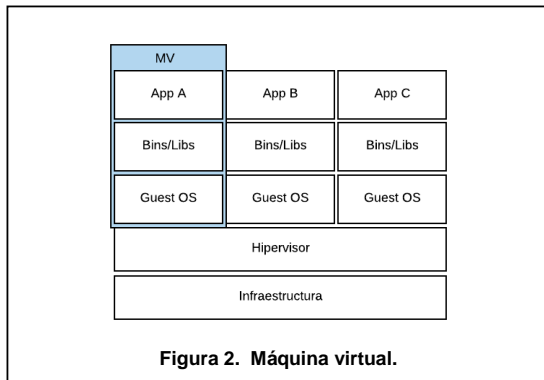
Tabla 1. Cloud Computing.

Características	autoservicio a pedido, amplio acceso a la red, agrupación de recursos, elasticidad rápida, servicio medido
Modelos de servicio	Software como servicio (SaaS), Plataforma como servicio (PaaS), Infraestructura como servicio (IaaS)
Modelos de despliegue	nube privada, nube de la comunidad, nube pública, nube híbrida

Vale destacar que aunque los diversos modelos de despliegue están orientados a diferentes tipos de consumidores, presentan características comunes como la homogeneidad, la virtualización, la computación resiliente, la distribución geográfica, y las tecnologías de seguridad. Ahora bien, la virtualización es un componente clave de la computación en la nube y la Fig. 1 muestra la arquitectura de la computación en la nube desde el punto de virtualización.



El término virtualización se refiere a la abstracción de los recursos informáticos (CPU, almacenamiento, red, memoria, pila de aplicaciones y base de datos) de las aplicaciones y los usuarios finales que consumen el servicio [16]. La nube utiliza técnicas de virtualización para lograr la elasticidad de recursos compartidos a gran escala [17] [18]. De la misma manera, son la base de la nube porque brindan servicios de hardware flexibles y escalables [5]. En este contexto, y hablando sobre la virtualización basada en hipervisor [19], puede verse en la Fig. 2 cómo la máquina virtual se construye sobre este último. Los hipervisores o monitores de máquinas virtuales separan los recursos físicos de los entornos virtuales; permitiendo correr diversos sistemas operativos en una misma computadora. El término hipervisor fue acuñado en 1956 por IBM al referirse a programas distribuidos en el IBM 360/65, donde permitía la compartición de memoria [19]. Uno de los primeros hipervisores para PC fue *VMware workstation* [20] que permitía crear, configurar y administrar máquinas virtuales. También, *VirtualBox* [21] de Oracle y *VirtualPC* de Microsoft.

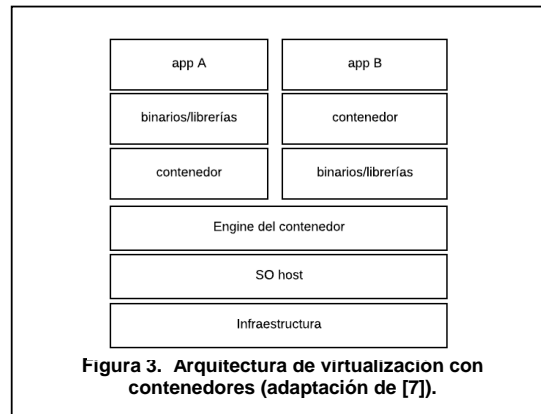


Las máquinas virtuales poseen dispositivos virtuales que proporcionan la misma funcionalidad que el hardware físico, pero con los beneficios adicionales de portabilidad, capacidad de administración y seguridad [22]. Siguiendo la Tabla 1, en los últimos años diversos modelos han ido sumándose a los tres mencionados, aumentando las capacidades del trabajo en la nube. Recientemente, fue agregado el modelo de contenedores como servicio, donde la virtualización basada en contenedores utiliza un kernel único para ejecutar múltiples instancias en un sistema operativo y la capa de virtualización se ejecuta como una aplicación dentro del sistema operativo. En este enfoque, el núcleo del sistema operativo se ejecuta en el nodo de hardware con

diferentes máquinas virtuales invitadas aisladas llamadas contenedores [23].

2.1. Contenedores como Servicio

Los contenedores como servicio (del inglés, *Containers as a Service* y abreviado como CaaS) [4] son una forma de virtualización basada en contenedores en la que los motores de contenedores, la orquestación y los recursos informáticos subyacentes se proporcionan a los usuarios como un servicio. La contenerización (en inglés, *containerisation*) está basada en la capacidad de desarrollar, testear y *deployar* aplicaciones en un gran número de servidores, interconectando contenedores; donde estos últimos representan una abstracción en la capa de aplicaciones que combina código y dependencias [24], aislando el software de su entorno y ayudando a reducir los conflictos entre los equipos que ejecutan software diferente en la misma infraestructura [24] [25]. Los contenedores son una encapsulación de una aplicación con sus dependencias [1] (ver Fig. 3).



Las tres ideas básicas de CaaS son: (a) un tiempo de ejecución portátil liviano, (b) la capacidad de desarrollar, probar y desplegar aplicaciones en una gran cantidad de servidores, y (c) la capacidad de interconectar contenedores [7]. A primera vista, los contenedores parecen ser solo una forma liviana de máquinas virtuales, y como una máquina virtual, un contenedor contiene una instancia aislada de un sistema operativo (SO), que podemos utilizar para ejecutar aplicaciones [1].

Consecuentemente, es posible ejecutar diversos contenedores en una misma máquina y compartir el kernel del sistema operativo con otros contenedores; y son capaces de comenzar su ejecución casi instantáneamente [24]. Los contenedores, construidos con respecto a los avances recientes en el campo de la virtualización, se convierten en una solución para lograr

que el empaquetado de las aplicaciones en la nube logre la interoperabilidad de la mejor manera [26] [7].

Si bien los contenedores como reemplazo de las máquinas virtuales son solo un caso de uso específico donde la asignación de recursos de hardware se realiza a través de contenedores mediante la componenteización de cargas de trabajo entre nubes [7], es viable destacar que los contenedores poseen diversas ventajas que permiten ejecutar casos que presentaban una complejidad elevada para las máquinas virtuales convencionales.

Eficiencia:

- los contenedores:
 - comparten recursos con el sistema operativo anfitrión o host, lo que los dispone en un orden de magnitud más eficientes,
 - se pueden iniciar y detener en una fracción de segundo.
- las aplicaciones que se ejecutan en contenedores incurrir en gastos indirectos mínimos o nulos en comparación con las aplicaciones que se ejecutan de forma nativa en el sistema operativo host.

Portabilidad:

- tiene el potencial de eliminar toda una clase de errores causados por cambios sutiles en el entorno de ejecución.

Naturaleza liviana:

- los desarrolladores pueden ejecutar docenas de contenedores al mismo tiempo, lo que hace posible emular un sistema distribuido listo para la producción.
- los ingenieros de operaciones pueden ejecutar muchos más contenedores en una sola máquina host que usar máquinas virtuales por sí solos.

Usuarios finales y desarrolladores (por fuera de la implementación en la nube):

- los usuarios pueden descargar y ejecutar aplicaciones complejas sin necesidad de perder horas en problemas de configuración e instalación o preocupándose por los cambios requeridos en su sistema.
- los desarrolladores de dichas aplicaciones pueden evitar preocuparse por las diferencias

en los entornos de usuario y la disponibilidad de dependencias.

Teniendo como base el contexto anterior, en la próxima sección se describirán los microservicios y se esbozará la comparación con la arquitectura monolítica.

3. Cambios en las Formas de Desarrollo

En los últimos años, hubo un incremento en la utilización de los servicios brindados por la computación en la nube y la correlativa atención a ellos. En la actualidad, la mayoría de los proveedores de la nube pública como AWS, IBM y Google poseen algún tipo de oferta de CaaS [23]. En este contexto, los contenedores están cambiando las formas y las metodologías en que se desarrolla, se distribuye y se ejecuta una aplicación; y este hecho puede verse reflejado en el uso y la demanda creciente junto con la aceptación asociada en la industria, independientemente del tamaño de la *start-up* o de la empresa [10].

Como se mencionó en la introducción, el estudio de Frost y Sullivan que indicaba que el 80% de las compañías americanas planean aumentar su uso de los servicios administrados en la nube, reportó que las dos causas más destacables: la computación en la nube es más compleja y lo que está en juego ahora es más alto que nunca [27]. Con la nube, las empresas saben que tienen un gran modelo de entrega de tecnología a su alcance, y por eso consideran mantenerse allí o migrar hacia allí [28]. A pesar de las motivaciones para migrar a la nube, la mayoría de las aplicaciones no se podrán beneficiar si el cambio es simplemente volcar la arquitectura heredada existente en un entorno virtualizado y llamarla una aplicación en la nube, por ello si la arquitectura de la aplicación no es escalable ni se puede asegurar la disponibilidad (del inglés, *availability*), no es viable una aplicación corriendo en la nube.

Las arquitecturas nativas de la nube, como los microservicios, logran la disponibilidad y la escalabilidad, por su naturaleza, y pueden facilitar la migración de las arquitecturas locales para aprovechar al máximo los entornos en la nube. Tradicionalmente, una forma común de crear aplicaciones de software era a través del enfoque monolítico. Puede considerarse que las aplicaciones son monolíticas si, a pesar de que existen múltiples servicios API que proporcionan la lógica comercial, la capa de presentación completa es una única aplicación web grande [1]

Para sistemas pequeños, la arquitectura monolítica podría ser la solución más adecuada y podría estar altamente disponible y escalable utilizando mecanismos simples de equilibrio de carga. Sin embargo, a medida que el tamaño del sistema comienza a crecer, aparecen

problemas como dificultades para comprender el código, mayor tiempo de implementación, escalabilidad para cargas de datos intensivos y un compromiso a largo plazo con una pila de tecnología [29]. Los microservicios son un nuevo estilo arquitectónico que surgió para superar y contrarrestar las deficiencias de una arquitectura monolítica [29] en la que la lógica de la aplicación se encuentra dentro de una unidad desplegable, y por ello es los microservicios ayudan ofreciendo pequeños servicios que son fáciles de comprender, pueden implementarse y escalarse de forma independiente [30].

3.1. Microservicios

El estilo arquitectónico de los microservicios permite realizar sistemas de software como un paquete de pequeños servicios, cada uno desplegable en una plataforma diferente, y ejecutándose en su propio proceso mientras se comunica a través de mecanismos livianos como las API RESTFull [31]. En esta configuración, cada servicio es una capacidad comercial que puede utilizar varios lenguajes de programación y almacenamiento de datos. De esta manera, un sistema tiene una arquitectura de microservicios cuando ese sistema está compuesto por varios servicios sin ningún control centralizado [32] [30].

La Tabla 2 resume los conceptos básicos y sus características, considerando que los microservicios son servicios pequeños y autónomos que trabajan en conjunto para lograr completar un requerimiento del negocio (ver Fig.4) [1] [30].

Table 2. Conceptos básicos de los microservicios.

Concepto	Descripción
Granularización	<p>cada servicio es de granulación fina, alta cohesión para enfocarse en cumplir la responsabilidad granular.</p> <p>Cada servicio debe tratarse como una aplicación independiente con su propio repositorio de código fuente y canalización de entrega.</p> <p>permite implementaciones más frecuentes y rápidas que</p>
Débilmente acoplado	<p>eventualmente mejoran la capacidad de respuesta de la aplicación en respuesta a las necesidades de los usuarios.</p>
Lenguaje neutral	<p>construcción de los microservicios con libertad de elección del lenguaje premiando la comodidad de los desarrolladores, e independientemente del idioma también.</p>
Contexto delimitado	<p>es fundamental un contexto consolidado bien definido, lo que mejora el razonamiento del diseño y el dimensionamiento de los servicios.</p>

Con el fin de tener una arquitectura de microservicios totalmente funcional y para aprovechar todos sus beneficios, es necesario comprender la utilidad de los conceptos expresados en la Tabla 2 como así también utilizar los siguientes componentes, donde la mayoría de ellos abordan las complejidades de distribuir la lógica comercial entre los servicios:

- (a) **Servidor de configuración:** es uno de los principios de entrega continua para desacoplar el código fuente de su configuración, y permite cambiarla en una aplicación sin volver a implementar el código. Visto y considerando que una arquitectura de microservicios tiene muchos servicios, y su reintroducción será costosa, es recomendable tener un servidor de configuración para que los servicios puedan obtener sus configuraciones correspondientes.
- (b) **Descubrimiento del servicio:** existen diversos servicios en los que cada uno de ellos puede tener un gran número de instancias para escalar a la carga subyacente. Por lo tanto, hacer un seguimiento de los servicios desplegados, y su dirección exacta es una tarea un tanto engorrosa por lo que la solución es utilizar un componente de detección de servicios para obtener las instancias disponibles de cada servicio.
- (c) **Balanceador de carga:** su deber es distribuir la carga de un servicio individual entre sus muchas instancias para lograr que la aplicación sea escalable.
- (d) **Circuit Breaker:** la tolerancia a fallas debe integrarse en cada aplicación nativa de la nube, y tiene más sentido en una arquitectura de microservicios donde muchos servicios dependientes trabajan en conjunto. La falla en cada uno de estos servicios puede provocar la falla de todo el sistema.
- (e) **Servidor perimetral:** el servidor perimetral es una implementación del patrón API Gateway [29] y un muro para exponer las API externas al público. Todo el tráfico desde el exterior debe enrutarse a los servicios internos a través de este servidor. De esta forma, los clientes no se verían afectados si las estructuras internas de los servicios del sistema hubieran cambiado después.

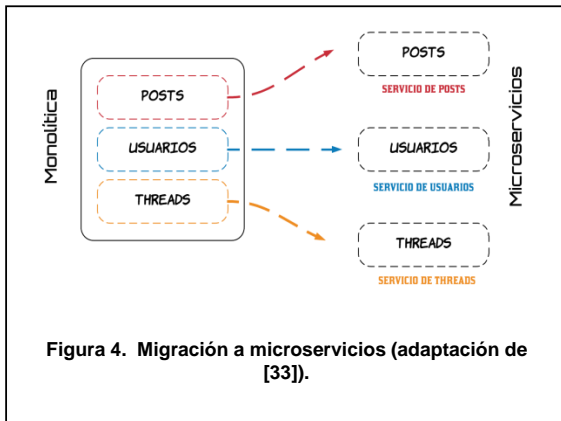


Figura 4. Migración a microservicios (adaptación de [33]).

3.1.1. Comparación entre máquinas virtuales y microservicios. Teniendo como base la Fig. 4, los microservicios mejoran muchos aspectos relacionados con las arquitecturas monolíticas, como se puede observar en la Tabla 3 (adaptación de [1]), como por ejemplo, que las aplicaciones con microservicios permiten a los desarrolladores descomponer más fácilmente su trabajo en equipos independientes más pequeños, e integrar ese trabajo a medida que se entrega e integra; no hace a que una arquitectura sea el reemplazo de la otra. El enfoque monolítico sigue siendo bueno para los equipos y proyectos a pequeña escala, pero cuando la escalabilidad, la flexibilidad y otros requisitos como el desarrollo rápido, el corto tiempo de comercialización, una mayor colaboración de equipo, entre otros, se vuelven cada vez más críticos para lograr la competitividad empresarial [34].

Tabla 3. Comparación de arquitecturas monolíticas y de microservicios.

	Monolítica	Microservicios
Código	Una base de código única para toda la aplicación.	Múltiples bases de código. Cada microservicio tiene su propia base de código.
Deployment	Implementaciones complejas con ventanas de mantenimiento y tiempos de inactividad programados.	Implementación simple ya que cada microservicio se puede implementar de forma individual, con un tiempo de inactividad mínimo, si no nulo.
Lenguaje	Típicamente desarrollado completamente en un lenguaje de	Cada microservicio se puede desarrollar en un lenguaje de programación

Escalabilidad	programación. Requiere que escale toda la aplicación a pesar de que los cuellos de botella están localizados.	diferente. Le permite escalar los servicios de cuello de botella sin escalar toda la aplicación.
Comprensión	A menudo confuso y difícil de mantener.	Mejor legibilidad y mucho más fácil de mantener.

Claro está que, en una aplicación monolítica, una tarea con mayor dificultad es la de hacer cambios en ella para responder a los cambios a veces radicales de los usuarios o en el modelo comercial, cuando el código va creciendo en cantidad de líneas, cuando aumenta la complejidad, y cuando son muchos los desarrolladores que intervienen agregando o realizando cambios al código. Si bien, el enfoque arquitectónico de microservicios se introdujo como una solución para resolver los problemas anteriores al menos en su mayoría, este nuevo estilo arquitectónico también posee ciertas desventajas o complicaciones en particular cuando es abordado por programadores sin conocimientos sobre ellos.

Las tecnologías asociadas a los contenedores, donde Docker es quien lidera, están acelerando la aplicación de la arquitectura de microservicios en diversos dominios y ámbitos de aplicación y usuarios [34].

4. Caso de Estudio

4.1. Contexto y motivación

En la actualidad, las empresas que poseen una flota de camiones, automóviles u otros vehículos requieren poder lograr un aumento del nivel del servicio, disminuyendo los factores de riesgo y los costos operativos de la flota. En el presente artículo se ahondará en la problemática de desarrollar un sistema software para una empresa de gran tamaño con el objetivo de controlar, monitorear y gestionar flotas de camiones, en base a un contexto previo de ineficiencia a la hora de determinar el estado de la flota y los gastos asociados.

Por lo cual, para desarrollar el sistema de cero en primer lugar, se realizó un análisis para comprender el dominio y la posición de los usuarios finales (sea el administrador en la empresa o el conductor del rodado) y así determinar la mejor manera de gestionar la flota y mostrar resultados claros.

En base al análisis, se plantearon los objetivos que debería cumplir el sistema para luego poder tomar las decisiones de qué arquitectura diseñar y cómo y con qué tecnologías implementarla: (a) monitorear el estado de la flota de camiones, (b) monitorear el recorrido de los

camiones, (c) identificar los camiones y los conductores, (d) recolectar datos de los dispositivos OBD, (e) generar métricas y reportes para el control efectivo.

En tercer lugar, se pensó en qué arquitectura iba a ser necesaria construir amoldada al problema a resolver y cómo se la iba a implementar. La opción regular era una arquitectura monolítica, pero en este caso y debido a la complejidad del problema, la necesidad de soportar la concurrencia, la disponibilidad, la capacidad, la accesibilidad, la interoperabilidad, la usabilidad, la tolerancia a fallos, la integridad, la modularidad, la portabilidad, el mantenimiento [35]; la cantidad de programadores disponibles, la necesidad de obtener un rendimiento óptimo, entre otros; y tomando los conceptos expuestos en las secciones anteriores, se optó por diseñar y desarrollar una aplicación nativa en la nube; que permitía mejorar la agilidad de la empresa, incrementar su capacidad de colaboración con *partners*, otras empresas o *start-ups*; ofrecer una mejor experiencia al cliente (los camiones transportan productos), y finalmente, innovar.

Con el fin de crear una aplicación flexible, escalable y fiable, se eligió como plataforma de servicios en la nube y para *hostear* la aplicación, AWS que ofrece servicios de infraestructura como potencia de cómputo, opciones de almacenamiento, redes y bases de datos; una plataforma que crece continuamente y se mantiene estable y en alza a pesar de la puja de sus competidores [36].

4.2. Arquitectura

Siguiendo los objetivos expuestos, la aplicación web y *mobile* debía permitir gestionar la empresa, la flota de camiones, los recorridos y los conductores, recolectando y procesando datos del OBD y presentando luego estadísticas y métricas útiles para el control de la flota por parte de la empresa. Por lo cual, el sistema no solo debe proveer la comunicación con los dispositivos OBD sino consumir la información recopilada con el fin de mostrarla de forma que realmente sea útil para el usuario. Al momento de esbozar la arquitectura, se incorporaron los microservicios como una estrategia arquitectónica para agilizar los ciclos de desarrollo, mejorando el nivel de mantenimiento y escalabilidad de la aplicación. En la Fig. 5, puede verse la arquitectura diseñada para la aplicación.

Como se expresó anteriormente, un componente clave de la arquitectura es la comunicación con los dispositivos OBD, y el módulo recolector de datos es el que tiene la tarea de establecer las conexiones con los múltiples dispositivos. Para cada uno de ellos se han desarrollado los diversos conectores, en los cuales es posible el intercambio de información a través de un formato

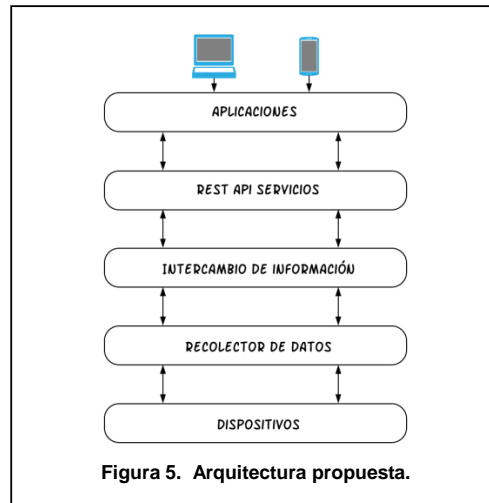


Figura 5. Arquitectura propuesta.

permitido: Json, XML, LCDP, MQTT, IP y LORA. Luego, el módulo que posee la lógica de intercambio de información es quien interactúa y se comunica con el módulo de recolección de datos y la Rest API. Esta última es una interfaz entre los sistemas que utiliza HTTP para obtener datos e indicar la ejecución de operaciones sobre ellos. Vale destacar que dentro del módulo Rest API, se encuentran los diferentes microservicios y el balanceador de carga. Finalmente, el módulo de aplicaciones es el encargado de la generación de una capa de presentación para el análisis de información por parte del usuario.

4.3. Infraestructura

Regularmente, las aplicaciones monolíticas se construían utilizando diferentes capas, como por ejemplo, una capa de interfaz de usuario, una capa de negocios y una capa de persistencia. Ahora bien, una idea central de una arquitectura de microservicios es poder dividir las funcionalidades en verticales, no mediante capas tecnológicas, sino mediante la implementación de un dominio específico [11]. Dentro de la infraestructura presentada en la Fig. 6, es necesario destacar a Lagom y Docker.

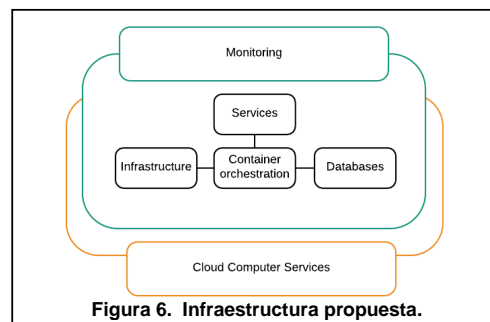


Figura 6. Infraestructura propuesta.

Lagom es un *framework* de código abierto que permite construir sistemas de microservicios en Java o Scala, y que se basa en Akka y Play [37]. Los servicios creados en él permiten lograr responsabilidades bien definidos en el desarrollo, incrementando la agilidad; y obtener sistemas con cualidades reactivas (capacidad de respuesta, flexibilidad, escalabilidad y elasticidad), alineados con los requerimientos previos al desarrollo de la aplicación.

Docker es una plataforma abierta para desarrollar, enviar y ejecutar rápidamente aplicaciones de software, a través de una plataforma de virtualización de contenedores [34]. Los principales beneficios de Docker son la velocidad, la consistencia, la densidad y la flexibilidad [38], y dentro de él se pueden distinguir dos componentes: *Docker Engine*, que es responsable de crear y ejecutar contenedores; y *Docker Hub*, un servicio en la nube para distribuir contenedores [10]. Cada contenedor de Docker es una caja aislada que puede contener el entorno de tiempo de ejecución para un servicio en particular [34].

Amazon Web Services es una plataforma ideal para implementar Docker, ya que ofrece una infraestructura escalable, API y SDK que se integran en el ciclo de vida de desarrollo y acentúan los beneficios de los contenedores livianos y portátiles que Docker ofrece. Existen dos posibilidades de implementar contenedores en AWS: por un lado, *AWS Elastic Beanstalk*, que es útil para implementar un número limitado de contenedores, una aplicación web o para el ciclo de vida de desarrollo, y por el otro, Amazon ECS, que está diseñado específicamente para permitirle ejecutar y administrar contenedores a través de una serie de hosts agrupados en clusters [38]. En particular para el desarrollo, se ha optado por la segunda opción.

4.4. Tecnologías

Dada la naturaleza del proyecto, se optaron por las siguientes tecnologías para la aplicación web (Lagom, Scala, Cassandra, Bootstrap), la Rest API (Scala, Cassandra, Google Maps API) y la aplicación mobile (Ionic 2). Como puede verse en la Fig. 6, Cassandra fue la base de datos elegida, por su escalabilidad, disponibilidad, y su gran facilidad de integración con AWS. Para la aplicación web es el framework Lagom quien permitió el desarrollo de una arquitectura orientada a microservicios, con alta escalabilidad; y el uso de actores tanto por parte de Lagom como de Scala posibilita que cada request sea procesado en paralelo, permitiendo una alta concurrencia y un rápido procesamiento.

Luego, la seguridad de la aplicación web fue limitada a las provistas por el framework Play y a la encriptación de sesiones; y para la Rest-API, mediante el uso de tokens. En cuanto a las tecnologías a utilizar en el front-end en la aplicación web se optó por el uso de CoffeeScript, HTML, CSS y Bootstrap, para lograr un sitio web completamente responsive; junto con el uso de D3 como librería de visualización de datos.

Para la aplicación móvil se optó por un desarrollo híbrido utilizando el framework Ionic, el cual permite desarrollar utilizando tecnologías web para lograr un producto final para distintos sistemas operativos. Finalmente, para la funcionalidad de los recorridos, se optó Google Maps API que brinda información de buena calidad sobre el tránsito; aunque Google Maps sea pago a partir de cierta cantidad de requests.

5. Discusión

En una arquitectura monolítica, al nuevo desarrollador le lleva una gran cantidad de tiempo familiarizarse y comprender el código para identificar qué parte es aquella que requiere un cambio o una mejora, sin generar bugs en otros puntos; una actividad no siempre intuitiva porque el código en general depende de cómo el o los programadores anteriores desarrollaron la solución siguiendo sus patrones mentales, y sus estilos de codificación. Consecuentemente, la curva de aprendizaje es alta para los nuevos desarrolladores aumentando la línea de tiempo de entrega de la aplicación.

En base a lo anterior, es mucho más complejo realizar cambios en la aplicación respondiendo a cambios radicales en las especificaciones, requerimientos o alcance, a medida que las líneas de código aumentan, y también los desarrolladores. En este contexto, el enfoque de microservicios surgió como un medio para resolver este problema, que si bien también presenta desventajas, enfatiza el nivel de madurez en la automatización y agilidad en el desarrollo de la aplicación [34].

Para el desarrollo presentado en la sección anterior, una de las razones clave de la elección de los microservicios consistió en la capacidad de brindar una entrega más frecuente de los avances, pudiendo obtener una retroalimentación con mayor rapidez. Además, considerando la experiencia en el usuario los microservicios están diseñados para ser resistentes, lo que significa una mejor disponibilidad del servicio y una experiencia de usuario ininterrumpida.

De la misma manera, al adoptar el estilo arquitectónico de microservicios fue más simplista la tarea de identificar la duplicación de servicios; debido a que al tener una plataforma común para desarrollar, construir, ejecutar y administrar los microservicios es viable la simple eliminación de los servicios duplicados,

reduciendo los gastos y costos para la empresa. Otra de las razones claves fue el enfoque políglota en cuanto a sistemas operativos, lenguajes de programación, almacenamiento y herramientas [11].

También permitió el trabajo ágil con un equipo de varios desarrolladores, con diferentes niveles de *expertise*; donde también fue más que útil que cada componente de microservicio se diseña para un conjunto de capacidades, centrándose en un dominio específico, por lo cual no solo que se puede asignar un desarrollador a codificar uno o más servicios, cuando alguno de los servicios alcanza un cierto nivel de complejidad fue viable separarlo en dos. De la misma manera, Docker acelera la independencia porque los desarrolladores pueden trabajar con las tecnologías que más cómodo le queden [34].

Si bien, los microservicios pueden tener grandes ventajas en cuanto a cumplir diversos atributos de calidad de un software y otros, no son una solución para todo (del inglés, *one-fit-all solution*) debido a que introducen por un lado, nuevas complejidades al sistema como que los desarrolladores *newies* a los sistemas distribuidos y en aplicaciones *cloud* nativas, usualmente asumen que la red es confiable, la latencia es cero y el ancho de banda es infinito. También cuando se da el caso de migrar de una arquitectura monolítica a una orientada a microservicios [39] se requiere determinar apropiadamente los límites para los microservicios y es una tarea compleja. De la misma manera, el versionado para los microservicios puede ser dificultoso.

Y por el otro, dos factores son necesarios remarcar. Por un lado, la *complejidad arquitectónica* (en las arquitecturas monolíticas, la complejidad y el número de dependencias residen dentro de la base de códigos, mientras que en las arquitecturas de microservicios, la complejidad se traslada a las interacciones de los servicios individuales que implementan un dominio específico), y por el otro, la *complejidad operativa* (con un enfoque de microservicios, ya no se ejecuta un solo servicio, sino docenas o incluso cientos de servicios). Sin embargo, si el estilo arquitectónico de microservicios se adopta en un contexto que requiere de una gran flexibilidad en términos de escalabilidad y disponibilidad, puede ofrecer los beneficios prometidos [30].

La *conteneirización* es una nueva tendencia que es muy adecuada para microservicios. Al utilizar contenedores, fue viable implementar instancias de servicio con gastos generales más bajos que la virtualización, y de forma aislada [30]. Los contenedores Docker fueron adecuados para trabajar con la arquitectura de microservicios, debido a que cada uno de ellos se puede utilizar como una unidad de implementación para contener granularmente un servicio; y en sí, Docker está ayudando a acelerar la cultura de

automatización en cada paso del ciclo de vida del desarrollo de software.

En base a la infraestructura y arquitectura definidas, se logró una aplicación hosteada en AWS que permitió realizar efectivamente el control de la flota, estableciendo los recorridos de los camiones, las velocidades registradas, las distancias recorridas, los mapas resultantes; la obtención de estadísticas en base a los factores precedentes, el agrupamiento de vehículos en categorías, la identificación de puntos de interés, y evaluar el comportamiento al volante de cada conductor.

Diversos autores [40] [41] [42] han remarcado que las arquitecturas de microservicios requieren maquinaria extra que puede imponer costos sustanciales. Taibi y otros [39] realizaron un estudio donde encuestaron a 21 personas con los siguientes roles en sus compañías: el 31.82% eran arquitectos de software, 27.27% gerentes de proyectos, 22.73% desarrolladores sr, 9.09% entrenadores ágiles y 9.09% CEOs; todos ellos tenían al menos cinco años de experiencia en el desarrollo de software.

Todos los participantes confirmaron que:

(a) el desarrollo de un sistema basado en microservicios tiene costos iniciales que son más altos que aquellos monolíticos,

(b) la sobrecarga de costos más altos se ve altamente compensada por la reducción del esfuerzo de mantenimiento en el largo plazo,

(c) que generalmente el esfuerzo adicional inicial se compensa después de un período de entre dos años (33%) y tres años (66%),

(d) la estimación de esfuerzo se lleva a cabo comúnmente como cualquier otro proyecto, en función de la experiencia de los desarrolladores, en el análisis de los próximos pasos de desarrollo (57%) o respaldado por una estructura de desglose de trabajo (43%);

(e) aumentaron su precisión de estimación utilizando una arquitectura basada en microservicios, como resultado de la menor granularidad de las estimaciones e incertidumbres debido a la falta de dependencias externas y la necesidad de sincronizaciones de equipo.

Lo mismo ocurre con AWS, porque puede verse como una gran desventaja el costo económico que requiere cuando la infraestructura es compleja (como el caso presentado), pero es más que redituable con los servicios, la calidad y la alta disponibilidad del sistema.

6. Conclusiones

En épocas de transformación digital y de una tendencia creciente de Industria 4.0; las personas, las empresas y las industrias, optan cada vez más por la Computación en la Nube, como una aliada a la hora de obtener agilidad y flexibilidad en el desarrollo, y tiempos

más reducidos en la salida al mercado del producto. Los microservicios emergieron de un mundo caracterizado por el diseño impulsado por dominio, la entrega continua, la virtualización bajo demanda, la automatización de infraestructura, pequeños equipos autónomos y sistemas a escala; y lo hicieron como una tendencia o un patrón basado en el uso en la vida real [3].

En gran medida, la flexibilidad y la facilidad de implementación de los enfoques modernos de la arquitectura de microservicios son compatibles o, de hecho, impulsados por la aparición de patrones de diseño exitosos que ya están en proceso de convertirse en estándares [43]. La entrega de microservicios se adapta bien en muchos aspectos al despliegue en contenedores de software. Este método es, de hecho, actualmente la forma más popular de implementarlos, pero para tratar con eficacia las complicaciones resultantes que acabamos de describir, absolutamente se requiere el uso de estándares [43].

También se mostró un caso de estudio real que aborda las decisiones tomadas a la hora de construir una aplicación nativa en la nube, que en sí es una combinación de patrones de desarrollo de software existentes (automatización de software (infraestructura y sistemas), integraciones de API y arquitecturas orientadas a servicios) y nuevos (arquitectura de microservicios, los servicios en contenedores y la gestión y la orquestación distribuidas) [44].

Los puntos que pueden resaltarse o tomarse como conclusión del caso de estudio son los siguientes:

- (a) si un desarrollador viene arraigado en un punto de vista de sistema monolítico, claro está que requerirá mucho trabajo en el manejo de la implementación, las pruebas y la supervisión para empezar a ver los beneficios del uso de microservicios,
- (b) el arquitecto deberá también pensar diferente sobre cómo escalar el sistema asegurándose de que sea elástico y flexible;
- (c) a la hora de empezar con una aplicación, si el alcance es muy pequeño, la primera opción probablemente no sean los microservicios,
- (d) el objetivo en sí de los microservicios es poder realizar un cambio en un servicio y *deployarlo*, sin necesidad de cambiar ninguna otra parte del sistema (si esto último pasara estaríamos rompiendo el bajo acoplamiento),
- (e) la clave no es crear demasiados microservicios muy pequeños, sino que es preferible darles

mayor complejidad y que en todo caso, se puedan separar,

- (f) tanto los microservicios como los contenedores no exigen el conocimiento de un lenguaje de programación en particular para desarrollar una aplicación,
- (g) Docker funciona bien con microservicios,
- (h) desarrollar aplicaciones nativas en la nube requiere que al menos un integrante del equipo de desarrollo tenga *expertise* en el área,
- (i) una buena práctica es monitorear estas aplicaciones, analizando sus métricas de infraestructura y específicas de la aplicación [45],
- (j) fue posible tomar datos de los dispositivos OBD correctamente,
- (k) si bien la infraestructura diseñada asume un costo alto económico, se ve justificado en la alta disponibilidad del sistema.

Como trabajo futuro, se prevé analizar el nivel de impacto en los desarrolladores al trabajar con Mesos, en pos de obtener valores concretos de la curva de aprendizaje.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo incontable de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Austral.

8. Referencias

- [1] Daya, S., Van Duy, N., Eati, K., Ferreira, C. M., Glozic, D., Gucer, V.,... & Narain, S. (2016). *Microservices from Theory to Practice: Creating Applications in IBM Bluemix Using the Microservices Approach*. IBM Redbooks.
- [2] Deri, L. (1995). *Droplets: Breaking Monolithic Applications Apart*.
- [3] Newman, S. (2015). *Building microservices: designing fine-grained systems*. O'Reilly Media, Inc.
- [4] Piraghaj, S. F., Dastjerdi, A. V., Calheiros, R. N., & Buyya, R. (2017). *ContainerCloudSim: An environment for modeling and simulation of containers in cloud data centers*. *Software: Practice and Experience*, 47(4), 505-521.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [5] Wang, L., Von Laszewski, G., Younge, A., He, X., Kunze, M., Tao, J., & Fu, C. (2010). Cloud computing: a perspective study. *New Generation Computing*, 28(2), 137-146.
- [6] Columbus, L. (April 23, 2017) 2017 State Of Cloud Adoption And Security, <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2017/04/23/2017-state-of-cloud-adoption-and-security/#6c15d24d1848>. Último acceso: 20/08/2018
- [7] Pahl, C., & Lee, B. (2015, August). Containers and clusters for edge cloud architectures--A technology review. In *Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 2015 3rd International Conference on* (pp. 379-386). IEEE.
- [8] Kratzke, N., & Quint, P. C. (2017). Understanding cloud-native applications after 10 years of cloud computing--a systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 126, 1-16.
- [9] Recommendations of the National Institute of Standards and Technology (2011), <http://faculty.winthrop.edu/domanm/csci411/Handouts/NIST.pdf>
- [10] Mouat, A. (2015). *Using Docker: Developing and Deploying Software with Containers*. " O'Reilly Media, Inc."
- [11] *Microservices on AWS* (September 2017) Amazon Web Services, <https://d0.awsstatic.com/whitepapers/microservices-on-aws.pdf> Último acceso: 20/08/2018
- [12] Taibi, D., Lenarduzzi, V., & Pahl, C. (2017). Processes, motivations, and issues for migrating to microservices architectures: an empirical investigation. *IEEE Cloud Computing*, (5), 22-32.
- [13] Amazon Web Services, <https://aws.amazon.com/es/> Último acceso: 20/08/2018
- [14] Microsoft Azure, <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-azure/>
- [15] IBM, What is Cloud Computing? <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-cloud-computing>, Último acceso: 20/08/2018
- [16] Xue, J.: The research of security mechanism in the cloud computing platform based on virtualization technology, Master's degree paper, vol. 2 (2010)
- [17] Mell, P. and Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing.
- [18] Pahl, C., Brogi, A., Soldani, J., & Jamshidi, P. (2017). Cloud container technologies: a state-of-the-art review. *IEEE Transactions on Cloud Computing*.
- [19] Hypervisor, <https://www.techopedia.com/definition/4790/hypervisor>, Último acceso: 20/08/2018
- [20] Using VMWare Workstation, (2012) <https://www.vmware.com/pdf/desktop/ws90-using.pdf> , Último acceso: 20/08/2018
- [21] VirtualBox <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> Último acceso: 20/08/2018
- [22] Using VMWare Workstation, (2012) <https://www.vmware.com/pdf/desktop/ws90-using.pdf>, Último acceso: 20/08/2018, pp. 7.
- [23] Singh, S., & Singh, N. (2016, July). Containers & Docker: Emerging roles & future of Cloud technology. In *Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT), 2016 2nd International Conference on* (pp. 804-807). IEEE.
- [24] What is a Container, https://www.docker.com/what-container#/virtual_machines, Último acceso: 20/08/2018
- [25] Docker Engine Sparked the Containerization Movement <https://www.docker.com/products/docker-engine>, Último acceso: 20/08/2018
- [26] R. Ranjan, "The Cloud Interoperability Challenge", *IEEE Cloud Computing*, vol. 1, no. 2, pp. 20-24, 2014.
- [27] Dunstan, J. (February 27, 2017) Why 80 percent of companies are increasing use of cloud managed services? <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2017/02/27/companies-increasing-cloud-managed-services/> , Último acceso: 20/08/2018
- [28] Jamshidi, P., Ahmad, A., Pahl, C.: Cloud migration research: a systematic review. *IEEE Trans. Cloud Comput.* 1(2), 142–157 (2013)
- [29] Richardson, C.: *Microservices architecture* (2014). <http://microservices.io/>. Último acceso: 20/08/2018
- [30] Balalaie, A., Heydarnoori, A., & Jamshidi, P. (2015, September). Migrating to cloud-native architectures using microservices: an experience report. In *European Conference on Service-Oriented and Cloud Computing* (pp. 201-215). Springer, Cham.
- [31] Fowler, M., Lewis, J.: *Microservices*. <http://martinfowler.com/articles/microservices.html>, Último acceso: 20/08/2018
- [32] Martin, R.: Clean micro-service architecture. <http://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2014/10/01/CleanMicroserviceArchitecture.html>., Último acceso: 20/08/2018
- [33] AWS, Break a Monolith Application into Microservices <https://aws.amazon.com/es/getting-started/projects/break-monolith-app-microservices-ecs-docker-ec2/> Último acceso: 20/08/2018
- [34] Jaramillo, D., Nguyen, D. V., & Smart, R. (2016, March). Leveraging microservices architecture by using Docker technology. In *SoutheastCon, 2016* (pp. 1-5). IEEE.
- [35] ISO/IEC 25010 <http://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010> Último acceso: 20/08/2018
- [36] Synergy research group (October 27, 2017) Cloud Market Keeps Growing at Over 40%; Amazon Still Increases its Share, <https://www.srgresearch.com/articles/cloud-market-keeps->

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

growing-over-40-amazon-still-increases-share Último acceso:
20/08/2018

[37] Lagom <https://www.lagomframework.com/> Último
acceso: 20/08/2018

[38] Chavis, B & Jones, T. (2015) Docker on AWS. Running
Containers in the Cloud.
<https://d0.awsstatic.com/whitepapers/docker-on-aws.pdf> Último
acceso: 20/08/2018

[39] Taibi, D., Lenarduzzi, V., & Pahl, C. (2017). Processes,
motivations, and issues for migrating to microservices
architectures: an empirical investigation. IEEE Cloud
Computing, (5), 22-32.

[40] Singleton, A "The Economics of Microservices," IEEE
Cloud Computing, vol. 3, no. 5, 2016, pp. 16–20.

[41] Killalea, T. "The Hidden Dividends of Microservices,"
Comm. ACM, vol. 59, no. 8, 2016, pp. 42–45.

[42] Taibi, D. et al., "Microservices in Agile Software
Development: A Workshop-Based Study into Issues,
Advantages, and Disadvantages," Proc. XP '17 Workshops,
2017; doi 10.1145/3120459.3120483.

[43] Sill, A. (2016). The design and architecture of
microservices. IEEE Cloud Computing, 3(5), 76-80.

[44] Owens, K. (February 20, 2017) Developing Cloud Native
Applications <https://blogs.cisco.com/cloud/developing-cloud-native-applications>, Último acceso: 20/08/2018.

[45] Toffetti, G., Brunner, S., Blöchlinger, M., Dudouet, F., &
Edmonds, A. (2015, April). An architecture for self-managing
microservices. In Proceedings of the 1st International
Workshop on Automated Incident Management in Cloud (pp.
19-24). ACM..

Una propuesta para la selección de Protocolo de Comunicación seguro para Internet de las Cosas

Jorge Eterovic; Marcelo Cipriano; Santiago Nicolet

Dirección de Investigación - Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo
Universidad del Salvador

Lavalle 1854 – C1051AAB -Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

jorge.eterovic@gmail.com; cipriano1.618@gmail.com; santiago.nicolet@usal.edu.ar

Abstract

Internet de las cosas (en inglés, Internet of Things, abreviado: IoT) [1,2] es un concepto que se refiere a la interconexión digital de cosas u objetos en Internet [3]. Según la consultora Gartner [4], en 2020 habrá en el mundo aproximadamente 26 mil millones de dispositivos con un sistema de conexión a Internet de las cosas. Entre las tecnologías de comunicaciones más usadas en IoT se encuentran: WiFi, 4G LTE, Bluetooth, LTE Cat 0, ZigBee, 802.11ah, Z-Wave, Sigfox, LoRaWAN. Para el usuario de IoT, estas tecnologías resultan ser "transparentes". Es decir que se ignora su existencia o se tiene una visión parcial o incompleta de las mismas. Esta transparencia también incluye a cuáles son los protocolos adecuados para cada tipo de aplicación y las técnicas de protección y seguridad de las comunicaciones y del transporte y almacenamiento de datos confidenciales y/o sensibles, en los sistemas que así lo requieren. Este trabajo de investigación se centró en encontrar los indicadores que permitan identificar la mejor solución de comunicaciones en Internet de las Cosas, y que tenga la capacidad de incorporar soluciones de seguridad, tales como Criptografía Ligera o Liviana [5], para garantizar la privacidad y la protección de los datos personales [6].

Palabras Clave

Internet de las Cosas. Protocolos de Comunicaciones para IoT. Seguridad en IoT.

1. Introducción

En 1999, Kevin Ashton, miembro fundador del Laboratorio de Investigación Auto-ID Center del MIT [7], hoy llamado Auto-ID Labs, fue el primero que acuñó y usó el término Internet of things (IoT), donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia (RFID) y tecnologías de sensores.

En IoT cada objeto, ya sea virtual o físico, es transmisible, direccionable y accesible a través de Internet. Cada objeto tiene su propia identificación y tiene la capacidad de detectar, procesar y comunicarse [8].

La naturaleza omnipresente de los objetos en IoT hace que los datos que se recopilan y transmiten para uso público y privado sean muy importantes y se debe garantizar la seguridad de los mismos. Se deben mantener la integridad y la confidencialidad de los datos transmitidos, así como la autenticación de los objetos.

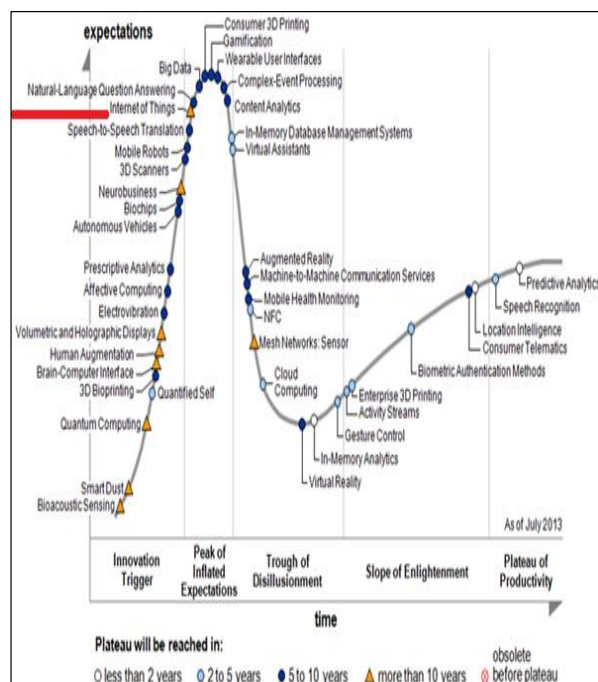


Figura 1. Tecnologías emergentes

En la Figura 1 se muestra el Hype Cycle elaborado por la consultora Gartner [9] del estado de las tecnologías emergentes.

El Hype Cycle es un gráfico que muestra el estado de madurez, la adopción y la aplicación de una tecnología. IoT, marcada con una línea roja, se encuentra en la fase ascendente de la curva, conocida como “tecnologías disparadoras de innovación”.

La seguridad y la privacidad son aspectos transversales a toda la pila de protocolos. Los principales problemas de seguridad en IoT incluyen: Autenticación, Identificación y heterogeneidad del dispositivo. Dado que cada dispositivo tiene su propia identificación, será muy difícil identificar miles de millones de dispositivos.

Lo mismo es el caso de la Autenticación: hacerlo para cada dispositivo puede ser un trabajo tedioso. Una de las principales preocupaciones de seguridad es la heterogeneidad del dispositivo. Hay muchos tipos diferentes de ellos en IoT, lo que impide aplicar una única solución de seguridad uniforme en todos los ámbitos.

Dado que cada dispositivo tiene diferentes necesidades de seguridad, la heterogeneidad del dispositivo también puede causar problemas en otros aspectos.

La historia se inicia con las conocidas “etiquetas antirobo” que se adhieren a libros, prendas y demás objetos en librerías y shoppings. Luego aparecieron otros objetos, como las llaves “computadas” de vehículos, los “tags” para abonar peajes y tarjetas para el pago electrónico de pasajes en transporte público (tarjetas Monedero, SUBE, etc.).

Pero menos conocidos, por su reciente aparición y no tan masiva difusión son los pasaportes, licencias de conducir, documentos de identidad y hasta incluso minúsculos chips subcutáneos, entre otros dispositivos y sistemas.

Obviamente, existe una gran diferencia entre la Internet convencional e IoT, tal como se muestra en la Tabla 1 [10]:

Tabla 1. Diferencia entre Internet e IoT

Pregunta	Internet tradicional	IoT
¿Quién crea contenidos?	Humano.	Máquina.
¿Cómo se combina el contenido?	Usando enlaces explícitamente definidos.	A través de operaciones explícitamente definidas.
¿Cuál es el valor?	Responder preguntas.	Acción e información oportuna.

¿Qué se hizo hasta ahora?	Tanto la creación de contenido (HTML) como el consumo de contenido (motor de búsqueda).	Principalmente creación de contenido.
Tipo de conexiones	Punto a Punto y Multipunto.	Sólo Multipunto.
Información digital	Fácilmente disponible.	No genera a menos que sea aumentado o manipulado.
¿En qué concepto de tecnología está basado?	Físico y Digital.	Físico.

Las principales características de los dispositivos para IoT son: procesamiento lento, memoria limitada y baja potencia. Los mismos se comunican en un tipo de red que se conoce como red con pérdidas y de baja potencia (LLN - Low Power and Lossy Network) dado que son susceptibles a sufrir gran pérdida de datos.

2. Seguridad en Internet de las Cosas

Dada la cantidad y naturaleza de la información que muchos de estos dispositivos colectan y transmiten, sumado a las limitaciones de hardware propias de estos aparatos y que poseen vulnerabilidades que podrían ser explotadas, la posibilidad de ser blanco de ataques es muy elevada. Estas amenazas podrían llegar a ser tanto o más perjudiciales que cualquiera de los beneficios que ofrecen su uso [11-12].

Por ejemplo, muchos pacientes de renombre, entre ellos políticos y líderes de estado, llevan marcapasos en sus cuerpos. Uno de los más conocidos fue el Papa Benedicto XVI, el cual lo ha usado, incluso desde antes de ser elegido para estar al frente de la Iglesia [13]. ¿Bajo qué riesgos hubiera estado sometido en caso de un ciberataque suponiendo que usara un dispositivo con algunas vulnerabilidades no corregidas?

3. Criptografía Liviana

El advenimiento en años recientes de este nuevo campo de investigación y aplicación, llamado Criptografía Ligera o Liviana persigue el estudio de nuevos métodos

criptográficos con el fin que puedan utilizarse en objetos inteligentes, particularmente adecuados a las limitaciones de los dispositivos que se emplean en IoT, dado que los algoritmos tradicionales no pueden funcionar adecuadamente en dichos entornos.

La Criptografía Liviana puede estar optimizada para trabajar en entornos orientados a Hardware, Software, e incluso puede tener buenos rendimientos en ambos. Se pueden encontrar algoritmos de: Clave Pública, Clave Privada, Block Ciphers, Stream Ciphers, Hash y mecanismos de Autenticación.

Tal es el caso de los algoritmos que se encuentran descritos en la norma ISO/IEC 29192:2012 [5].

Además, la norma mencionada propone algunos criterios e indicadores para que un algoritmo sea considerado "liviano" o "ligero". Los mismos son:

- área del chip medido en GE (gate equivalent)
- consumo de energía.
- cantidad de líneas de código.
- tamaño de RAM.
- ancho de banda de la comunicación.
- tiempo de ejecución.

Cada dispositivo tiene sus propias limitantes y aun conociendo en detalle estos indicadores para cada algoritmo, no es fácil elegir el más adecuado para ser implementado. Entre otras razones por la falta de consideración del funcionamiento en conjunto del algoritmo y su ecosistema.

En los dispositivos de IoT la energía es un bien escaso. Por ello se debe compatibilizar de la mejor manera posible los requerimientos de consumo de la misma, tanto del algoritmo como los del protocolo de comunicación.

4. Protocolos de Comunicaciones

En la Tabla 2 se muestran las distintas tecnologías que intervienen en IoT [14].

De todas ellas, centramos este trabajo de investigación en los protocolos de comunicación para IoT más adoptadas por la industria [15]. Así tenemos los siguientes:

1. WiFi.
2. 4G LTE.
3. Bluetooth.
4. LTE Cat 0.
5. ZigBee.
6. IEEE 802.11ah.

7. Z-Wave.
8. SigFox.
9. LoRaWAN.

Tabla 2. Tecnologías de IoT

Protocolos de Comunicaciones	WiFi, 4G LTE, Bluetooth, LTE Cat 0, ZigBee, 802.11ah, Z-Wave, Sigfox, LoRaWAN, NFC, RFID, IEEE802.15.4, WiMAX, Weightless, DASH7, PLC, QR Code, etc.
Hardware	Raspberry Pi, Hackberry, Arduino Yun, Arduino Uno, PCduino, The Rascal, Cubie Board, BeagleBone Black.
Técnicas de identificación	IPv6, AIDC, RFID, Código QR, Código de barras, etc.
Arquitecturas IoT	3-Layer, 5-th layer, IoT-A, BeTaaS, OpenIoT, IoT@Work, IOT-I, etc.
Sistemas Operativos	Tiny OS, Contiki, Mantis, Nano-RK, LiteOS, FreeRTOS.
Protocolos	IPV6, 6LOWPAN, UDP, Chirp, DTLS, XMPP-IoT, SSI, NanoIP, MQTT.

A continuación, se describen las principales características de cada uno de los protocolos de comunicaciones, teniendo en cuenta que los objetos de IoT tienen un microprocesador o un chip inteligente que le da al dispositivo la capacidad de detectar información del entorno que la rodea, hacer cálculos y luego comunicarse para transmitir información a otros objetos o personas.

4.1. WiFi

Es el estándar más utilizado en los hogares y en muchas empresas. Ofrece un rendimiento significativo en un rango de cientos de megabits por segundo (Mbps). Es muy adecuado para la transferencia de archivos, pero consume demasiada potencia para desarrollar aplicaciones IoT.

Sus principales características son:

- Estándar: basado en IEEE 802.11n.
- Frecuencia: 2,4 GHz y 5 GHz.
- Alcance: hasta 100 m.
- Velocidad de transferencia: hasta 600 Mbps.

4.2. 4G LTE

La red de telefonía móvil es capaz de enviar grandes cantidades de datos, especialmente a través de 4G, aunque

el consumo de energía y el costo de la conexión podrían ser demasiado altos para muchas aplicaciones. Sin embargo, puede ser ideal para proyectos que integren sensores y que no requieran un ancho de banda muy grande para enviar datos por Internet.

- Estándares basados en: GSM/GPRS/ EDGE (2G), UMTS/HSPA (3G), LTE (4G).
- Frecuencias: 900 / 1800 / 1900 / 2100 MHz.
- Alcance: hasta 35 km para GSM; hasta 200 km para HSPA.
- Velocidad de transferencia (descarga habitual): 35-170 kps (GPRS), 120-384 kbps (EDGE), 384 Kbps-2 Mbps (UMTS), 600 kbps-10 Mbps (HSPA), 3-10 Mbps (LTE).

4.3. Bluetooth

Es una de las tecnologías de transmisión de datos de corto alcance más establecidas. Es muy importante en el ámbito de la electrónica de consumo. Las expectativas apuntan a que será clave para desarrollar dispositivos “vestibles” o “wearables”, ya que permitirá el establecimiento de conexiones IoT, probablemente a través de un smartphone.

- Estándar: Bluetooth 4.2.
- Frecuencia: 2,4 GHz (ISM).
- Alcance: 50-150 m (Smart/LE).
- Velocidad de transferencia: 1 Mbps (Smart/LE).

4.4. LTE Cat 0

Esta tecnología llamada Long Term Evolution (LTE) es lo último en red de transmisión celular de alta velocidad. LTE es una tecnología 4G que utiliza la infraestructura de software GSM. Fue estandarizado en 2008 y los primeros teléfonos inteligentes LTE aparecieron en 2011. LTE proporciona interoperabilidad global en más de tres docenas de bandas de frecuencia.

- Estándar: LTE Cat 0 Release 12.
- Frecuencia: 20 MHz.
- Alcance: hasta 2 km.
- Velocidad de transferencia: 1 Mbps.

4.5. ZigBee

Es una tecnología inalámbrica más centrada en aplicaciones domóticas e industriales. Tiene algunas ventajas significativas como el bajo consumo en sistemas

complejos, seguridad superior, robustez, alta escalabilidad y capacidad para soportar un gran número de nodos.

- Estándar: ZigBee 3.0 basado en IEEE 802.15.4.
- Frecuencia: 2.4 GHz.
- Alcance: 10-100 m.
- Velocidad de transferencia: 250 Kbps.

4.6. IEEE 802.11ah

Es el nuevo estándar que ya está aprobado. Utilizará frecuencias bajas, por lo que la cobertura será mayor. Las características de este nuevo estándar es que está optimizado para tener miles de nodos sin ningún problema de saturación, optimizando al máximo el uso del espectro.

- Estándar: 802.11ah.
- Frecuencia: 4, 8 y 16 MHz.
- Alcance: 10-100 m.
- Velocidad de transferencia: 150 Kbps.

4.7. Z-Wave

Es una tecnología de Radio Frecuencia de bajo consumo, diseñada inicialmente para productos de domótica como controladores de iluminación y sensores. Está optimizada para la comunicación confiable de baja latencia de pequeños paquetes de datos y utiliza un protocolo más simple que otras tecnologías, lo que permite una mayor rapidez en el desarrollo.

- Estándar: Z-Wave Alliance ZAD12837 / ITU-T G.9959.
- Frecuencia: 900 MHz (Banda ISM).
- Alcance: 30 m.
- Velocidad de transferencia: 9,6 / 40 / 100 Kbps.

4.8. SigFox

Una alternativa de amplio alcance es SigFox, que en términos de alcance está entre Wi-Fi y la comunicación móvil. Utiliza bandas ISM, que se pueden utilizar sin necesidad de adquirir licencias. Responde a las necesidades de muchas aplicaciones M2M (Machine to

Machine) ¹que funcionan con una batería pequeña y sólo requieren niveles menores de transferencia de datos, allí donde WiFi se queda demasiado corto y la comunicación móvil es muy cara y consume demasiada energía.

- Estándar: SigFox.
- Frecuencia: 900 MHz.
- Alcance: 30-50 km (ambientes rurales), 3-10 km (ambientes urbanos).
- Velocidad de transferencia: 10-1000 Bps.

4.9. LoRaWAN

Está diseñada para implementar redes de área amplia (WAN) con características específicas para soportar comunicaciones móviles, bidireccionales, económicas y seguras para aplicaciones de IoT, M2M, ciudades inteligentes y aplicaciones industriales. Está optimizada para bajo consumo de energía y para ofrecer amplias redes con millones y millones de dispositivos.

- Estándar: LoRaWAN.
- Frecuencia: Varias.
- Alcance: 2-5 km (entorno urbano), 15 km (entorno rural).
- Velocidad de transferencia: 2Mbps.
-

5. Resultados

Este trabajo de investigación se centró en encontrar los indicadores que permitan identificar la mejor solución de comunicaciones en Internet de las Cosas, para un dado requerimiento.

Para ello se analizaron las siguientes características técnicas de los distintos protocolos:

- Velocidad de transmisión de los datos
- Alcance
- Consumo de energía

y se evaluaron gráficamente los rangos de aplicación.

En el Gráfico 1 se muestran estos resultados para los protocolos WiFi, 4G LTE, Bluetooth, LTE Cat 0, ZigBee, 802.11ah, Z-Wave, Sigfox y LoRaWAN.

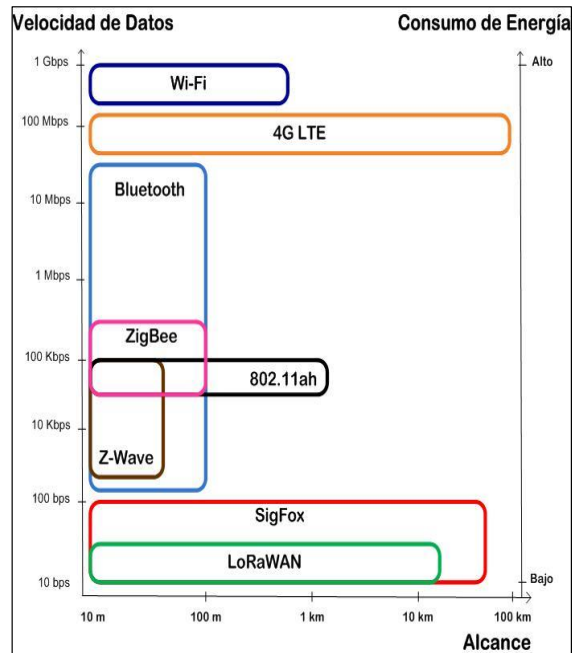


Gráfico 1. Protocolos para IoT

Asimismo, en el Gráfico 2 se pueden identificar de manera rápida cuáles protocolos de comunicación serían recomendables, por ejemplo, si necesitamos transmitir a velocidades de hasta 10 Mbps en distancias de hasta 100 metros.

Se pueden ver claramente los protocolos recomendados, que son Bluetooth, ZigBee, IEEE 802.11ah, Z-Wave, SigFox y LoRaWAN (ver recuadro número 1, en línea de trazos de color rojo).

De igual manera, si necesitamos identificar que protocolos de comunicación usar para requerimientos de entre 100 metros y 100 kilómetros con velocidades de hasta 5 Mbps, los protocolos IEEE 802.11ah, SigFox y LoRaWAN, cumplen con los mismos, tal como se ve en el siguiente gráfico en línea de trazos numerados como 1 y 2.

¹ Se refiere a las comunicaciones que se realizan de equipo a equipo, mediante un canal dispuesto para tal fin.

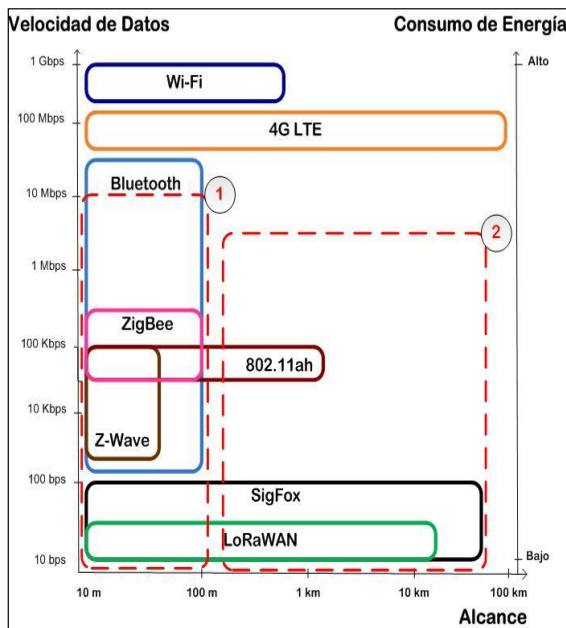


Gráfico 2. Protocolos recomendables

6. Conclusión

Se ha podido llevar adelante un análisis comparativo de los protocolos de comunicación, de acuerdo con los parámetros de alcance, velocidad de transmisión de los datos y consumo de energía.

De esta manera, si se necesitara identificar que protocolos de comunicación se deben usar para un determinado requerimiento, a partir del alcance o de la velocidad de transmisión, se selecciona rápidamente a partir de los valores graficados.

Asimismo, es importante destacar que se grafica como un tercer parámetro al consumo de energía, que resultará de vital importancia al momento de diseñar el sistema completo, donde se debe garantizar la disponibilidad de energía necesaria para el funcionamiento del algoritmo criptográfico que asegurará la confidencialidad y la privacidad de las comunicaciones.

Esto se verifica en la práctica, ya que el protocolo LoRaWAN, que es uno de los que tiene menos requerimientos de energía, es el que más se está implementando en diversos tipos de aplicaciones de IoT que requieren seguridad.

7. Futuros Trabajos

Se podrá presentar una prospectiva tecnológica del estado de actualización de los protocolos de comunicación

para IoT, como así también el grado de adopción de los mismos por parte de la industria.

8. Agradecimientos

Este trabajo de investigación se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación “Una aproximación a la seguridad de las comunicaciones en Internet de las Cosas”, que fue financiado por la Dirección de Investigación, dependiente del Vicerrectorado de Investigación y Desarrollo (VRID) de la Universidad del Salvador.

9. Referencias

- [1] Internet of Things. <http://www.cisco.com/web/solutions/trends/iot/overview.html>. Consultada: Julio de 2018.
- [2] Internet de las cosas Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo <http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>. Consultada: julio de 2018.
- [3] Conner, Margery; Sensors empower the "Internet of Things"; Issue 10; pp. 32-38. Mayo de 2010; ISSN 0012-7515
- [4] Gartner Says the Internet of Things Installed Base Will Grow to 26 Billion Units By 2020. <https://www.gartner.com/newsroom/id/2636073>. Consultada: Julio de 2018.
- [5] ISO/IEC 29192. Information technology - Security techniques - Lightweight Crypto-graphy. 2012. <https://www.iso.org>.
- [6] Román R., Nájera P., López J. “Los Desafíos De Seguridad En La Internet De Los Objetos” University of Malaga, España. 2010.
- [7] Kevin Ashton; That 'Internet of Things' Thing; <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>. Consultada: Julio de 2018.
- [8] Advancing the IoT for Global Commerce <https://autoidlabs.org/>. Consultada: Julio de 2018.
- [9] Gartner's Hype Cycle Special Report for 2017, Gartner Inc. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>. Consultada: Julio de 2018.
- [10] Differences between the IoT and Traditional Internet by Dr. Opher. <https://www.rtinsights.com/differences-between-theiot-and-traditional-internet/> Consultada: Julio de 2018.
- [11] Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación y Agencia Española de Protección de Datos.: Guía sobre seguridad y privacidad de la tecnología RFID. España. 2010. www.inteco.es. Consultada: julio de 2018.
- [12] <http://www.cryptrec.go.jp/english/method.html>. Consultada: julio de 2018.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[13] http://www.ecrypt.eu.org/stream/portfolio_revision1.pdf.
Consultada: Julio de 2018.

[14] Laeeq, Kashif, and Jawwad A. Shamsi, "A Study of Security Issues, Vulnerabilities and Challenges in Internet of Things," *Securing Cyber-Physical Systems*, p. 221, 2015.

[15] Tecnologías de Comunicaciones para IoT. Link:
<https://www.efor.es/servicios/internet-de-las-cosas-iot.html>.
Consultada: julio de 2018.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Trabajos estudiantiles Cátedra

APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS INTRODUCTORIOS A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL MEDIADO POR RECURSOS DIGITALES

Paola D. Budán, Walter Saguir, Ramiro Sánchez, Federico Rodriguez

Universidad Nacional del Chaco Austral

Presidencia Roque Saenz Peña, Chaco, Argentina, 3700

{pbudan1, ramiro.sanchez03, far.3619, wossow1.2} @gmail.com

Resumen

Este artículo presenta el resultado de idear una experiencia de cátedra basada en clases mediadas por recursos digitales, para la asignatura Inteligencia Artificial. El objetivo de la incorporación de estos recursos fue lograr un aprendizaje significativo en alumnos con muy escasa experiencia en la programación declarativa. Para ello, se evaluaron videos tutoriales acordes a los temas a abordar, se emplearon estrategias para el autoaprendizaje de este paradigma de programación, y se propusieron talleres con ejercicios prácticos basados en temas de actualidad. La práctica concluyó con el desarrollo en PROLOG de un pequeño programa de diagnóstico de Dengue, por ser una enfermedad común en la zona. La experiencia de cursado fue valorada por los alumnos intervinientes, a los efectos de propiciar mejoras futuras.

Palabras Clave: Programación Declarativa – Recursos Digitales –Inteligencia Artificial– Aprendizaje significativo.

Introducción

La Universidad Nacional del Chaco Austral es una Casa de Estudios nueva, que abrió sus puertas en diciembre de 2007. En el año 2009 se creó la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, dependiente del Departamento de Ciencias Exactas. Al ser una carrera nueva, un gran porcentaje de profesores abocados a las asignaturas que se dictan en la misma, provienen de universidades de provincias vecinas, como de la Universidad Tecnológica Nacional de Resistencia (Chaco), o de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Esta realidad, provoca que el profesor tenga que proponer nuevos métodos y estrategias para lograr aprendizajes significativos en los alumnos, dado que las clases presenciales suelen ser una vez por mes, y se acompañan

con clases mediadas por la plataforma. De este modo, las clases presenciales se conciben como espacios para compartir inquietudes surgidas de la aplicación de otro tipo de estrategias, en la que se hace uso de diversas tecnologías para reforzar el dictado de las asignaturas.

Inteligencia Artificial (IA) es una de las asignaturas de quinto año de la Ingeniería en Sistemas de Información que propone este tipo de cursado. Es por ello que, en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se deben prever mecanismos para que los alumnos alcancen aprendizajes significativos inherentes a los conceptos y herramientas básicas del dominio.

En esta comunicación, se comparte el resultado de la experiencia de cátedra transcurrida en el presente año académico durante el primer cuatrimestre, exponiendo principalmente el proceso de selección de material de apoyo para la práctica, los resultados logrados a partir del uso del mismo, y las valoraciones de estas experiencias por parte de los alumnos y del profesor.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: en primera instancia, se detalla brevemente un marco referencial sobre el significado de la palabra *aprendizaje* en el ámbito de los entornos mediados por recursos digitales, lo cual enmarca este trabajo; luego, se presenta un breve marco de antecedentes relacionados con esta temática. Posteriormente, se introducen los alcances de la asignatura en el ámbito de la UNCAUS, atendiendo sus particularidades según el periodo académico actual. A continuación, se describen las adecuaciones ideadas e implementadas para lograr un

aprendizaje significativo en los alumnos, apoyado por estrategias pedagógicas y didácticas, en forma conjunta con el proceso de valoración sobre la experiencia; y, por último, se presentan las conclusiones del trabajo.

Marco Referencial: Aprendizaje y Recursos Digitales

Según Guitert et al. [1], el aprendizaje mediado por recursos digitales se encuadra dentro de los aprendizajes colaborativos, en donde interactúan objetivos académicos, psicológicos y sociales, por ejemplo, el desarrollo de conocimientos más flexibles, el logro de la autonomía frente al proceso de aprendizaje, la colaboración social entre pares para alcanzar la comprensión de los temas abordados.

Para Ormrod [2] el aprendizaje puede ser definido al menos de dos formas diferentes: (i) como un cambio que modifica la conducta, el cual es el resultado de la experiencia, y (ii) como un cambio interior, que sucede a nivel de las asociaciones o representaciones mentales, y que también es debido a una experiencia. En ambas definiciones está presente la palabra experiencia y, en este trabajo, se adopta la postura de que el aprendizaje mediado por recursos digitales es tanto un proceso que modifica la conducta social como, así también, un proceso que produce cambios psicológicos y académicos hacia el interior del estudiante y del profesor. Adaptando la propuesta de [2], el aprendizaje mediado por elementos digitales comprende: (i) conceptualizar la práctica didáctica; (ii) guiar la práctica a través de experiencias; y (iii) proponer pautas de desarrollo y promover aprendizajes futuros.

Independientemente de la definición de aprendizaje que se considere, la evolución tecnológica da lugar a distintas “generaciones” en el proceso de enseñanza-aprendizaje [4]:

- El *modelo por correspondencia*, basado en el correo postal. *Primera generación*.

- El *modelo multimedia*, inherente al empleo de material hipermedia y multimedia en los cursos a distancia. *Segunda generación*.
- El *modelo telelearning* [5], basado en la evolución de las telecomunicaciones, como por ejemplo, videoconferencias. En esta generación se realiza una fuerte distinción: los medios utilizados para proveer los materiales y aquellos destinados a la comunicación e interacción con las personas. *Tercera generación*.
- El *modelo de aprendizaje flexible* [6], enfocado a la flexibilización de la enseñanza universitaria, en aquellos casos en los que la flexibilidad de tiempo y espacio se conjugan con la distancia. *Cuarta generación*.
- El modelo de la *inteligencia flexible* [7], basado en los entornos virtuales institucionales, como espacios de gestión de procesos y recursos. Constituye una evolución de la generación anterior, en la cual los entornos virtuales son lugares de acceso a los recursos y materiales didácticos. *Quinta generación*.
- El modelo de *avance del entorno interactivo* [8], en donde el entorno virtual se extiende a la web 2.0 a través de las redes sociales, los blogs, los canales de reproducción de videos, las wikis.

Estas generaciones acompañan la evolución de la educación a distancia.

Por último, para enmarcar la experiencia de aprendizaje que se detalla en esta comunicación, es importante destacar la opinión de Cabero [3] con respecto a la formación universitaria: *la calidad pedagógica de los contenidos y materiales ofrecidos deben ser muy actuales desde el punto de vista científico ... ofreciendo una diversidad de recursos útiles*.

En base a estos conceptos, al idear experiencias de enseñanza-aprendizaje para motivar el auto-aprendizaje, se debe hacer un uso eficiente de la tecnología y, además,

seleccionar adecuadamente el material en el cual se sustentarán las prácticas del aula.

Los Recursos Digitales en dominios de aprendizaje específicos

La preocupación por mejorar las estrategias de enseñanza utilizando recursos digitales se extiende a numerosos ámbitos y asignaturas. Por ejemplo, en la Universidad de Cuyo, recientemente se abordaron cursos para el desarrollo de materiales didácticos mediados por tecnologías, la tutoría y los escenarios virtuales en el dominio de las Artes y la Política¹.

En otro dominio de aplicación como es la Biología, en [11] se afirma que el uso de laboratorios virtuales, permite recrear procesos y fenómenos imposibles de reproducir en un laboratorio presencial, por lo que el uso de este tipo de recursos debe incentivarse constantemente.

En [9] se presenta un estudio reciente sobre diversas experiencias diseñadas para incorporar entornos digitales en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. En el mismo, se destaca el uso de simuladores que permiten proponer modelos matemáticos para el funcionamiento de un sistema, o para simular el movimiento de partículas en el plano [10]. Independientemente de las herramientas utilizadas, en [9] se afirma que los recursos digitales favorecen la visualización y la interpretación gráfica en Matemática.

Si bien pueden encontrarse numerosos ejemplos de recursos digitales aplicados en diferentes dominios, el uso práctico de éstos a nivel universitario viene siendo estudiado hace tiempo, a los efectos de evaluar los beneficios que aportan al proceso de aprendizaje, y las mejoras que pueden hacerse sobre su uso didáctico [12, 13, 14].

Inteligencia Artificial contextualizada en la UNCAUS

¹ <http://www.uncuyo.edu.ar/academica/recursos-digitales-y-virtualidad-para-docentes-de-artes-aplicadas-y-politicas>

Dentro de la estructura curricular, la IA es una asignatura del quinto año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.

Los contenidos mínimos que tiene aprobado en el plan de estudios son: Búsqueda: métodos exhaustivos y heurísticos. Evaluación de complejidad Planificación, Algoritmos Lineales y de Ordenamiento Parcial. Representación de Conocimiento: Redes Semánticas y Marcos. Reglas de Producción. Sistemas Expertos. Deducción Natural. Razonamiento. Aprendizaje: redes Neuronales y Algoritmos Genéticos. Al hacer una comparación con los contenidos mínimos que se dictan en otras universidades, se concluye que los mismos son muy similares.

Una de las características de esta asignatura es que los alumnos no tienen físicamente cerca al profesor durante la semana para realizarle consultas, siendo una dificultad que debe salvar la metodología de enseñanza, y para lo cual es de utilidad el uso de la plataforma virtual y el correo electrónico.

Así, desde la asignatura IA se propone el aula como un espacio para desarrollar las bases prácticas, combinando elementos de aprendizaje, con trabajos en grupos, reflexión sobre los ejercicios planteados, estrategias éstas que faciliten alcanzar las competencias especificadas.

La asignatura se plantea desde la perspectiva que el aula no es únicamente un lugar para recibir conocimiento, o para adquirirlo, sino un espacio para desarrollar el *autoaprendizaje*, a partir de la interpretación de los contenidos contemplados en la planificación y trabajados en las clases presenciales. Se propone la utilización del Aula Virtual, como recurso didáctico y como sitio de encuentro para los momentos en los cuales sea necesario reforzar el aprendizaje, ya sea mediante la oportunidad de consultar o de acceder al material de las clases.

Cabe aclarar que el ciclo de cursado de esta asignatura propone una clase mensual teórico-práctica de 8 horas de duración, y clases de consulta semanales, según la

necesidad de los alumnos. Para ello, la formación práctica está diseñada mediante tres talleres prácticos y un trabajo integrador.

Marco Metodológico: La Evaluación del Software Multimedia Didáctico

El enfoque seleccionado para la evaluación de los recursos digitales que enmarca esta comunicación, es el de Cova & Sánchez [15, 16]. Este enfoque brinda parámetros para calificar vídeos tutoriales, y contempla las siguientes dimensiones de análisis:

- *Dimensión 1: Datos de identificación y análisis descriptivo.* Abarca aspectos generales tales como la identificación del video, el tipo de objetivos y de contenidos que aborda, el diseño de las pantallas, la calidad de la imagen y del sonido.
- *Dimensión 2: Evaluación de aspectos didácticos.* Implica la consideración de qué se quiere enseñar con el tutorial y cómo se enseña, la calidad de los contenidos implicados, la adecuación de los objetivos, contenidos y actividades, cómo se integran los elementos teóricos y prácticos y la calidad de las actividades propuestas en el tutorial. Además, en esta dimensión se consideran aquellos aspectos que permiten valorar si se favorece (o no) el proceso de enseñanza-aprendizaje, como por ejemplo si los recursos favorecen el descubrimiento, o si el alumno puede elegir qué quiere aprender o cómo aprender.
- *Dimensión 3: Evaluación de aspectos psicopedagógicos (dimensión comunicativa).* Indaga si el recurso motiva y capta la atención del alumno, especialmente con el diseño de la pantalla y la calidad técnica. También se evalúa en esta dimensión si el contenido permite observar, comparar, clasificar, retener, y transferir (por ejemplo, a la resolución de los ejercicios) los principales conceptos o procedimientos tratados.
- *Dimensión 4: Aspectos económicos y de distribución.* (No se consideran en el

presente trabajo porque se utilizaron tutoriales gratuitos).

- *Dimensión 5: Valoración Global.* Resumen general sobre la calidad de los contenidos, ya sea técnica, pedagógica o sobre recomendaciones.

Este modelo fue desarrollado por el Grupo de Investigación en Tecnología Educativa de la Universidad de Murcia

Marco Experimental: La Experiencia de Cátedra

Dado el contexto ya detallado de la Universidad, desde la cátedra IA se propusieron las siguientes estrategias metodológicas didácticas:

- Desarrollo de talleres prácticos en forma individual, que propicien el autoaprendizaje. Esta estrategia se propuso para encauzar al estudiante a experimentar con diferentes programas, como PROLOG, pero también para que el alumno tome contacto con las aplicaciones reales de la IA en el mundo, en dominios diversos como por ejemplo, en los avances médicos.
- Inclusión de videos tutoriales en las presentaciones teóricas, que sirvan de apoyo a las actividades planteadas en los talleres, pero que además sean de utilidad como material de estudio complementario. Esto implicó la clasificación previa de los recursos a incluir en cada presentación, ya sea teórica o práctica.
- Integración de las clases teoría-prácticas como oportunidad para que el alumno pueda aplicar los conceptos, modelos y metodologías aprendidas en el desarrollo de la asignatura.
- Implementación de tutorías virtuales en el aula virtual para atender, facilitar y orientar a los grupos de estudiantes.

Dentro de estas estrategias, la que requirió mayor esfuerzo y dedicación, fue la selección de los tutoriales que servirían de apoyo al aprendizaje de los temas

principales. Para ello, se utilizó el enfoque de *Evaluación del Software Multimedia Didáctico* [15,16] presentado en la sección anterior.

Seguidamente, se ejemplifica la aplicación de las dimensiones de evaluación a uno de los tutoriales introductorios a la programación en PROLOG, cuyos datos de acceso se consignan en el análisis de la dimensión 1:

- *Dimensión 1: Datos de identificación y análisis descriptivo.* El video se encuentra en [\[https://youtu.be/TPgGMf4fGzY\]](https://youtu.be/TPgGMf4fGzY), e introduce los aspectos generales de un programa PROLOG, así como el concepto de hechos y reglas. Tanto la imagen como el sonido son de muy buena calidad. Este primer tutorial tiene una duración de 7:47 minutos.
- *Dimensión 2: Evaluación de aspectos didácticos.* En el tutorial se abordan las principales características de PROLOG y su sintaxis. Los mismos se transmiten en una forma sencilla, clara y ejemplificada en cada caso. Además, el autor oscila entre conceptos teóricos (que se abordan en las clases presenciales) y ejemplificaciones de los mismos. Si bien el tutorial no propone ejercicios adicionales, el profesor es quien se los solicita a los alumnos. Los mismos deben ser realizados a partir de la lectura, comprensión y reproducción en máquina del tutorial indicado.
- *Dimensión 3: Evaluación de aspectos psicopedagógicos:* La calidad técnica del tutorial indicado es muy buena, posee excelente sonido, y las imágenes son claras. Dado que cada tutorial de los elegidos no supera los 10 minutos de duración, le permite al alumno comparar, observar, y reproducir los procedimientos básicos en PROLOG.
- *Dimensión 5: Valoración Global:* La valoración general de los recursos elegidos por parte del profesor es excelente.

Si bien esta valoración es llevada a cabo por el profesor, la misma fue refrendada por los alumnos en los trabajos de articulación requeridos desde la cátedra (contemplado en la planificación de la asignatura). A continuación, se resaltarán las conclusiones más relevantes expresadas por los alumnos, no sólo en lo que se refiere al uso de tutoriales sino también al tipo de aprendizaje logrado:

Apreciación de los Alumnos 1: El transcurso del cursado de IA se basó en la realización de talleres individuales, los cuales les permitieron a los alumnos comprobar el grado de comprensión de los diversos temas estudiados en las clases y expuestos en las presentaciones teóricas. El uso de la plataforma como espacio de intercambio permitió, para aquellas cuestiones donde se presentaba una dificultad de entendimiento, contar con la posibilidad de realizar un intercambio entre los alumnos, aprovechando el espacio de los foros, y poder ayudarse entre todos.

Apreciación del Profesor 1: Este tipo de práctica ha propiciado – desde el punto de vista de lo social [2] – la creación de una atmósfera propicia para el intercambio y el aprendizaje, un sistema de apoyo social para el aprendizaje, y el desarrollo de habilidades interpersonales en el grupo de trabajo.

Apreciación de los alumnos 2: Destacamos la didáctica lograda con la implementación de los videos tutoriales, los cuales facilitan la comprensión profunda de los temas abordados en clase. A partir de ello, pudimos desarrollar una pequeña aplicación en PROLOG para modelizar la sintomatología del Dengue, una enfermedad muy presente en nuestra región. La figura 1 es un fragmento del código logrado.

```

%hechos
tipo(dengue_v1) .
tipo(dengue_v2) .
tipo(dengue_v3) .
tipo(dengue_v4) .
tipo(dengue_hemorragico) .

%sintomas presentes en dengue
sintoma(fiebre) .
sintoma(nauseas) .
sintoma(vomitos) .
sintoma(erupcion_en_piel) .
sintoma(sangrado) .
sintoma(debilidad_general) .
sintoma(dolor_muscular_y_articular) .
sintoma(tos) .
sintoma(dolor_de_garganta) .
sintoma(cefalea) .
sintoma(dolor_ocular) .
sintoma(diaforesis) .
sintoma(brote) .
sintoma(alteracion_presion) .
sintoma(dificultad_respirar) .

caracteristica(fiebre,elevada) .
caracteristica(fiebre,constante) .
caracteristica(fiebre,diaria) .

caracteristica(cefalea,intensa) .
caracteristica(cefalea,constante) .
caracteristica(cefalea,opresiva) .

caracteristica(dolor_ocular,retrocular) .
caracteristica(dolor_ocular,al_movimiento_ocular) .
caracteristica(dolor_ocular,intenso) .
    
```

Figura 1. Fragmento de código en PROLOG para detección de Dengue

Apreciación del Profesor 2: Desde el punto de vista académico y psicológico [2], las actividades de este tipo permitieron la construcción activa de conocimiento por parte de los alumnos. Más allá de lograr un fragmento de código, los alumnos pudieron tomar conciencia de su capacidad para el autoaprendizaje de un lenguaje de programación. Para ello, tuvieron que desarrollar habilidad de alto orden de pensamiento, y fortalecer lazos con sus pares de desarrollo. Pero, principalmente, se incrementaron los resultados esperados, ya que el resultado del trabajo grupal fue superior al que se hubiera logrado por parte de cada uno de los alumnos, que, como punto de partida, no tenían experiencia en este lenguaje de programación.

Apreciación de los alumnos 3: La integración de clases teórico – prácticas logra que hagamos un uso eficaz de las herramientas hipermediales, sabiendo cómo y dónde buscar la información cuando la

necesitemos. Además, nos permitió identificar las propias dificultades surgidas en el proceso de estudio, potenciando el “aprender a aprender”, mediante la aplicación del aprendizaje en el mundo real.

Apreciación del profesor 3: Es claro que el tipo de prácticas ideadas desarrolla en los alumnos la capacidad de transferir el conocimiento a otros dominios (cuando el alumno lo requiera) y fortalece su desarrollo profesional futuro.

Como evaluación final, los alumnos reconocen que en los años anteriores no se hace uso práctico de la plataforma en el dictado de las asignaturas. Sin embargo, consideran que esto debería ir cambiando para fortalecer el autoaprendizaje.

Según Claro [17], estas estrategias se corresponden con el enfoque normativo de la UNESCO para del buen uso de las TIC's, donde se integran las tecnologías para la aplicación de conocimientos y la autogestión. Además, son acordes con las orientaciones didácticas de la Universidad de Murcia², establecidas para el caso específico del aprendizaje de los procesos de programación. Entre estas orientaciones se encuentra la utilización de una metodología activa, que convierta al alumno en protagonista de su propio aprendizaje.

Conclusión

Este trabajo presenta una experiencia de cátedra, en la que se hacen uso de recursos digitales para potenciar el aprendizaje de los alumnos de la materia IA. La misma consiste en el diseño de estrategias didácticas apoyadas en las tecnologías, para complementar las clases teórico-prácticas mensuales de los alumnos.

² <http://www.um.es/docencia/barzana/MASTER-INFORMATICA-II/Metodos-y-tecnicas-didacticas-para-la-ensenanza-de-la-informatica.html>, accedido en agosto de 2017

Se reconoce que el proceso de selección del material a considerar consume tiempo. Sin embargo, los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

Para el futuro, se prevé mejorar en la planificación de estas estrategias, partiendo de los buenos resultados obtenidos.

Referencias

- [1] Guitert, M., & Pérez-Mateo, M. (2013). La colaboración en la red: hacia una definición de aprendizaje colaborativo en entornos virtuales.
- [2] Ormrod, J. E., Sanz, A. J. E., Soria, M. O., & Carnicero, J. A. C. (2005). *Aprendizaje humano*. Madrid, Spain: Pearson Educación.
- [3] Cabero, J., Morales, J. A., Romero, R., Barroso, J., Castaño, C., Román, P., & Ballester, C. (2006). Formación del profesorado universitario en estrategias metodológicas para la incorporación del aprendizaje. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (27), 11-29.
- [4] Vera, M. D. M. S. (2012). Diseño de recursos digitales para entornos de e-learning en la enseñanza universitaria. RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 15(2), 53-74.
- [5] Fozdar, B. I.; Kumar, L. S. (2007). Mobile learning and student retention. *International Review of Research Open and Distance Learning*, 8 (2), (1-16).
- [6] Taylor, J. (1995). Distance education technologies: the fourth generation. *Australian Journal of Educational Technology*, 11, 2, (1-7).
- [7] Taylor, J. (2001). Fifth generation distance education. *Higher Education Series*, report n.4 0. Canberra, Australia: Department of Education, Training and Youth Affairs.
- [8] Caladine, R. (2008). *Enhancing e-learning with media rich content and interactions*. Hershey-New York: Information Science Publishing.
- [9] Rfo, L. S. D., Búcarí, N. D., & Sanz, C. V. (2016, September). Uso de recursos hipermediales para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. In II Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tandil, 6 al 9 de septiembre de 2016.
- [10] Aveleyra, E., Dadamia, D., & Racero, D. (2014). Una propuesta de aprendizaje universitario con TIC para recursantes. *Revista Iberoamericana TE&ET*, 13, 36-42.
- [11] García, M. L., & Ortega, J. G. M. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 562-576.
- [12] Lagunes-Domínguez, A., Torres-Gastelú, C. A., Flores-García, M. A., & Rodríguez-Figueroa, A. (2015). Comparativo del uso de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) por Profesores de Dos Universidades Públicas de México. *Formación universitaria*, 8(2), 11-18.
- [13] Herrera-Batista, M. (2009). Disponibilidad, uso y apropiación de las tecnologías por estudiantes universitarios en México: perspectivas para una incorporación innovadora. *Revista Iberoamericana de Educación*, 48(6), 1-9.
- [14] Area Moreira, M. (2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos.
- [15] Cova, Ángela; Arrieta, Xiomara; Aular de Duran, Judith. Revisión de modelos para evaluación de software educativos. *Télématique*, 2008, vol. 7, no 1.
- [16] Sánchez, Francisco Martínez, et al. Herramienta de evaluación de multimedia didáctica. *Pixel-Bit. Revista de medios y educación*, 2002, no 18, p. 71-88.
- [17] Claro, M. (2010). La incorporación de tecnologías digitales en educación: Modelos de identificación de buenas prácticas. CEPAL. Colección de documentos de proyectos.

Herramientas de digitalización en la Administración Pública Nacional

**Biel Octavio Adrián, Escobar Ramiro Tomás, Guigliaro Emiliano Hernán,
Navia Carol, Zalazar Matías Agustín**
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La digitalización de documentos es el proceso de conversión de una serie de datos a formato digital para su posterior tratamiento informático. Si bien se la puede definir en pocas palabras, el impacto que la misma genera una vez implementada presenta ciertas complejidades que involucran diversos actores a nivel global. El Estado Argentino comenzó en el año 2015 el camino hacia la conversión de un gobierno tradicional a un gobierno electrónico a través de la utilización de diferentes herramientas como la Gestión Documental Electrónica o la Firma Digital. En este trabajo se realiza una revisión del estado en que se encuentra la digitalización de la administración pública del Estado Argentino a nivel nacional, y se describen los cambios que esta implementación implicó en las gestiones ciudadanas.

Palabras Clave:

GDE, sector público, digitalización, e-government, firma digital.

Introducción

La información es la materia prima sobre la cual nuestra sociedad comenzó a construir una nueva forma de relacionarnos. Pero sabemos de la existencia de diversas problemáticas que surgen a la hora de enfrentarse al manejo de dicha información. Millones de papeles, sistemas informáticos precarios, problemas de control, firmas y registros manuscritos, procesos desordenados, escaso uso y capacitación en nuevas tecnologías, son solo algunos de los grandes desafíos que el Estado Nacional

Argentino ha de afrontar a la hora de digitalizarse^[1].

Este mismo ha tomado acciones que lo involucran con esta nueva realidad: en diciembre de 2015, se creó el Ministerio de Modernización^[2], que busca implementar tecnología para modernizar la administración pública. Uno de los ejes principales de la Secretaría de Modernización Administrativa, dependiente de dicho ministerio, tiene por objeto desarrollar los sistemas de información centrales necesarios para fortalecer la interacción interna, el control y la operación de todo el Gobierno Nacional. La modernización administrativa tiende a eliminar la burocracia, implementando sistemas transversales que descentralizan, simplifican y agilizan la Administración Pública^[3].

Esta acción concreta del Estado nos abrió una puerta importante al mundo de la digitalización de la información. Y por esto, para todo el trabajo se aborda el concepto de e-government o gobierno electrónico, enfocándose en algunas de las herramientas informáticas, como la Firma Digital o la Gestión Documental Electrónica^[4], que permiten, a través de la digitalización de la información, generar mejoras concretas en el acceso a la información, y en la optimización del tiempo, a la ciudadanía en general.

Gobierno electrónico

Como parte de la asignatura Análisis de Sistemas, del segundo año de la carrera de Ingeniería en Sistemas de información de la Universidad Tecnológica Nacional [5], en el año 2018, elaboramos el presente trabajo cuyo punto de partida es recopilar una base de conocimiento principal que nos sirve para comprender los conceptos iniciales del escrito: gobierno electrónico –o e-government, digitalización y despapelización, términos que desarrollaremos a lo largo del escrito. A partir de dichos conceptos, profundizamos en las herramientas de digitalización que el Estado Nacional Argentino comenzó a implementar en la Administración Pública Nacional. Indagamos además en los medios de comunicación para entender, a través de declaraciones de los principales responsables de la implementación de este nuevo paradigma, qué dificultades se presentaron a la hora de poner en marcha programas como el GDE –o gestión documental electrónica- [6] o la firma digital en el país.

Como primer paso, se define el concepto que sirve de guía para comprender la práctica de digitalizar el Estado: el Gobierno Electrónico. El e-government – como también suele llamárselo – es un concepto que engloba a todas aquellas actividades basadas en las modernas tecnologías de la información y la comunicación que el Estado desarrolla para aumentar la eficiencia de la gestión pública, mejorar los servicios ofrecidos a los ciudadanos y proveer las acciones de gobierno en un marco más transparente que el actual. [7]

Este concepto combina la utilización intensiva de las tecnologías de información y comunicación – en adelante, las llamaremos TIC- con modalidades de gestión, planificación y administración como una nueva forma de gobierno. Fundamenta su aplicación en la

Administración Pública, teniendo como objetivo contribuir al uso de las TIC para mejorar los servicios e información ofrecida a los ciudadanos y organizaciones, mejorar y simplificar los procesos de soporte institucional. [8] En este sentido, encontramos que no solo se presenta como base del concepto de gobierno electrónico la eficiencia en la utilización de la información para el bien ciudadano, sino que además este nuevo paradigma se apoya en la idea de facilitar la creación de canales que permitan aumentar la transparencia y la participación ciudadana.

Las consecuencias directas del nacimiento y la implementación de un gobierno electrónico son la posibilidad de evitar traslado físico de la información en papel y costos innecesarios, y la ampliación de las posibilidades de los ciudadanos de acceder a la misma. [9] Según Andrus Ansip, actual vicepresidente de la Comisión Europea a cargo del Mercado Único Digital (el sector a cargo de crear políticas de telecomunicaciones, comercio electrónico y marketing digital) "(...) a través del gobierno electrónico la gente puede estar mejor informada y más motivada a participar de los procesos de toma de decisiones". [10]

Es importante observar que, si bien parece ser una propuesta acorde e incluso obvia para nuestros tiempos, implementar un gobierno electrónico implica respetar ciertos estándares establecidos a nivel mundial. Por ejemplo, en la Carta Iberoamericana de Gobierno Electrónico [11], propuesta por el Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo y adoptada en 2007, se plantea la importancia de respetar una serie de principios al implementar un modelo de gobierno electrónico. Nos permitimos rescatar sólo dos de ellos, que nos parecieron fundamentales para evidenciar los entramados que forman parte de la transformación del Estado:

- El principio de igualdad, que indica que es esencial que los medios electrónicos eviten “restricciones o discriminaciones para los ciudadanos que se relacionen con las Administraciones Públicas por medios no electrónicos”. [12]
- El principio de adecuación tecnológica, que indica que “las administraciones elegirán las tecnologías más adecuadas para satisfacer sus necesidades. Se recomienda el uso de estándares abiertos y de software libre en razón de la seguridad, sostenibilidad a largo plazo y para prevenir que el conocimiento público sea privatizado”. [13]

Con esto queremos señalar que digitalizar el Estado no sólo se trata de seleccionar tecnologías adecuadas, sino que, además, se requiere de un análisis social que permita incluir al total de la ciudadanía.

Volviendo entonces al Estado Nacional Argentino, el secretario de Modernización Administrativa del Gobierno, Eduardo Martelli, señaló que “(...) al 10 de diciembre de 2015, muchas áreas de la administración pública no habían siquiera iniciado el camino al gobierno electrónico, por lo que presentaban una dependencia absoluta del papel como soporte de sus trámites y tenían nula interacción digital con otras áreas (...)”. [14] Es decir, la digitalización de la información se trata de una novedad para Argentina, en términos de administración pública.

Digitalización

Avanzando con los conceptos del informe, vemos que del nuevo paradigma de gobierno electrónico se desprende uno de sus pilares fundamentales: la digitalización. Para poder comprender de un modo específico cuál es el alcance de la digitalización, es necesario desvincular este

concepto con el de la despapelización. En este sentido se entiende que el aporte que brinda la digitalización es la conversión de un soporte de origen (típicamente papel), a un soporte destino (electrónico o digital), pero que en ningún aspecto asegura la despapelización, que se entiende como el trabajo sin la necesidad de utilizar al papel como soporte. Este último concepto, comúnmente se lo conoce como “La oficina sin papeles” [15].

Para alcanzar la despapelización, no solamente basta con digitalizar sino que también y, sobre todo, se deben informatizar los distintos procedimientos para que la generación de información en soporte electrónico o digital sea nativa. En otras palabras, si se piensa en expedientes, estos son exclusivamente generados desde su inicio (nacidos) en soporte digital (o electrónico). [16]

Abordando el concepto de digitalización, existen distintos escenarios en los cuales puede darse la práctica de digitalizar documentación en el Estado, y estos escenarios deben abordarse de acuerdo a sus características. Por ejemplo, si se tratase sólo de cambiar de soporte de modo eventual, la digitalización puede darse para cubrir una necesidad puntual que no requiere una informatización. Si por otro lado se requiere digitalizar información que necesita encontrarse disponible, ello obliga a evaluar tecnologías para el almacenamiento de la información en soporte electrónico. En este último escenario entran en juego variables como la cantidad de información a digitalizar, la velocidad con la que se digitaliza, la disponibilidad que tiene que tener esa información para ser consultada, la frecuencia de consulta, entre otros. En ocasiones, además, se requiere reemplazar los documentos originales por copias digitales, y en este punto se debe considerar la tecnología disponible que asegure las cuestiones de autenticidad, fiabilidad e integridad de los documentos como, por

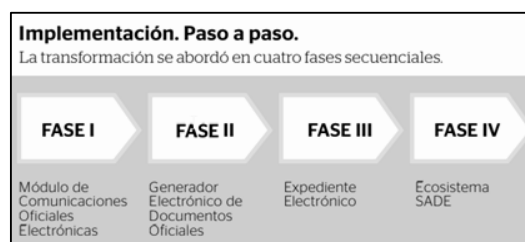
ejemplo, la firma digital que abordaremos más adelante en el informe.

La meta en el proceso de digitalización tiene que ver con la informatización total del proceso involucrado. En este punto se requiere el análisis de los puntos mencionados, pero además se necesita un software de gestión para los documentos electrónicos. Es por esto que, frente a cualquiera de los escenarios anteriores que puedan requerir un software de estas características, probablemente sea necesario informatizar y no solo digitalizar. [17]

Gestión documental electrónica

Esto nos permite introducir el concepto que ya hemos mencionado de gestión documental electrónica (GDE). El GDE es un sistema integrado de caratulación, numeración, seguimiento y registración de movimientos de todas las actuaciones y expedientes del Sector Público Nacional. [18]

Dadas las dificultades y riesgos de abordar en forma demasiado rápida el cambio buscado en una organización de las dimensiones del estado nacional, se estableció un plan de implementación gradual en el camino hacia la gestión documental electrónica.



[29] Cuadro 1: Fases de la implementación de la gestión documental electrónica.

Como se observa en el Cuadro 1, el proceso se divide en cuatro fases secuenciales en el tiempo: una primera implementación que sentó las bases del cambio del papel hacia el mundo electrónico, luego la puesta en

marcha del generador de documentos electrónicos, más adelante la implementación del expediente electrónico como principal contenedor de documentos, y finalmente la implementación de una variedad de módulos interrelacionados que conforman el ecosistema completo y permiten nuevos avances hacia la transparencia y la eficiencia [19].

Las consecuencias directas de la implementación de un GDE son la incorporación ciudadana a la tramitación, nuevas conductas, mejoras en la agilidad, el control de las operaciones y la transparencia, reglas automáticas de tramitación y un mejor flujo de información de retroalimentación para la toma de decisiones. [20]

Entendemos que el proceso de informatización mencionado y la implementación de la gestión documental electrónica genera un gran impacto en el ahorro de tiempo del ciudadano. El tiempo usado para asistir a una oficina, el tiempo de espera y de interacción con alguien que hace el trámite por él, será ocupado en otras actividades y tareas, de ocio o de trabajo, pero individuales y propias del ciudadano. Es decir, se aborda una "(...) simplificación registral para no usar al ciudadano de cadente" [21]

La gestión documental electrónica se apoya en tecnologías digitales y sistemas informáticos para dar orden a los procesos de creación, modificación, distribución y guarda de la información. Y si bien mencionamos que no existe una relación de consecuencia directa entre la digitalización y la despapelización, "el Sistema de Gestión Documental Electrónica es el primer paso en la despapelización del Estado, es decir, permite ir abandonando en un camino paulatino el expediente y la tramitación en papel (...)". [22]

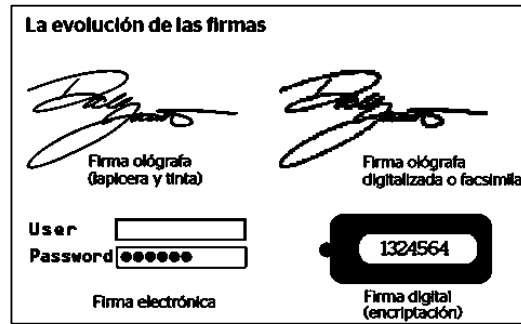
Firma digital

La Firma Digital es una herramienta que permite disminuir la utilización del papel. Es importante aclarar que, si el documento en papel está firmado, se debe tener la garantía que el reemplazo digital goce de validez jurídica a lo largo del tiempo.

Como podemos observar en el Cuadro 2, la Firma Digital es el resultado de aplicar un procedimiento criptográfico a un documento electrónico, que le confiere los mismos atributos que la firma hológrafa (manuscrita) le brinda a un documento en papel [23].

Desde el año 2001 Argentina tiene la Ley Nacional 25.506 de Firma Digital, con la que todo documento digital firmado al amparo de esta ley, tiene la misma validez jurídica que posee con una firma hológrafa [24].

Si retomamos las fases de implementación del GDE, en la primera se implementa la firma digital logrando varias ventajas a la hora de rubricar como por ejemplo que todos los funcionarios con un clic validen documentos [25], esto permite que, de forma sencilla y simultánea, más de una persona, sin necesidad de estar en el mismo espacio físico, suscriban un documento ofreciendo mayor seguridad, ya que por sus características se impide la manipulación del documento firmado o la suplantación del firmante. También hace que su localización sea mucho más rápida que la de un archivo físico y mucho más sustentable económicamente hablando [26].



[30]Cuadro 2: Evolución del concepto de firma a lo largo del tiempo.

Impacto ambiental de la despapelización

El aumento del consumo del papel en el mundo y las previsiones de crecimiento que se hacen de él se sustentan en modelos económicos insostenibles, enormemente derrochadores y contrarios al principio de precaución con el Medio Ambiente [27]. Hoy en día, "(...) 14.200.000 hectáreas de bosque son deforestadas anualmente para satisfacer la demanda humana de papel (...)".

En este contexto, entendemos que el gobierno electrónico provee a la administración pública de la infraestructura necesaria, los procesos y procedimientos adecuados para una mejor eficiencia en la gestión sin la utilización de papel físico. La digitalización y la consecuente despapelización son procesos fundamentales en la temática expuesta que no sólo permiten solucionar un problema administrativo sino también, como revisamos, medioambiental.

Conclusión

Los principales aportes del presente trabajo se hicieron en el campo de los sistemas de información y las herramientas que permiten llevar adelante el proceso de digitalización de una administración. Puntualmente orientamos la investigación hacia la administración pública del Estado Nacional Argentino y la conversión de la misma en un gobierno de tipo electrónico.

Se ha incursionado en el mundo del e-government con el fin de analizar herramientas clave como la firma digital y la Gestión Documental Electrónica, entendiendo a ambas como un nuevo desafío que el Estado Nacional comenzó a afrontar recientemente. Hemos demostrado, además, que no es igual digitalizar que despapelizar un proceso determinado y que la digitalización no es una cuestión meramente tecnológica.

Finalmente hemos destacado algunos aspectos que consideramos deseables de los procesos de digitalización incluso en su vertiente medioambiental.

Es posible concluir que el proceso de digitalización ha generado cambios tangibles en la Administración Pública analizada: desde nuevas conductas

ciudadanas a la hora de abordar gestiones públicas, hasta la mejora del flujo de retroalimentación en el proceso de toma de decisiones del Estado, entendiendo dicho proceso como una sucesión de etapas en las que se divide la transformación de un gobierno electrónico.

Se propone entonces la utilización de este documento con fines introductorios en los conceptos básicos del proceso de digitalización para la posterior profundización en las especificaciones técnicas de cada una de las herramientas mencionadas y del impacto puntual de cada una de ellas.

Agradecimientos

A los profesores Ing. Ramiro Garbarini e Ing. Laura Recchini de la Universidad Tecnológica Nacional regional Buenos Aires, de la asignatura Análisis de Sistemas correspondiente al 2do año de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información ya que sin su iniciativa, incentivo, tutelaje y supervisión este trabajo no habría podido llevarse a cabo.

Al Ing. Santiago Perciavalle, Director de Planificación y Gestión del Ministerio Nacional de Modernización, que nos brindó bibliografía e información.

Referencias

[1],[4],[6],[9],[12],[13],[18],[20],[25],[26],[29],[30] GESTIÓN DOCUMENTAL ELECTRÓNICA Una transformación de raíz hacia el gobierno electrónico en la ciudad de Buenos Aires, Disponible en: <http://www.buenosaires.gob.ar/jefedegobierno/legal/tecnica> Último acceso: Mayo de 2018

[2] Boletín Oficial de la República Argentina - Disponible en: <https://www.boletinoficial.gob.ar/pdf/linkQR/SEN1dC9ON2paS2RycmZ0RFhoUTHyQT09> Último acceso: Junio de 2018

[3] Ministerio de Modernización, Política presupuestaria, Disponible en: <https://www.minhacienda.gob.ar/onp/documentos/presutexto/proy2017/jurent/pdf/P17J26.pdf> Último acceso: Mayo de 2018

[5] Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Disponible en: <http://www.utn.edu.ar/>, Último acceso: Junio de 2018.

[7] El gobierno electrónico: su estudio y perspectivas de desarrollo, Ana Luz Ruelas y Patricia Pérez Arámburo, Brasil, Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Ana_Ruelas/publication/28132184_El_Gobierno_Electronico_Su_Estudio_y_Perspectivas_de_Development/links/5762175908ae244d0372d233.pdf Último acceso: Junio de 2018

[8] El gobierno electrónico en la gestión pública, Alejandra Naser, Santiago de Chile, Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7330/S1100145_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y Último acceso: Mayo de 2018

[10] La experiencia de digitalizar el Estado, La Nación, Argentina. Disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/2079246-la-experiencia-de-digitalizar-el-estado>. Último acceso: Abril de 2018

[11] Carta Iberoamericana de gobierno electrónico, Chile. Disponible en <http://old.clad.org/documentos/declaraciones/cartagobelec.pdf>. Último acceso: Junio de 2018

[14] Funcionarios y empresarios ante la digitalización de un estado burocrático, Télam, Argentina. Disponible en: <http://www.telam.com.ar/notas/201703/183164->

[foro-transformacion-digital-estado.html](http://www.telam.com.ar/notas/201703/183164-foro-transformacion-digital-estado.html). Último acceso: Abril de 2018.

[15] Oficina sin papeles: Experiencia en una Universidad venezolana, Venezuela. Disponible en: <http://revistas.upr.edu/index.php/forumempresarial/article/view/11956>. Último acceso: Junio de 2018.

[16] Portal oficial del Estado argentino - GDE, Argentina, Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/modernizacion/administrativa/gde> Último acceso: Abril de 2018.

[17] Portal oficial del Estado argentino – Río Negro y la digitalización, Argentina, Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-estado-de-rio-negro-avanza-en-la-digitalizacion-de-sus-tramites> Último acceso: Abril de 2018.

[19] Ley 25.506: Firma Digital, Ministerio de Justicia y Derechos humanos, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/70749/norma.htm>. Último acceso: Junio de 2018.

[21] Funcionarios y empresarios ante la digitalización de un estado burocrático, Op. Cit.

[22] El Estado de Río Negro avanza en la digitalización de sus trámites, Argentina. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-estado-de-rio-negro-avanza-en-la-digitalizacion-de-sus-tramites>. Último acceso: Junio de 2018.

[23] Ley 25.506: Firma Digital, Op. Cit.

[24] Ley 25.506: Firma Digital, Op. Cit.

[27] El papel Cómo reducir el consumo y optimizar el uso y reciclaje de papel, Greenpeace, Madrid, España. Disponible en: <https://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/el-papel.pdf>. Último acceso: Junio de 2018.

[28] “Guías Básicas de uso eficiente de la tecnología”, Agesic, Uruguay. Disponible en: https://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/95/1/guia_bp_reduccion_de_papel.pdf. Último acceso: Junio de 2018.

Impacto de las vulnerabilidades Meltdown y Spectre en las grandes empresas

M. Paula Baldivia, Franco D. Fresno, Matías Heidenreich, Juan Pablo Pinto, Julieta R. Prado Walsh.

Universidad Tecnológica Nacional-FRBA. Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información.

*m.paulabaldivia00@gmail.com; franco.fresno@gmail.com; heidenx3@gmail.com;
juaanpinto@hotmail.com; julynov04@gmail.com*

Abstract

En la actualidad, los sistemas informáticos deben incluir métodos y mecanismos con el fin de proteger la información de la que disponen. Se dedica especial atención a las vulnerabilidades informáticas (Meltdown y Spectre), las cuales representan los mayores riesgos para la integridad de la información hoy en día. El presente trabajo propone el análisis de su impacto sobre empresas a nivel global, y las consecuentes repercusiones sobre los usuarios. A partir de la información disponible sobre el tema, se facilita la elección de una solución (preventiva o reparadora) para la amenaza que representan las vulnerabilidades informáticas.

Palabras clave: vulnerabilidad informática, ejecución especulativa, procesadores, Meltdown, Spectre.

Introducción

En el transcurso de los últimos meses, algunas empresas se encontraron con vulnerabilidades informáticas emergentes, que afectan a los sistemas informáticos. Se entiende el concepto de vulnerabilidad como la debilidad del sistema que potencialmente puede ser explotada [1], presente tanto en el hardware como en el software. En este caso particular, ambas vulnerabilidades se originaron en el hardware del sistema, generando consecuencias en el funcionamiento del software. Es decir, que la CPU de un sistema determinado tiene la posibilidad de ser explotada para obtener información sin la previa autorización del usuario, desestimando la confidencialidad de sus datos. Actualmente se reconoce su efecto sobre los procesadores de marcas como Intel, ARM y AMD [2;3].

Las empresas afectadas buscan soluciones, algunas de ellas temporales y

otras consideradas respuestas definitivas a la problemática (así como se lo adjudica Google) [4]. Sin embargo, no se logra aún la anulación de las vulnerabilidades de Meltdown y Spectre; las respuestas son consideradas “parches” (soluciones temporales) hasta que se logre encontrar una solución adecuada para evitar la explotación de las vulnerabilidades [5].

Al ser soluciones parciales, tienden a generar efectos secundarios en el rendimiento del sistema, tales como la ralentización del procesamiento o reinicios del mismo. Dichas fallas fueron evidenciadas por los usuarios, quienes presentan su disconformidad [6;7]. Además la CERT (Computer Emergency Response Team), centro de respuestas a incidentes de seguridad en tecnologías de la información, asegura que la mejor solución es cambiar la CPU completamente.

Es importante considerar el impacto de las vulnerabilidades en la CPU, especialmente cuando se encuentran en procesadores promovidos por grandes empresas, llegando a una gran cantidad de usuarios. Las empresas reconocen la incidencia de las vulnerabilidades, por lo que ofrecen sus propuestas de solución en busca de la satisfacción del cliente [8;9]. Al evaluar las propuestas, el usuario puede informarse y elegir además la opción de mayor conveniencia para su uso.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones, en el primer año de cursada), consiste en

estudiar el impacto que produce el descubrimiento de las vulnerabilidades Meltdown y Spectre en las grandes empresas y analizar las soluciones que éstas plantean. Para lograr dicho objetivo, se debe tener en cuenta el costo económico que una potencial solución conlleva, la empresa que la plantea y el rendimiento del sistema en la instancia previa y posterior a su implementación.

Para cumplir con dicho objetivo, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se explica el concepto de vulnerabilidad y la forma en que ésta funciona; en la sección 3 se definen específicamente las vulnerabilidades de Meltdown y Spectre, a qué afecta y la manera en que lo hacen; en la sección 4, se describe el impacto que dichas vulnerabilidades tienen en determinadas empresas (tales como Windows y Google, entre otras); en la sección 5, se detallan las soluciones planteadas por las empresas, analizando su desempeño. Por último, se presentan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Conocimientos previos

En la presente sección, se realiza una introducción a los conceptos básicos que conciernen a las vulnerabilidades dentro de los sistemas informáticos. Para ello, en la subsección 1, se define el concepto de vulnerabilidad informática; en la subsección 2 se describen los distintos tipos de vulnerabilidades que pueden encontrarse y, finalmente, en la subsección 3 se distinguen por su nivel de gravedad y su efecto sobre los sistemas informáticos.

2.1. Seguridad Informática y vulnerabilidades

Dentro del campo de la seguridad informática, se trabaja con el objetivo de garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información manejada en un sistema de procesamiento de datos [10]. De esta manera, se restringe el acceso a la información o los datos manejados a ciertas personas, entidades o procesos

autorizados, previniendo su corrupción; y persigue la eficiencia y rápido acceso a la información en el momento solicitado [11].

Aquellos profesionales encargados de la seguridad deben prevenir o combatir amenazas que puedan perjudicar alguna de las tres características de la información. Las amenazas pueden surgir a partir de la existencia de vulnerabilidades [12]. Entre sus causas se considera el error o la omisión en la protección del sistema informático o de la información misma, aumentando los riesgos a los que son expuestos.

2.2. Tipos de vulnerabilidades

En la actualidad pueden encontrarse algunas clasificaciones de vulnerabilidades, de las cuales se considera [13]:

Vulnerabilidades físicas: acceso directo desde el equipo, para extraer información, destruirlo o realizar alguna alteración, concerniente al marco físico que almacena o maneja la información.

Vulnerabilidades naturales: debilidad potencial en la cual el sistema informático puede sufrir daños por causas del ambiente o desastres naturales, influyendo en los activos o infraestructura.

Vulnerabilidades de hardware: implican los defectos de la fabricación o configuración de equipos previamente a su uso, es decir, cuando el hardware no está correctamente desarrollado para sus funciones.

Vulnerabilidades de software: se permitiría el acceso a sistemas informáticos sin autorización; implica fallas en el diseño del software que ocasionan los riesgos consecuentes.

Vulnerabilidades de comunicación: es la debilidad en la disponibilidad de un sistema informático que se conecta a una red de computadoras o una red global para el acceso de varios usuarios.

Vulnerabilidades humanas: considera la posibilidad del error humano, proveniente de los administradores y usuarios que tienen acceso a las redes, manipulando tanto la información como el ambiente tecnológico que la contiene.

Vulnerabilidades de emanación: expresa la interceptación de radiaciones electromagnéticas que pueden ser utilizables para decodificar o alterar la información que se envía y se recibe.

2.3. Gravedad y efecto de las vulnerabilidades

Las vulnerabilidades poseen niveles de gravedad de acuerdo a la negatividad de su impacto en los sistemas operativos y en sus usuarios. Se subdividen en: vulnerabilidades de baja gravedad, gravedad media, gravedad de gran importancia y gravedad crítica [14]. La primera resulta fácil de contrarrestar; en el segundo caso, se utilizan herramientas (tales como auditorías y configuraciones) que previenen el impacto que se puede generar. Desde el tercer nivel en adelante, las vulnerabilidades tienden a presentar más peligrosidad, ya que influyen negativamente en la confidencialidad e integridad de los datos o recursos empleados.

A partir de cualquier vulnerabilidad se puede identificar el ataque del activo con el objetivo de obtener el control sobre el mismo. En su mayoría, concluye en la recopilación o filtración de registros y datos almacenados o la obtención de privilegios administrativos [15].

Las explotaciones que se pueden realizar no implican necesariamente la utilización de software, ni todos los ataques son definibles en términos de “hackeo”. En algunos casos, se obtiene a partir de técnicas como la ingeniería social para la divulgación de datos confidenciales [15].

3. Meltdown y Spectre

En esta sección se profundiza sobre los conceptos de Meltdown y Spectre como dos de las más grandes vulnerabilidades de la historia, definiendo cada una por separado y explicando la manera en la que un tercero puede extraer datos importantes por medio de un ataque a través de las mismas.

3.1. Meltdown

Meltdown es una vulnerabilidad de los sistemas informáticos descubierta recientemente, que actúa en base al procesamiento especulativo. Afecta a todos los procesadores Intel que hagan uso de la tradicional Out-of-Order Execution, y eso incluye a la mayoría de los equipos actuales, ya que estos procesadores llevan produciéndose desde 1995 [16].

Esta vulnerabilidad rompe el aislamiento fundamental que existe entre las aplicaciones del usuario y el sistema operativo. Permite a un programa acceder a la memoria, y así a sus secretos, de otros programas y del sistema operativo.

Un ordenador que posee un microprocesador vulnerable y funciona sobre un sistema operativo que no ha sido parchado (aquel que no posee una solución, mínimamente temporal, que combata los efectos de la vulnerabilidad), no es seguro para trabajar con información sensible. El problema afecta tanto a computadoras personales como a la infraestructura cloud [17].

3.2. Spectre

Spectre consiste en una vulnerabilidad emergente, que implica a todos los procesadores modernos capaces de mantener instrucciones en vuelo, incluyendo “prácticamente a todos los sistemas” sin importar si los CPUs son de Intel, AMD o ARM [18].

Esta vulnerabilidad rompe el aislamiento entre distintas aplicaciones. Permite al atacante vulnerar la seguridad de aplicaciones bien programadas y con

“buenas prácticas” y robar sus secretos. Esta vulnerabilidad es más difícil de explotar que Meltdown, pero también es más difícil de mitigar [17].

3.3. Ataque a través de Meltdown

La vulnerabilidad se encuentra vinculada con el hardware del microprocesador. El núcleo del sistema operativo almacena datos y procesos de gran valor en ciertas direcciones de memoria, las cuales pueden contener información sensible. Por tal motivo, se “ocultan” a cualquiera que no sea el núcleo del sistema operativo [18].

El problema radica en que un proceso de terceros, aprovechando la vulnerabilidad, puede quebrantar ese “modo oculto” del procesador y acceder a las direcciones de memoria reservadas para el núcleo del sistema operativo. Los procesos encargados de lanzar aplicaciones de usuarios convencionales podrían observar qué hacen otros procesos del sistema en la memoria, así como ver otra clase de información reservada, incluida la del sistema operativo [19].

3.4. Ataque a través de Spectre

Spectre permite acceder a bloques de datos y direcciones de memoria reservadas y únicamente accesibles por otras aplicaciones; es decir, brinda la entrada a la memoria.

El proceso o software malicioso aprovecha la “ejecución especulativa” para obtener acceso a la memoria utilizada por otras aplicaciones [18]. Con el objetivo de acelerar los procesos, cuando se ejecuta un código, el procesador especula sobre cuáles serán las instrucciones que se pidan a continuación, las saca de la memoria y ejecuta. Si se equivoca, deshace el código y ejecuta el correcto. Sin embargo, no deshace los errores del todo y ciertos datos quedan almacenados en sus cachés temporales pudiendo ser extraídos por terceros [20].

A pesar de que es difícil explotar esta vulnerabilidad, es posible hacerlo a través de un navegador web que utilice JavaScript, conocido también como compilador Just-In-Time [21].

4. Impacto de Meltdown y Spectre en las grandes empresas

Meltdown y Spectre son vulnerabilidades atractivas para su explotación ya que la superficie de ataque es relativamente nueva y los impactos son perjudiciales tanto para usuarios como para los proveedores del servicio. Las empresas podrían verse afectadas porque facilitan la adquisición de credenciales de administrador de dominio (u otras credenciales de alto valor) por parte de los atacantes [22].

A continuación, se explican las consecuencias que traen aparejadas Meltdown y Spectre frente a las empresas Intel (subsección 4.1), Google (subsección 4.2) y Microsoft Windows (subsección 4.3).

4.1. Intel

Intel controla el 80% del mercado de procesadores para ordenadores y más del 90% del mercado de procesadores para portátiles y servidores, lo que supone una afectación en millones de máquinas en todo el mundo [23].

La empresa fabricante de procesadores se enfrenta a 32 demandas, ya que los perjudicados buscan una compensación por las fallas de seguridad y la demora de Intel en divulgarlas de forma pública a pesar de haberse percatado de la existencia de ellas en junio de 2017 [24]. Además, afronta la supuesta ralentización de la computadora, que será causada al aplicar las soluciones necesarias para abordar el problema, cuestión que fue minimizada por la firma [23].

Como consecuencia, en el mercado bursátil las acciones de Intel han sufrido pérdidas de casi el 6% en Wall Street.

4.2. Google

El equipo Project Zero de Google se encuentra entre los grupos de investigación a los que se atribuye llevar a Meltdown y Spectre a la atención mundial. La compañía llegó incluso a informar a Intel, AMD y ARM sobre el problema. De modo que el impacto de las vulnerabilidades en sus productos fue reducido [26; 27].

Google frente a la problemática declara que trabaja continuamente para estar a la vanguardia del panorama de amenazas en constante evolución. Continúa implementando protecciones adicionales para abordar los riesgos potenciales [28].

La detección temprana de la falla de seguridad resulta en una gran noticia para los clientes de Google. Sus productos están protegidos de unas de las grandes vulnerabilidades informáticas. Google también se encuentra colaborando con fabricantes de hardware y software para ayudar a proteger a sus usuarios y la web en general [29].

4.3. Microsoft Windows

Microsoft es una de las empresas más perjudicadas frente a las vulnerabilidades Meltdown y Spectre. En un comunicado oficial, expresa que todos los dispositivos que ejecutan los sistemas operativos Windows son potencialmente vulnerables a ellas [8]. Sin embargo, declara que el riesgo que implican ambas vulnerabilidades para los clientes es bajo [8]. Se evidencia que además el impacto de las vulnerabilidades depende de la antigüedad del equipo. Por un lado, los equipos más modernos apenas notan el impacto, pero los que tienen tres o más años pueden empezar a dar problemas tras las actualizaciones que se presenten como solución [30].

5. Soluciones planteadas por las grandes empresas afectadas

En esta sección se desarrollan algunas de las posibles soluciones que han planteado grandes empresas en el mercado de la computación. En la primer sub-sección se analiza el caso de Microsoft Windows, en la sub-sección 2 se presenta la solución propuesta por Google Chrome, en la sub-sección 3 se describe el caso de los parches provistos por Apple, y en la última sub-sección se expone el caso de ARM.

5.1 Microsoft Windows

Microsoft publicó una actualización de seguridad para mitigar el problema a principio del año 2018, aunque aparenta no encontrarse exenta de problemas [8].

En una nota adicional, Microsoft explica que la actualización podría entrar en conflicto con algunos antivirus, lo que podía dar lugar a que se produjeran errores graves. Si esto ocurre, se encuentra a disposición un documento para tratar de solucionar el problema, aunque se aconseja, antes de aplicar una actualización, crear un punto de restauración desde la Configuración de Windows [31].

Por otro lado, la empresa Microsoft ha recomendado instalar un antivirus compatible o hacer uso de Microsoft Security Essentials preventivamente [31]. Además, ha revelado que para los usuarios de Windows 7, Windows Server 2008 R2 y Windows Server 2012 los desarrolladores de antivirus deberán usar una clave de Registro específica para solucionar el problema [31].

5.2. Google Chrome

El navegador de Google dispone de mecanismos para proteger las sesiones de navegación. El 23 de enero de 2018 se publicó Google Chrome 64, la nueva versión en la que se activan sus mecanismos [32].

Uno de esos mecanismos es el llamado Site Isolation, que permite aislar sitios web en distintos espacios de direcciones de memoria para evitar problemas [33]. Este mecanismo se puede activar ya manualmente en las actuales versiones de Chrome. Tras habilitarlo se debe reiniciar el navegador, con lo que queda activado el sistema de mitigación del problema [33].

5.3. Parches de Apple macOS e iOS

Los usuarios de iOS o MacOS tienen muchos menos datos que compartir. El alcance del problema en sus PCs de sobremesa, portátiles, tabletas y móviles es reducido a comparación de los casos anteriores. Para combatir la vulnerabilidad de Meltdown, Apple ha publicado soluciones en iOS 11.2, macOS 10.13.2 y tvOS 11.2, además de la actualización de seguridad 2018-001 para macOS Sierra y la actualización de seguridad 2018-001 para OS X El Capitan. En el caso de watchOS, éste no requiere soluciones [3].

Por otra parte, las soluciones provistas para los problemas ocasionados por la vulnerabilidad Spectre son: actualizaciones para Safari en macOS y iOS a modo de protección [3].

Actualmente, continúa el desarrollo y prueba de soluciones más eficientes para los usuarios.

5.4. ARM

Los responsables de ARM explican que la mayoría de los procesadores no se ven impactados con el problema de la ejecución especulativa [34]. Destacan además, que el método de ataque depende de malware ejecutado localmente, lo que indica la importancia para los usuarios de actualizar su software y evitar enlaces o descargas sospechosas.

Los ingenieros de ARM dividen sus soluciones al problema en las tres variantes que presentan las vulnerabilidades Meltdown y Spectre, y han publicado parches para el kernel (o núcleo) Linux que permiten evitar el problema además de

recomendar aplicar los parches ARM Trusted Firmware [34].

6. Conclusiones

Al considerar el efecto de las vulnerabilidades Meltdown y Spectre sobre los sistemas informáticos se puede apreciar el verdadero impacto sobre una gran cantidad de empresas, y consecuentemente a sus usuarios. Como ambas vulnerabilidades hacen uso del proceso de la ejecución especulativa, los procesadores fabricados en la actualidad difícilmente se encuentran exentos del problema ocasionado por dichas vulnerabilidades. Las pérdidas no solo refieren a la información confidencial, sino también a grandes cantidades de dinero destinadas en la inversión para el desarrollo de una solución apropiada y en respuesta a las numerosas demandas de parte de los usuarios afectados (como sucede en el caso de la empresa Intel Corporation).

Por otro lado, las empresas Microsoft Windows, Google, Apple y ARM lograron desarrollar soluciones, algunas de ellas transitorias y otras duraderas. Mientras que Microsoft y ARM consideran no estar demasiado afectadas por la problemática, Google y Apple continúan desarrollando actualizaciones y mejores soluciones para sus usuarios.

En la mayoría de los casos, los denominados “parches”, o soluciones transitorias, presentan limitaciones tales como la ralentización del funcionamiento del sistema operativo, o el surgimiento de errores al no ser compatible la solución con determinados antivirus o programas de carácter similar. Los mecanismos desarrollados por la empresa Google y Apple optan por una metodología preventiva y actualizada, proporcionando además instrucciones adecuadas al usuario para poder implementarlas.

En conclusión, teniendo en cuenta las necesidades y requerimientos tanto de la empresa como del usuario, resulta necesario analizar el caso particular del sistema informático a disposición para la

toma de una decisión al respecto. Se propone para aquellos usuarios que posean procesadores más antiguos o provenientes de empresas que no proveen una solución concreta, la opción de un cambio del hardware (CPU) para conservar la integridad de su información. En caso de que los procesadores sean actuales, es posible considerar la actualización provista por la empresa de origen, siguiendo las instrucciones e informándose para prevenir futuras dificultades.

Como futuras líneas de trabajo se propone el estudio de las nuevas actualizaciones y soluciones que las organizaciones mencionadas provean, en busca de que el usuario pueda informarse adecuadamente para mantener su información privada protegida.

Referencias:

- [1] SANTANA ROLDÁN, Carlos. *Seguridad Informática: ¿Qué es una vulnerabilidad, una amenaza y un riesgo?* [en línea] 2012. Estados Unidos [Consultado 18 de julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HXMAfz>
- [2] HORN, Jann. *Reading privileged memory with a side-channel* [en línea] 2018. [Consultado 18 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HMxHzN>
- [3] *About speculative execution vulnerabilities in ARM-based and Intel CPUs* [en línea] 2018. [Actualizado enero 2018]. [Consultado 18 julio 2018]. Disponible en: <https://apple.co/2qpC6Vc>
- [4] DEL BARCO, Luis. *Google encuentra la solución definitiva para acabar con Spectre*. [en línea]. 2018. [Consultado 18 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rc0xn1>
- [5] GORETSKY, Aryeh. *Vulnerabilidades Spectre y Meltdown: todo lo que necesitas saber*. [en línea] 2018. [Actualizado 5 Enero 2018]. [Consultado 7 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2m6VIlc>
- [6] ÁLVAREZ, Raúl. *Intel ya se enfrenta a 32 demandas por las vulnerabilidades de Spectre y Meltdown en sus procesadores* [en línea]. [Actualizado 19 Febrero 2018] [Consultado 18 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2EwgVU4>
- [7] ARAÚJO, Santiago. *CERT: "La única manera de solucionar por completo Meltdown y Spectre es cambiando la CPU"*. [en línea]. [Actualizado 4 Enero 2018] [Consultado 7 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wrld1vX>
- [8] *Proteja sus dispositivos Windows contra Spectre y Meltdown*. [en línea] [Actualizado 17 abril 2018] [Consultado 18 julio 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2HOONwY>
- [9] MARÍN, Eduardo. *El último parche de Windows protege a los procesadores AMD de Spectre*. [en línea] 2018. [Consultado 18 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JN3W2w>
- [10] *Definición de Seguridad Informática*. [en línea] [Consultado el 11 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1Mbesdv>
- [11] BAILEY E., Cristian E. R. *Conceptos Básicos*. En: *Aspectos para Auditorías de Sistemas de Información y Tecnologías Informáticas*. [en línea] pág. 2. [Consultado el 11 agosto 2018]. Computadoras Equipos Redes Básicas Estructuradas S.A. – CERBESA. Disponible en: <https://bit.ly/2JBcm8F>
- [12] *Amenazas a la Seguridad de la Información* [en línea]. Universidad Nacional de Luján. [Consultado el 11 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2kkxr2e>
- [13] *Vulnerabilidades informáticas*. [en línea]. 2018. Fundación Carlos Slim. [Consultado el 11 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JBDOi9>
- [14] *Vulnerabilidad informática, tipos y debilidades principales*. [en línea]. 2018. Universidad Internacional de Valencia. [Consultado el 11 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MnSAnM>
- [15] *Threat, vulnerability, risk – commonly mixed up terms*. [en línea] TAG: Threat Analysis Group. [Consultado el 11 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2l6bdjG>
- [16] PASTOR, Javier. *Meltdown y Spectre: así es la pesadilla en la seguridad de las CPUs de Intel, AMD y ARM*. [en línea] [Consultado el 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2lQnrh8>
- [17] Graz University of Technology. *Meltdown and Spectre: Vulnerabilities in modern computers leak passwords and sensitive data*. [en línea] [Consultado el 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2CJlOlf>
- [18] RIVERA, Nicolás. *Meltdown and Spectre: La mayor vulnerabilidad de la historia de los ordenadores, explicada*. [en línea] [Consultado el 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2CSMU3Z>
- [19] CASTILLO, Toni. *En qué se diferencian Meltdown y Spectre, las graves vulnerabilidades que afecta a los procesadores modernos*. [en línea] [Consultado el 12 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2sYpDFO>
- [20] *About speculative execution vulnerabilities in ARM-based and Intel CPUs* [en línea] [Consultado el 12 junio 2018]. Disponible en: <https://apple.co/2qpC6Vc>

- [21] Intel y AMD confirman nuevas variantes de Spectre [en línea] [Consultado el 3 septiembre 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2KCWsDp>
- [22] WARWICK, Ashford. *Meltdown y Spectre son un gran problema para las empresas.* [En línea]. [Consultado 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2y2S5MJ>
- [23] KIRSCHBAUM, Ricardo. *Intel minimiza la falla en sus procesadores que pone en riesgo millones de PC y celulares de todo el mundo* [en línea]. [Actualizado 4 enero 2018]. [Consultado 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://clar.in/2HKaUng>
- [24] ÁLVAREZ, Raúl. *Intel ya se enfrenta a 32 demandas por las vulnerabilidades de Spectre y Meltdown en sus procesadores.* [en línea] [Actualizado 19 Febrero 2018] [Consultado 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2EwgVU4>
- [25] *Compañías tecnológicas se movilizan ante el fallo detectado en Intel.* [en línea]. [Actualizado 5 enero 2018]. [Consultado 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HIZOit>
- [26] PASTOR, Javier. *Google frente a Meltdown y Spectre: actualizaciones silenciosas e impacto minúsculo.* [Actualizado 17 enero 2018] [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2LIZAKQ>
- [27] MOLINA, Eliezer. *Google explica todo sobre las vulnerabilidades de Meltdown y Spectre.* [Actualizado 13 enero 2018] [Consultado 12 agosto 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2JFEKel>
- [28] HORN, Jann. *Reading privileged memory with a side-channel* [en línea] 2018. [Consultado 12 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HMxHzN>
- [29] MOLINA, Eliezer. *Google protegido de Spectre y Meltdown.* [en línea] [Consultado 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2lbaCNn>
- [30] *Microsoft confirma cuánto se ralentizará tu ordenador por culpa del fallo Spectre.* [Actualizado 10 enero 2018] [Consultado 12 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HPrZwa>
- [31] Soporte Técnico de Windows. *Información importante acerca de Actualizaciones de seguridad de Windows y software antivirus.* [en línea] 2018. [Consultado 3 septiembre 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2MIJ7Xk>
- [32] VELASCO, Rubén. *Llega Google Chrome 64 con importantes mejoras de seguridad y funcionalidad.* [en línea] [Actualizado 25 enero 2018]. [Consultado 3 septiembre 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MKFJev>
- [33] *Increase security with site isolation.* Google Chrome Help. [en línea]. [Consultado 3 septiembre 2018]. Disponible en: <https://is.gd/28Nu6k>
- [34] Vulnerability of Speculative Processors to Cache Timing Side-Channel Mechanism. ARM Developer. [en línea][Actualizado 31 mayo 2018]. [Consultado 3 septiembre 2018]. Disponible en: <https://is.gd/RYK900>

Análisis de la digitalización de la educación

Ceratti, Ayrton
Delgado, Marco
Makinson, Christian
Rossetti, Sebastian
Stremel, Brian

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En el presente trabajo se presenta un análisis de las posturas a favor y en contra de la digitalización de la educación y un estudio realizado sobre alumnos de un instituto que provee clases y cursos particulares que usa un sistema digital aplicado, con el efecto de ver las consecuencias directas de la digitalización del material didáctico. Con digitalización de la educación nos referimos a cualquier tipo de información del ámbito educativo, que puede ser transmitida por un mismo medio, refiriéndose como información, no solo a un contenido de texto o audiovisual, si no, también a aquellas interacciones que se pueden lograr con otras personas, por estos medios, con un propósito educativo.

Primeramente, la mayor ventaja que tiene la digitalización y el acceso a Internet es la posibilidad de acceder a la información de una manera rápida y desde cualquier lugar. Por otra parte, se encuentra la inquietud de los docentes, en que los alumnos usen estas tecnologías adecuadamente.

Finalmente, se llega a la conclusión, que la digitalización de la educación brinda grandes ventajas a los estudiantes, posibilitando, a estos, a acceder a información de una manera rápida. En contraposición, se encuentra la “delegación” de la información a medios digitales, en donde ya no se logra memorizar tanta información, a cambio de obtener acceso a ella de una manera rápida y desde cualquier lugar.

Palabras Clave

Digitalización, educación, conectar igualdad, tecnologías en el aula.

1-Introducción

“Los libros quedaran pronto obsoletos en la escuela. [...] Es posible enseñar todas las ramas del saber humano con ayuda de películas. Nuestro sistema educativo se habrá transformado por completo dentro de diez años” afirmaba, en 1913, el reconocido inventor estadounidense Thomas Edison. Mas de cien años han pasado y sin estar equivocado, la tecnología de una forma u otra ha cambiado la educación de diversas maneras.

Por ejemplo, la facilidad con la que se consigue información ha aumentado abruptamente. En los 2000, era posible encontrar una enciclopedia multimedia conocida como Microsoft Encarta, o en la actualidad, con la ayuda de internet, hay un sinfín de fuentes de conocimiento.

Hay ventajas en estas nuevas tecnologías digitales, el procesamiento de información es más rápido y eficiente, hay un aumento en la creatividad para resolver problemas complejos, la alta capacidad para la multitarea, el instinto natural para el manejo de la tecnología [1]. En contraposición, se menciona como es que la tecnología genera superficialidad, falta de juicio crítico, baja capacidad de atención y retención, perdida de

habilidades sociales y tecno-dependencia[2].

Como se puede ver, existen posturas muy opuestas en como afectan las nuevas tecnologías a las personas, no obstante, es innegable el hecho que en los últimos años el uso de las tecnologías digitales ha crecido abismalmente, y así mismo, su uso en el ámbito educativo.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada), es analizar las posturas que están a favor y las que están en contra de la implementación de las nuevas tecnologías en el ámbito educativo, y compararlas con un estudio realizado con alumnos de un instituto que provee clases y cursos particulares que usa un sistema digital aplicado, con el efecto de ver las consecuencias directas de la digitalización del material didáctico.

Para cumplir con el objetivo el trabajo se estructurará de la siguiente forma: en la primera sección, se mencionarán cuáles son las tecnologías que, actualmente, están afectando a los estudiantes. Luego, en la siguiente sección, se mencionarán aquellas posturas que están a favor de la digitalización, continuando con una sección que presentara aquellas posturas que están en contra. En la cuarta sección, se expondrá la investigación realizada sobre el instituto mencionado anteriormente. Luego, en “Resultados”, se hará un análisis de la información obtenida. Finalmente, en la conclusión, se mencionan las futuras líneas.

2-Las tecnologías en el aula

La digitalización, es un proceso tecnológico que permite convertir la imagen contenida en un documento en papel en una imagen digital. En este trabajo nos referimos a la digitalización de la educación a cualquier tipo de información del ámbito educativo, que puede ser transmitida por un mismo medio, refiriéndose como información, no solo a un contenido de texto o audiovisual, si no, también a aquellas interacciones que se pueden lograr con otras personas, por estos medios, con un propósito educativo.

A través de Internet y de los recursos que ofrece, en el aula se abre una nueva ventana que nos permite acceder a múltiples recursos, informaciones y comunicarnos con otros [3]. Las mejores en el desempeño estudiantil tiene mayor potencial si se ajusta el material a las necesidades de cada alumno [4]

El uso de las tecnologías en las aulas lleva más de 60 años, por 1950, se comenzó con el uso de televisores, y por 1975 empezaron a llegar las computadoras a los colegios [5]. Con el paso de los años, estas tecnologías fueron perfeccionándose, haciéndose mucho más portables y al alcance de todos, como las notebooks y los celulares. Con la llegada del iPad, en muchos colegios del mundo, se comenzó a introducir el uso de diferentes tablets digitales, por lo que se llegó a reemplazar a las notebooks. Es así como, a través de internet y los múltiples dispositivos que se pueden conectar a esta, es posible acceder a información desde cualquier lado.

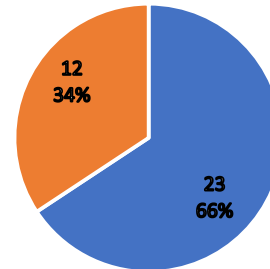
3-Argumentos a favor de la digitalización

El uso de tecnología, según una investigación de J-PAL, un centro de investigación que busca reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida en América Latina y el Caribe, permite una personalización del aprendizaje del alumno, es decir que los alumnos reciben contenidos en base a sus capacidades y necesidades individuales, pero también, los profesores reciben resultados del desarrollo del alumno en distintos áreas y temas con rapidez y eficiencia [4]. Como se menciona arriba, gracias al internet, la velocidad con la que se puede proveer a los estudiantes material es prácticamente instantánea, es por ello, que los métodos digitales permiten una mejor distribución de contenidos para alumnos que se encuentran alejados de los grandes centros urbanos y/o carecen de recursos para acceder a un buen nivel de educación [6]. Por otra parte, el feedback que se puede recibir de los profesores es mucho más rápida, e incluso puede ser en tiempo real.

También, a estas tecnologías se les atribuye lograr que las nuevas generaciones tengan una tendencia a lidiar con información de manera mucho más rápida [7]. Asimismo, algunos maestros encuentran que estas tecnologías permiten a sus alumnos a desarrollar la capacidad de escritura, no solo a través de los trabajos de clases, si no, a través de las redes sociales, mails, mensajes de texto, etc. Además, que existe un “infinito” material de lectura, que puede incentivar a esta actividad, una encuesta realizada en 2012, presume que un 78% de docentes están de acuerdo con las tecnologías digitales alientan a la creatividad de los estudiantes [8].

4-Argumentos en contra de la digitalización

Alumnos



■ Tiene un sistemas digital ■ No lo tiene

Gracias al internet, se encuentra cualquier información, en cualquier momento y lugar, es por esto, que se les atribuye a estas tecnologías la pérdida de memoria. ¿Para qué acordarse de determinadas cosas, si es posible acceder a esa información en cualquier momento? Por otra parte, esta información que se brinda no siempre es cierta, o contiene errores, y esta información no es verificada por los alumnos, logrando que los trabajos que se entregan no tengan información veraz [9]. Además, el internet expone a los estudiantes, como a cualquier otra persona, a una gran cantidad de información de manera continua, es por ello que Tony Schwartz, CEO de Energy Project, compara a nuestra cabeza como a un vaso de agua que se rebalsa, nueva información entra, pero otra se va [10].

También, en un artículo en donde se analizaba el programa “conectar igualdad”, programa que consistía en la distribución de laptops, acondicionamiento de los inmuebles y servicios para utilizar el hardware cómo también de software diseñado para acompañar el aprendizaje, en un colegio de

CABA y otro de Moreno, provincia de Buenos Aires, se encontraba, el efecto de distracción que tienen los elementos tecnológicos ya que sí estos contienen programas que no estén vinculados con la educación pueden evitar que el alumno haga uso del aparato para el propósito predispuesto [11]. De igual manera, la investigación de J-PAL, menciona al programa peruano “Una Computadora por Alumno”, un programa que consistía en la entrega de notebooks a estudiantes de primaria, en donde se notó un incremento considerable en el uso de las notebooks en las escuelas, pero no mejoró el desempeño de los estudiantes en matemática o lectura [4], aunque se cree que esto es porque se utilizaron actividades que tienen poca incidencia en el aprendizaje.

5-Estudio de campo

A continuación, se mostrarán los datos obtenidos de un estudio hecho sobre 35 alumnos, de nivel secundario, en un instituto privado de clases particulares en C.A.B.A.

- 23 alumnos cuentan con un sistema digital, como: Xhendra, EduCloud, OrtDigital, DigitalEd.

Aquellos que poseen un sistema digital:

- En promedio, un 42% de la información es brindada por un método digital.
- Que tan amigable es el sistema varía según el mismo, aquellos que utilizan Xhendra, dicen que es “fácil de usar, pero feo y aburrido”, mientras que aquellos que utilizan EduCloud dicen que es “difícil de entender”. Los otros dos sistemas recibieron una calificación más positiva en general.

- Sobre sí el sistema incluye un formato visual para transmitir ideas, la respuesta mayoritaria fue no (82%), aquellos que contestaron que sí, dijeron que solo el 10% del material se distribuye de esta manera, que el material en sí no es el mejor, pero que aun, así es más fácil entenderlo. En contraparte, aquellos que dijeron que no tenían contenido animado, dijeron en un 88% que les interesaría tener este tipo de contenido, principalmente para materias como física, historia, geografía y otras.
- Entre las cosas que los alumnos agregarían, se encuentra entre los más mencionados la creación de un espacio para hablar con algún docente para quitar dudas.
- El 90% de los alumnos utiliza algún otro sistema digital para buscar información, entre ellos se mencionaron YouTube, un sitio web, en donde se encuentran videos de todo tipo, entre ellos del ámbito educativo.

Aquellos que no poseen un sistema digital:

- El 100% de los alumnos usan una fuente digital alternativa para obtener información, entre ellas YouTube.
- El 96% está interesado en que se implemente un sistema digital en su institución.
- De la información que les gustaría que se digitalice, se encuentran los apuntes de las materias, los resúmenes y algunos temas muy abstractos o complejos.

En general:

- Las materias que se identificaron como las más complejas fueron Matemática, Física, Química, Inglés y Geografía.
- Todos los entrevistados dijeron que les interesaría ver contenido digital (no solo animado) sobre las materias anteriormente mencionadas.
- En promedio, en las materias más difíciles, un 60% de la clase se está copiando.

6-Resultados

Primeramente, la mayor ventaja que tiene la digitalización y el acceso a Internet es la posibilidad de acceder a la información de una manera rápida y desde cualquier lugar. Como se muestra en la investigación, los alumnos consideran que el contenido visual facilita el entendimiento de determinados temas, a pesar de que no sea mucho el contenido brindado en este formato. Aun así, la fuente digital alternativa preferida por los estudiantes es YouTube.

También, se puede apreciar, como es que aquellas clases que se identifican como más complejas, tienen una gran cantidad de tiempo de copiado.

Por otro lado, otra de las virtudes es la de poder comunicarse con los profesores para tener un *feedback* más rápido, es así, que aquellos alumnos que tienen un sistema digital en su institución, quieren un espacio, en el sistema, en donde se puedan comunicar con los docentes, si es que el sistema no cuenta ya con este.

Al mismo tiempo, se puede ver como la principal preocupación de las posturas que están en contra del uso de estas tecnologías, es como es el uso que se les da, tanto a la tecnología, como a la

información. En donde se menciona una pérdida de la memoria, debido a que los alumnos al saber que la información se encuentra en Internet no necesitan memorizarla y además no se verifica la veracidad de la información obtenida.

También, se encuentra la inquietud de los docentes, en el caso que los alumnos usen estas tecnologías en las aulas, ya que estos son propensos a distraerse con otras aplicaciones que no conciernen a la clase.

Conclusión

Luego de analizar y comparar los resultados, se llega a la conclusión, que la digitalización de la educación brinda grandes ventajas a los estudiantes, posibilitando, a estos, a acceder a información de una manera rápida.

En contraposición, se encuentra una realidad, la “delegación” de la información a medios digitales existe, es un cambio en el paradigma que llegó a la vida de todos a raíz de la existencia de los dispositivos electrónicos, sea en el ámbito educativo, o no. En donde es cierto que, ya no se logra memorizar tanta información, a cambio de obtener acceso a ella de una manera rápida y desde cualquier lugar.

A partir de esto, se considera que los alumnos deberían tener acceso a los medios digitales fuera del horario de clases, a menos que sea el profesor el que muestre el contenido digital, ya que como se menciona arriba, el uso de estos en clase provoca distracciones. Como futuras líneas de trabajo se prevé la realización de un informe a dos años, en donde se compare la situación actual y futura de la implementación de las tecnologías digitales y sus consecuencias en la Argentina.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Referencias

[1] Forzani, Elena. Donald, Leu (2012). “New Literacies for New Learners: The Need for Digital Technologies in Primary Classrooms”. Disponible en <https://goo.gl/iL1gEh> [accedido 11 jun. 2018].

[2] Koutropoulos, Apostolos (2011). “Digital Natives: Ten Years After”. Disponible en <https://goo.gl/es4nPP> [accedido 11 jun. 2018].

[3] Belloch, Consuelo (s.f.). “Las tecnologías de la información y comunicación del aprendizaje”. Disponible en <https://goo.gl/6qoerV> [accedido 31 jul. 2018].

[4] J-PAL (s.f.). “Tecnologías en educación: ¿Cómo pueden mejorar el aprendizaje? Lecciones para América latina y el caribe”. Disponible en <https://goo.gl/z7WoJs> [accedido 26 ago. 2018].

[5] California State University (2007). “History, the History of Computers, and the History of Computers”. Disponible en <https://goo.gl/Bx2dvA> [accedido 25 jun. 2018].

[6] Wilma, Clark. Luckin, Rosemary (2013). “What the research says iPads in the Classroom”. Disponible en <https://goo.gl/fZNiC1> [accedido 25 jun. 2018].

[7] Piscitelli, Alejandro (2007). “Nativos digitales”. Disponible en <https://goo.gl/CWBXFc> [accedido 11 jun. 2018].

[8] Purcell, Kristen. Buchanan Judy. Friedrich, Linda (2013). “The impact of digital tools on student writing and how writing is taught in schools”. Disponible en <https://goo.gl/7ZoT6e> [accedido 11 jun. 2018].

[9] Sparrow, Betsy. Liu, Jenny. Wegner, Daniel (2011). “Google Effects on Memory: Cognitive Consequences of Having Information at Our Fingertips”. Disponible en <https://goo.gl/8ZkWbG> [accedido 25 jun. 18].

[10] Astiaso, Pedro (2017). “¿Tiempo difíciles? La digitalización de la enseñanza”. Disponible en <https://goo.gl/E44VsG> [accedido 25 jun. 18].

[11] Martinez, Silvia (2012). “Inclusión digital en la educación pública argentina. El programa conectar igualdad”. Disponible en <https://goo.gl/4GkCvA> [accedido 25 jun. 18].

Vehículos Autónomos en la República Argentina

Ustar, Ezequiel; Yucra, Dario; Garay, Leandro; Castaldo, Matias; Zabala, Conrado;
Choque, Brandon

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En la actualidad la industria automotriz se encuentra en el desarrollo de vehículos capaces de moverse sin la necesidad de intervención de un humano, conocidos como vehículos autónomos. Esto representa un desafío para las grandes metrópolis, a fin de poder acoger esta nueva tecnología. El presente artículo tiene como objetivo identificar los factores de riesgo y consecuencias que podría conllevar una implementación de vehículos autónomos en la República Argentina. Se desarrolla acerca de los problemas relacionados con el tránsito que ocurren en el Área Metropolitana de Buenos Aires, y cómo los vehículos autónomos podrían resultar una solución, las condiciones para lograr su aplicación y los escenarios inmediatos de implementación en el país.

Palabras Clave

Vehículos Autónomos, Transporte, Tránsito, Metrópolis.

Introducción

Los vehículos autónomos, o también llamados robots móviles, son aquellos vehículos capaces de moverse sin la necesidad de tener algún humano al volante. Cuentan con la capacidad de simular el manejo y control de los humanos, donde sus principales características son poder percibir, y entender el entorno que los rodea y desplazarse por él consecuentemente [1]. Se prevé que estos desarrollos tecnológicos aplicados al mundo de la automoción y, por ello, de la circulación, permitan mediante una disminución de los impactos negativos actuales, desarrollar un nuevo modelo de movilidad verdaderamente sostenible en cuanto a las vías de tránsito, logrando ser seguro y saludable [2]. Hoy en día, su proliferación en las grandes metrópolis está siendo masiva, y ello, acarrea problemáticas tanto de seguridad vial como ética. Principalmente, al ser una tecnología que aún se encuentra en desarrollo, la

posibilidad de errores en la misma, o la exposición a situaciones no contempladas, es grande, lo cual se traduce en posibles accidentes viales [1]. Junto con esta problemática, se encuentra la necesidad de modificar y adaptar las regulaciones viales existentes, lo cual podría generar un problema mayor en cuanto a la planificación urbana actual, resultando en el replanteamiento y modificación de la misma [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada), es identificar las consecuencias y factores de riesgo que implica la implementación de vehículos autónomos en la República Argentina.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se explica el concepto de vehículo autónomo y las tecnologías que permiten su funcionamiento; en la sección 2, se identifican los problemas derivados del tránsito en la Región Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y las medidas empleadas para solucionarlos; en la sección 3, se listan los métodos de implementación de esta tecnología; en la sección 4, se identifican los alcances de esta tecnología y los factores de riesgo que representa y cómo podría solucionar los problemas actuales; en la sección 5, se mencionan las condiciones necesarias para lograr la inserción de los vehículos autónomos en el contexto local; en la sección 6, se detallan los escenarios inmediatos en el país, donde esta tecnología prevé ser aplicada; en la sección 7, finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Vehículo Autónomo

Un vehículo autónomo, es aquel automóvil capaz de imitar las capacidades humanas de control y manejo. Gracias a su programación, un vehículo debe poder percibir y procesar su entorno, teniendo en cuenta las condiciones del terreno, peatones que se encuentren dentro de su perímetro de circulación, normas de tránsito y situaciones de riesgo generadas por vehículos tripulados. De esta forma un vehículo autónomo puede y debe recorrer trayectos sin control humano en el mismo [1]. Debido a la novedad de esta tecnología, la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE por sus siglas en inglés) desarrolló un sistema de clasificación según el nivel de automatización de los vehículos, el mismo define niveles que van desde el 0 al 5, donde el nivel 0 implica la no automatización del proceso de conducción y la 5 la completa automatización del proceso de conducción [3].

El funcionamiento de un vehículo autónomo depende del hardware que recibe los datos de su entorno, para ser procesados mediante un software que analiza y determina las acciones a realizar nuevamente por el hardware [1]. El software que utilizan los vehículos autónomos se basan en el machine learning, la cual es una rama de la inteligencia artificial y se basa en que la computadora pueda detectar patrones y probabilidades mediante los datos recolectados y pueda predecir futuras acciones [1].

Los componentes del hardware de un vehículo autónomo son, sensores radar, cámaras, GPS y sistemas de navegación inercial. Los sensores radar son colocados estratégicamente en determinados puntos del vehículo, estos pueden informar la distancia exacta en la que encuentran los vehículos u objetos en un perímetro reducido. Las cámaras permiten analizar el sentido de circulación y señales de tránsito en el recorrido. El GPS recolecta información del mapa de la región, pudiendo así escoger la

mejor ruta no solo analizando los datos geográficos, sino también el estado de congestión de las mismas. Por último, el sistema de navegación inercial, se compone por acelerómetros y giroscopios que recolectan datos como la velocidad y aceleración del vehículo [4].

2. Problemas derivados del tránsito

Actualmente el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), la cual está comprendida por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y los 34 partidos definidos en el Aglomerado del Gran Buenos Aires (AGBA), se encuentra en un estado crítico en lo referido al tránsito vehicular [5]. Se entiende al tránsito como el volumen de circulación de los distintos tipos de vehículos en las diferentes vías de circulación [6]. En los últimos años, el congestiónamiento vehicular en el AMBA ha crecido exponencialmente. Considerando el período que va desde el 2003 al 2013, al sistema de transporte público metropolitano se le agregó cerca de un millón de pasajeros diarios, el transporte de vehículos particulares representa el 60% de los viajes al AMBA y el tráfico del acceso a la CABA creció más de un 80% [6]. La precarización en el sistema de transporte público (colectivos, trenes y subterráneos), su poca integralidad entre sí, y la creciente expansión del área metropolitana que trae consigo nuevos individuos con la necesidad de moverse, impulsa a los habitantes del AMBA a optar por el transporte particular, lo cual trae como consecuencia un aumento desmesurado de caudal vehicular particular, el cual es dirigido, en su gran mayoría, hacia el mayor centro de densidad poblacional y comercial que es, en este caso, la Capital Federal [6]. Si se agrega de igual manera, la falta de planificación urbana y las transgresiones por parte de los propios conductores, junto con un negligente nivel de educación vial, se obtiene como resultado, una baja en la calidad de vida de los ciudadanos del AMBA, un incremento en la contaminación sonora y ambiental, debido a la emisión de gases por parte de los

automotores y un creciente deterioro en materia de tránsito y seguridad vial [7].

Para afrontar estos problemas, el gobierno busca reducir el uso de vehículos particulares, apostando al desarrollo y mejora del transporte público. Dentro de estas mejoras, se encuentra el desarrollo de un sistema de autobuses de tránsito rápido, o BRT (por sus siglas en inglés), el cual consiste en un sistema de transporte público de colectivos de alta capacidad que cubra corredores de alta demanda de pasajeros, y permita una conexión con los demás medios de transporte públicos [8]. A esto se le agrega el plan de infraestructura ferroviaria el cual tiene como objetivo una mejora en la calidad del sistema ferroviario, aumentando el porcentaje del transporte ferroviario de cargas, mejorar la oferta y regularidad de los servicios para los pasajeros del AMBA y recuperar la industria ferroviaria [9].

3. Implementación de vehículos autónomos

Si se considera la escala que describe el nivel de autonomía del automóvil descrito por la SAE, se observa que en la actualidad la implementación vehicular autónoma, aún resulta un tanto incierta, debido a que esta tecnología todavía se encuentra en etapas de desarrollo [3]. No obstante, las grandes industrias que impulsan esta tecnología, hacen énfasis en un futuro donde la conducción autónoma planea modificar la manera en la que se concibe el transporte [1]. A continuación, se detallan distintos modelos operacionales de aplicación del transporte autónomo junto a sus ventajas y desventajas:

- **Propiedad Individual:** este modelo de implementación es muy similar al sistema actual de posesión vehicular. El mismo se refiere a la compra de manera particular de un vehículo autónomo, no obstante, el alto costo de venta de los mismos reduce su atracción [1,3]. Por otro lado, existe un público que podría beneficiarse del mismo y en éste se encuentran los

individuos con capacidades reducidas, la población anciana y aquellos que deban realizar trayectos largos con alta frecuencia, utilizando ese tiempo para realizar otra actividad. Sin embargo, este modelo al ser similar que su predecesor, cuenta con las mismas desventajas, debido al alto caudal vehicular insertado en la vía pública [1].

- **Servicio de transporte bajo demanda:** esta modalidad consistiría en empresas que cuenten con una flota de vehículos autónomos y se pudiese acceder a estos mediante el alquiler de los mismos. Para contextualizarlo, se podría comparar con el trabajo realizado por las empresas Uber y Lyft [1]. Como principal ventaja se contempla que el usuario final, no debería preocuparse por costos de manutención, de seguro, ni de cualquiera de los problemas que implica el mantenimiento de un vehículo privado, sumando, además, el hecho del fácil acceso a dicho sistema mediante el uso de aplicaciones móviles y de poder utilizar opciones de carpooling para bajar el costo del pasaje [3]. No obstante, su principal inconveniente sería que la disponibilidad de dicho sistema podría verse colapsada en horarios de alto tránsito vehicular (horarios de entrada o salida de trabajo) [1].
- **Transporte compartido:** es posible comparar este medio de transporte público, con los actuales colectivos o vanes, con la diferencia de que éstos eliminan un factor que aumenta el costo del traslado (el conductor del mismo). Como ventaja principal se encuentra su bajo costo, aunque su lado negativo sería la baja en la calidad del servicio, en lo que refiere a su mantenimiento, seguridad del

individuo y tiempos de traslado [3]. En la actualidad, esta modalidad se encuentra siendo implementada en varias ciudades, pero con un acotado trayecto, y con el fin de recolectar información para poder en un futuro, implementar un transporte público autónomo en su totalidad [3].

4. Alcance y factores de riesgo

Luego de desarrollar los distintos métodos de implementación que se esperan para los vehículos autónomos, es necesario contemplar su posible repercusión en el escenario real. Con respecto a su alcance y ventajas sobre el modelo actual de transporte, se espera que:

- Debido a que los vehículos están conectados entre sí, se puedan anticipar los movimientos de los demás vehículos, lo que beneficia el flujo de carretera, reduciendo el tráfico [10].
- Las muertes ocasionadas por errores humanos al volante se reduzcan notablemente [10].
- Las personas con movilidad reducida, discapacitados, ancianos, jóvenes y personas con algún impedimento físico que no le permita hacer un uso correcto de los instrumentos de un vehículo convencional, puedan acceder a una herramienta que no implique el uso de sus capacidades motrices para operarlo. Se espera que todos estos grupos puedan beneficiarse de una mayor independencia y reducir el aislamiento social [11].
- Se remodele la infraestructura en las ciudades de aplicación de esta tecnología para adaptarlas a la misma. La infraestructura debe contar semáforos inteligentes, cruce

de peatones con sensores, cámaras de seguridad que identifiquen los datos de un vehículo y se conecten con los mismos, etc. [11].

- Esta conducción autónoma permita al conductor realizar otras actividades y sacar más provecho al tiempo, liberando al mismo del estrés de conducir, lo que conlleva a un mejor estado anímico y desencadena en un innumerable sin fin de mejoras en el entorno social y personal del individuo [11].

No obstante, se debe tener en consideración que, de igual manera, esta tecnología también puede generar consecuencias y riesgos implícitos tales como:

- Al establecer un sistema de intercambio de datos entre vehículos, la privacidad de los usuarios puede verse comprometida y ser usada malintencionadamente por terceros [11].
- Una reducción en empleos relacionado con la industria del transporte, tales como los taxis, autobuses, camiones, y cualquier otro medio de transporte que necesite de un conductor para llevar a cabo una tarea específica [11].
- Un alto valor en el precio de los vehículos autónomos debido a la gran cantidad de componentes sofisticados y de última tecnología que conlleva la producción de estos vehículos, lo cual se refleja en la tardía expansión de los vehículos autónomos en los primeros años de su implementación [11].
- Una clara desventaja es su marco legal, la lenta implementación en la regulación puede hacer que su

desarrollo se retrase. Dando especialmente importancia a preguntas abiertas como, ¿Quién es el responsable en un accidente? ¿el fabricante, la compañía que desarrolla el sistema o el pasajero del vehículo? [11].

- Su baja aceptación por parte de usuarios que disfrutan el conducir y desconfían de esta tecnología, lo que retrasa aún más su expansión [11]. Un estudio desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo muestra que solo un 26% de los jóvenes en Argentina, accedería a un servicio de transporte operado de manera autónoma [12].

5. Condiciones para lograr la inserción de vehículos autónomos

Como primera impresión, es complejo predecir qué cambios son necesarios realizar debido a la complejidad y novedad del asunto en cuestión, no obstante, en este apartado se describen algunos puntos clave a tener en cuenta en lo referido a lograr el objetivo de posicionar a los vehículos autónomos como opción viable de movilidad.

Principalmente se debe partir de la base del desarrollo y actualización de la normativa vigente que rige al rubro vehicular, creando espacio a tecnologías experimentales y permitiendo su circulación en entornos propicios y que no representen un percance a la sociedad [1]. Otro atributo importante a tener en cuenta consta, por parte del estado, la inversión en tecnologías que permitan conectar autos entre sí y estos con la ciudad, de tal manera de lograr un mayor control del caudal vehicular autónomo que circule, en este caso, por la ciudad. El acceso a este tipo de información sería beneficioso para ambas partes pues, el prestador del servicio de vehículos autónomos podría desarrollar sistemas cada vez más adecuados a las necesidades de la sociedad, y el gobierno,

contaría con información actualizada y en tiempo real del estado de las vías de transporte, lo cual le permitiría gestionar el tráfico de forma más eficiente y responder mejor ante cualquier eventualidad [1]. Para la implementación de los autos autónomos es necesario que la red de navegación sea 5G, que permite alcanzar velocidades de 10.000 Mbps. Para tener en cuenta como referencia, la velocidad que se está implementando en este momento es la red 4G+ que puede llegar a velocidades de hasta 300 Mbps. Esta velocidad de navegación es necesaria dado que este tipo de automóviles requiere información del estado del tránsito, del entorno del vehículo para poder maniobrar y así evitar siniestros, y de las posibles rutas que puede tomar de forma tal de que ésta sea óptima. En Argentina, se estima que esta red 5G llegará entre los años 2021 y 2022, ya que en la actualidad se está intentando implementar la red 4G+ pero no se ha logrado una cobertura 100% con la calidad de esta red. Se espera poder mejorar su alcance para poder implementar sobre ella una mejora para que sea posible llegar a la red 5G [13]. Sin embargo, debido al alto costo que significa para una ciudad modificar toda su estructura en pos de esta tecnología, los vehículos autónomos, en un inicio tendrán que adaptarse a la infraestructura actual, con la aparición de algunos elementos que permitan su funcionamiento. [3]

6. Escenarios de aplicación

Considerar una posible proyección de aplicación a nivel país puede sonar utópico, debido a las evidentes falencias que sufre el sector vial, o en el caso de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que actualmente se encuentra sobrepoblada y concentra gran parte de los centros de trabajo hacia donde se desplazan los ciudadanos, generando embotellamientos cotidianos y problemas de desplazamientos [6]. No obstante, en la actualidad, las empresas Space AI e Inipop [14] se encuentran en el desarrollo del primer vehículo autónomo creado en el país. Junto a la inversión

propiciada por el Gobierno Nacional, este proyecto se encuentra en la espera de permisos legales para circular por la vía pública, y tiene como fin, ser comercializado con fines privados. Se espera que sean de utilidad en barrios privados, fábricas o aeropuertos con el fin de realizar traslados de personas o cargas [15]. La posibilidad de aplicación en estos recintos, reside en varias cuestiones, pero principalmente se basa en su controlado y reducido espacio físico, lo cual facilitaría el trabajo de un vehículo autónomo para reconocer su entorno y diseñar vías de traslado óptimas. En una entrevista realizada en el marco de la presentación de este vehículo, el presidente Mauricio Macri resaltó la posibilidad de implementar estos vehículos con el fin de realizar trayectos más acotados y puntuales como los del metrobus, reflejando su interés en una posible implementación en el transporte público [15].

7. Conclusión

Después de haber desarrollado acerca de los problemas actuales en el AMBA, se observa que la solución de dichos problemas, implica una gran inversión y planificación por parte del Estado Nacional. No obstante, si se considera lo ejemplificado acerca de la implementación y alcances de los vehículos autónomos, se puede concluir que, si bien esta tecnología representa una nueva forma de pensar las ciudades, con un análisis efectivo acerca de la situación de tránsito actual y una adecuada proyección y planificación, los vehículos autónomos representan la posibilidad de solucionar algunas problemáticas de manera localizada y generar un cambio en la infraestructura referida al tránsito, logrando modernizarla y hacerla más eficiente, mejorando de esta manera, la calidad de vida de los ciudadanos. Como futuras líneas de trabajo se tiene en cuenta la posibilidad de analizar las aplicaciones y el impacto de los vehículos autónomos en las ciudades donde ya se utilizan, y como están modificando sus infraestructuras.

Referencias

- [1] GOMEZ, Carlos. *Adaptación de la ciudad de Barcelona para la implantación de vehículos autónomos* [en línea]. Trabajo final de grado. Universitat Politecnica de Catalunya, 2017. [fecha de consulta 16 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PYTWah>
- [2] BALLESTEROS, Juan. Circulación de vehículos autónomos. Restos legislativos. *Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*. 2017, N° 216. 18-27. ISSN 0212-6389. [fecha de consulta 23 abril 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Q1Robq>
- [3] LITMAN, Todd. *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*. Edited by Victoria Transport Policy Institute. Abril 2018. [fecha de consulta 15 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1cJkx5B>
- [4] CIQUE, Fernando, DE LUIS SERRANO, Jesús. *Inteligencia Artificial en medios de transporte* [En línea]. España: Universidad Carlos III de Madrid [fecha de consulta 21 enero 2009]. Disponible en: <https://bit.ly/2oyd8PD>
- [5] Programa de Salud Pública y Comunitaria CIEE y FLACSO. *Área metropolitana de Buenos Aires (AMBA)* [en línea] [fecha de consulta: 15 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wAmIFU>
- [6] SZENKMAN, P. (abril de 2015). Menos autos y más y mejor transporte público para la Región Metropolitana de Buenos Aires. Documento de Políticas Públicas/Análisis N°149. Buenos Aires: CIPPEC. Disponible en: <https://bit.ly/2MHMceF>
- [7] Luchemos por la vida. *Ciudad de Buenos Aires: problemas y soluciones* [en línea] [fecha de consulta: 15 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wEy8sl>
- [8] Defensoría del pueblo: Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Sistemas BRT: Ciudad suramericanas, Informe sobre el Metrobús de Buenos Aires en perspectiva regional*. [en línea] [fecha de consulta_ 15 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2CkH3V0>
- [9] Cámara Argentina de la construcción. *Las inversiones en el sistema ferroviario argentino (Periodo 2016-2025)*. [en línea] [fecha de consulta: 14 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2ozuvzB>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[10] Fundación para la seguridad vial, Ayuntamiento leal villa de el Escorial. *Un futuro en movilidad y seguridad vial: Conducción autónoma*. [en línea] [fecha de consulta: 14 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2oBQ9D6>

[11] GUERRA CRESPO, Gabriel. *¿Será aceptado el vehículo autónomo por los españoles?* [en línea]. Trabajo final de grado. Universidad de Valladolid. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, 2017. [fecha de consulta 16 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PwqxmF>

[12] Banco de interamericano. *La tecno-integración de América Latina, Instituciones, comercio exponencial y equidad en la era de los algoritmos*. [en línea] fecha de consulta: 16 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MwLm3z>

[13] *Cuándo llegará el 5G a la Argentina, la red que será hasta 100 veces más rápida que el 4G*. [en línea] [fecha de consulta: 16 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JzAnG3>

[14] *Sitio web oficial de Inipop*. [en línea] [fecha de consulta: 2 septiembre 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2N9I06Z>

[15] *Se presentó el primer vehículo autónomo de la Argentina*. [en línea] [fecha de consulta: 16 agosto 2018] .Disponible en: <https://bit.ly/2PH6LWK>



Políticas de Green it puestos en práctica en Organizaciones

Abstract

Como humanos, nos apasionan los avances y la amplia adopción de las Tecnologías Informáticas. Las mismas han aportado enormes beneficios y han mejorado la calidad de vida, pero también han venido contribuyendo negativamente al medio ambiente sin que la mayoría de las personas se percaten de ello. Las computadoras y otras infraestructuras de tecnologías informáticas consumen importantes cantidades de electricidad agregando una pesada carga sobre nuestras redes eléctricas y favoreciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Green IT se refiere al uso eficiente de los recursos informáticos minimizando el impacto ambiental, maximizando su viabilidad económica y asegurando deberes sociales. En este artículo el objetivo general es realizar una investigación sobre compañías que utilizan Green it y la manera de aplicar diferentes políticas en otras organizaciones.

Introducción

Los problemas relacionados con el medio ambiente por la creación de artefactos generan dificultades ambientales las cuales tiene connotaciones negativas globales haciendo un planeta en el cual pelagra el bienestar de las personas.

Esto impulsó a las empresas a hacer algo para reducir el impacto ambiental que generan para así cuidar el planeta para las nuevas generaciones.

En los últimos años, el número de sistemas de computación ha crecido de forma significativa. Los centros de datos son ahora un elemento clave en una sociedad en el que las Tecnologías Informáticas juegan un papel esencial. Los datos disponibles indican que mientras que en 1996 el número de servidores era inferior a 5 millones, la tendencia para 2011 se aproxima a 40

millones, por lo que se plantea el problema del suministro de energía, no sólo para mantener en funcionamiento estos centros de datos, sino para las nuevas instalaciones necesarias.

Hoy en día las grandes multinacionales que dominan el mercado de artefactos como procesadores, celulares, etc. contribuyen a reducir la huella de carbono utilizando distintas tecnologías que son 100 por ciento renovables y también utilizan procesos de manufactura eficientes. Por ejemplo, Intel invirtió más de 145 millones de dólares en proyectos de conservación de la energía (lo que ahorra un estimado 3.19 millones de kWh de energía). Desde 2000, Intel publico metas establecidas las cuales ayudaron con la reducción de la huella de carbono, incluyendo las emisiones de gases efecto invernadero y gracias a ello se redujeron



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

en un 50 por ciento. Ese progreso sustancial se ha logrado en parte debido a los esfuerzos agresivos para reducir las emisiones de gases fluorados, un factor crítico componente en la fabricación de semiconductores.

Sobre este trabajo se realizará una investigación de cómo las grandes empresas como Intel, Microsoft y Apple llevan a cabo sus contribuciones a la reducción de impacto ambiental que producen día a día. De esta (bajo la cátedra de Análisis de Sistemas, segundo año de cursada) se analizará cómo tomar esas implementaciones de Green IT para realizar una propuesta que se pueda llevar tanto a una empresa de altos recursos (Multinacional, grandes Pymes) como a una de menos recursos como una institución pública o cualquier organización sin fines de lucro (Universidad pública, fundación).

Para ello vamos a dividir el siguiente análisis en distintas secciones:

En la sección 1, se hablará de cómo las empresas Intel, Microsoft y Apple implementan sus políticas de Green IT y cómo las llevan a cabo.

En la sección 2, se pasará a relevar las empresas u organizaciones planteadas previamente.

En la sección 3, una vez recolectada la información haremos el análisis correspondiente de cómo se podrían llevar a cabo las implementaciones según las necesidades o restricciones de cada situación.

Por último, en la sección 4, se mostrará cómo será el beneficio a corto y largo plazo de la utilización de movimiento Green IT y que este puede llevarse a cabo hasta en el mínimo caso.

1. Políticas de Intel, Microsoft y Apple

Intel todos los años publica como han mejorado sus propias marcas para lograr un mundo más verde donde cada año combaten distintas problemáticas. Estas son problemas de dióxido de carbono, agua sustentable, problemas de energía, reciclaje y demás.

Tratan de que distintas compañías del mundo se sumen a practicar sus políticas de cambios climáticos y como parte de su compromiso con la transparencia, divulgan las emisiones de gases de efecto invernadero y el riesgo de cambio climático y el uso del agua a través del Carbon Disclosure Project (CDP).¹

Este proyecto, CDP, lo que trata es enfocar a los inversores, empresas y ciudades para que adopten medidas urgentes para construir una economía verdaderamente sostenible midiendo y comprendiendo su impacto ambiental. Para hacer todo esto lo que hacen es pedir a las organizaciones, ciudades y estados del mundo sus datos de su desempeño ambiental, luego esos datos los transforman en un exhaustivo análisis en riesgos ambientales críticos, oportunidades e impactos. Y para finalizar invitan a los inversores, empresas y responsables de la formulación de políticas a que utilicen sus datos e ideas para tomar mejores decisiones, gestionar sus riesgos y capitalizar las oportunidades.²

Intel también propone incluir comunicación directa entre los empleados y los líderes del medio ambiente de la empresa para fomentar un sentido corporativo de comunidad de sustentabilidad. Todos los años Intel da premios a sus empleados por crear proyectos innovadores que proponen e implementan para reducir el impacto del medio ambiente. Así también, un



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

proyecto para reducir las emisiones de carbono de un sitio de Intel India y dependencia de la red eléctrica, empleados instalaron fuentes de energía alternativa, incluida la energía térmica solar eléctrico y dispositivos de almacenamiento innovadores.

En cuanto a como Intel contribuye con la energía y sustentabilidad, lo que hicieron fue convertir una instalación de fabricación de obleas de 5.000 pies cuadrados en un centro de datos de alta densidad y alta eficiencia utilizando servidores basados en su propia arquitectura Intel. Este nuevo centro de datos tiene la capacidad total de tres centros de datos heredados y utiliza el enfriamiento de aire libre que permite a Intel ejecutar la temperatura del centro hasta 95° F. La efectividad del uso de energía en el centro y la densidad de enfriamiento del servidor es 10 veces el promedio de la industria en densidad de enfriamiento y eficiencia.

Junto con los países del G20 crearon Connected Devices Alliance (CDA), Alianza de Dispositivos Conectados y lo que lograron fue proporcionar a los diseñadores, fabricantes y autores de protocolos orientación sobre las características clave de los dispositivos conectados eficientemente a la energía, las redes y los protocolos de comunicación. También proporcionan un marco global común que puede utilizarse para desarrollar políticas y medidas gubernamentales.

Los desechos electrónicos como computadoras, monitores y teléfonos también son una gran preocupación para esta compañía al igual de que lo es a nivel mundial, por lo que ellos proponen es que, si bien sus componentes no están sujetos a leyes de reciclaje o de desechos

electrónicos, trabajan con fabricantes de equipos originales, minoristas, clientes y otros para identificar soluciones compartidas para productos electrónicos usados. También toman medidas para integrar consideraciones ambientales en la fase de diseño de sus productos para minimizar los impactos ambientales de la electrónica al final de su vida útil. Muchas regulaciones rigen la gestión de los desechos electrónicos a nivel mundial. La mayoría de sus productos, incluyendo placas base, microprocesadores y otros componentes, están dentro del alcance de las leyes de desechos electrónicos solo cuando se incorporan en un producto final, generalmente por un OEM. En algunos países, sus distribuidores ofrecen opciones de reciclaje para productos cubiertos por estas leyes de desechos electrónicos.

El sistema de clasificación de la Herramienta de Evaluación Ambiental de Productos Electrónicos (EPEAT) está diseñado para ayudar a los compradores a evaluar, comparar y seleccionar computadoras portátiles, computadoras de escritorio y monitores en función de atributos ambientales. Intel así mismo, proporciona información sobre EPEAT a socios de canal y clientes.

Apple anunció que sus instalaciones mundiales cuentan con energía 100 por ciento limpia. Este logro incluye tiendas minoristas, oficinas, centros de datos e instalaciones compartidas en 43 países, incluidos los Estados Unidos, el Reino Unido, China y la India. La compañía también anunció que nueve socios de fabricación adicionales se han comprometido a impulsar toda su producción de Apple con un 100 por ciento de energía limpia, lo que eleva el



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

número total de compromisos de proveedores a 23.

"Estamos comprometidos a dejar el mundo mejor de lo que lo encontramos. Después de años de arduo trabajo, estamos orgullosos de haber alcanzado este importante hito", dijo Tim Cook, CEO de Apple.³

Microsoft con la adopción de su plan "Neutral de Carbono para 2013" en mayo de 2012, buscó proyectar que se había vuelto más proactivo en la gestión de su huella ambiental. Hasta ahora se ha basado en gran medida en la compra de créditos de energía renovable (REC) y compensaciones de carbono, creando la apariencia del papel limpio, pero sin alterar el suministro de electricidad. El reciente anuncio de Microsoft de firmar un acuerdo de compra a largo plazo para energía eólica cerca de su centro de datos de Texas es un desarrollo importante, y con suerte indica que la compañía decidió unirse a sus competidores Google y Apple para aplicar sus talentos y recursos a la construcción de una internet verde en la vida real, no solo en papel.⁴

Por otra parte, planean usar Inteligencia Artificial (IA) para poner su grano de arena y salvar el planeta de la contaminación. Los fanáticos que visiten las Tiendas Microsoft encontrarán a los empleados con vestimentas verdes, listos para compartir información sobre diferentes cosas, desde reciclar sus dispositivos hasta cómo la IA permite a individuos y organizaciones conseguir más este **Día de la Tierra**.

"Y mientras estén ahí, ellos también les ayudarán a plantar algunas nuevas semillas."

En 2017, los empleados de **Microsoft donaron cerca de 1.2 millones de dólares** e hicieron voluntariado por ocho mil horas para causas y organizaciones ambientales.⁵

2. Políticas de la Universidad Tecnológica Nacional

Toda esta información recolectada nos sirve para poder llevarla a cabo a las problemáticas que se plantean a continuación. El principal caso es cuantos problemas causan las organizaciones hoy en día al no evaluar el daño ambiental que causan día a día por no tomar medidas en el momento. Se gasta demasiada energía, no se hace un mantenimiento de equipos, no se reciclan y no se ve que productos son menos dañinos a nuestro ecosistema.

Tal vez muchas de las medidas de estas grandes compañías que utilizan para abarcar estos problemas no puedan llevarse a cabo por cualquier tipo de organización porque para ello se requiere de un gran ingreso de dinero. La Universidad Tecnológica Nacional es un ejemplo de ello y se hizo un relevamiento para saber como es el estado actual de ella.

Se hablo con el director de Tecnología informática en una entrevista y hablo de los siguiente:

1. Los servidores: Los servidores de la Universidad se encuentran en una sala cerrada y pequeña con detectores de humo, temperatura y medidas de extinción de incendios por su material eléctrico. Además, se encuentran conectados a sistemas de alimentación ininterrumpida y un sistema de refrigeración a causa de sobrecalentamiento.



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

2. Laboratorios de Informática: Los laboratorios cuentan con computadoras de escritorio de alto consumo energético. En al menos una sede (FRBA) hay 4 salas de computadoras donde en cada una de ellas hay al menos 20 computadoras.

3. Cuando se renuevan las computadoras de los laboratorios se cuenta cuales son las que se pasarán a cambiar por unas nuevas y las viejas quedan obsoletas en desuso.

4. Sistemas de archivos: En las áreas de administración de alumnos o en las de docentes y no docentes, aun se siguen utilizando sistemas de archivos físicos para alojar las carpetas y legajos de alumnos al igual que demás información administrativa.

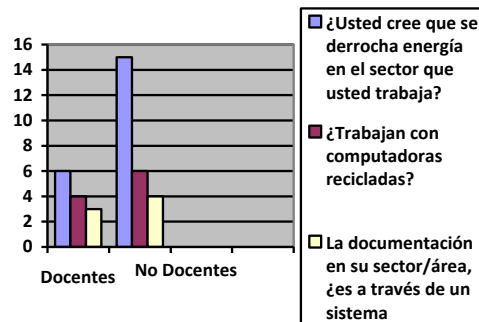
También se hizo una encuesta al cuerpo docente y no docente de la Universidad donde las preguntas se respondían con SI o NO y a lo último una respuesta libre. Las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Usted cree que se derrocha energía en el sector que usted trabaja?
- ¿Trabajan con computadoras recicladas?
- La documentación en su sector/área, ¿es a través de un sistema computacional?

Y la última pregunta:

- ¿Cuál es el mayor problema que usted observa que puede afectar al medio ambiente en su lugar de trabajo?

La encuesta se realizó a 10 docentes y 20 no docentes y se realizó un gráfico con las respuestas de Si/No donde se muestran las respuestas por el sí.



Y en la pregunta libre las mayores problemáticas fueron:

- No se reciclan los sistemas computacionales como corresponde.
- Los sistemas de archivos físicos que se tienen actualmente no son mantenibles con el tiempo.
- Por la cantidad de maquinas actuales el gasto de energía es muy alto.
- No hay políticas de ambientalización.

También se hicieron observaciones donde se pudo ver que los costos en las facturas de luz son bastante altos debido al derroche de energía, al igual de los costos de reparación de las maquinas o la compra de nuevas cada vez que dejaban de funcionar.

Es por eso por lo que a todo esto se deberán evaluar distintas soluciones.

Druidics, firma de origen rosarino dedicada a consultoría tecnológica, desarrollo de soluciones, seguridad informática e infraestructura, que lanzó en el 2014 el programa “Co2nciencia” para reducir el impacto ambiental.

En sus inicios, el proyecto se focalizó en el reciclado y la reutilización de los



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

residuos generados en sus oficinas. “El objetivo es reducir el impacto ambiental y, específicamente, el de nuestras actividades en el calentamiento global”, cuenta Javier Ferrero, su director.

Entre las acciones implementadas se destacan la separación de residuos y charlas de concientización sobre eficiencia energética y hábitos de consumo. El programa incorpora también una medición de la huella de carbono de la empresa.⁶

Luego de hablar de algunas organizaciones que implementaron Green it, procedemos a explicar algunas políticas que se podrían llegar a poner en práctica.

3. Políticas Green Computing dentro de las empresas.

Si se cambia la escala y en vez de hablar de sectores se habla de empresas, la función del departamento de TI debe ser la de preocuparse no sólo de reducir su propio impacto sino también ayudar a que el resto de la empresa haga lo propio.

- En el puesto de trabajo. En esta área las empresas pueden llevar distintas iniciativas, que van desde la desmaterialización de algunos procesos, como la factura electrónica, a desarrollar políticas de impresión o sencillamente a apagar los PC en horario no laboral.

- En el negocio. Las medidas van desde la compra de energía renovable a la construcción de edificios ecológicos o el desarrollo de una cadena de suministro con criterios ecológicos.⁷

3.1 Políticas Green IT Operativo

Bajo esta perspectiva, se pueden diferenciar a los empleados de la organización, el equipamiento tecnológico con el que trabajan directamente y el resto de la infraestructura tecnológica que da servicio a toda la organización.

- El entorno de puesto de usuario

Los ordenadores personales constituyen una fuente de consumo importante, permanecen encendidos fuera de horas laborales y durante periodos de tiempo de inactividad. Energy Star estima que el 60% de los equipos de una empresa se dejan encendidos fuera del horario laboral. Así, algunas de las soluciones para reducir el consumo energético pueden ser:

- a. Activación de las funciones de ahorro eléctrico facilitadas por el propio sistema operativo, que reducen la actividad de algunos componentes después de tiempos de inactividad prefijados.
- b. Uso de ordenadores portátiles.
- c. Virtualización de escritorios.
- d. Regular la impresión de documentos y reducción del consumo de papel.
- e. Videoconferencias.⁸

Green IT Organizativo

Existe otro conjunto de medidas Green IT que una organización puede adoptar y que están relacionadas con sus procesos de gestión, e incluso su estrategia. Para la aplicación de este tipo de medidas en el ámbito organizativo se requiere del respaldo de la dirección, como promotor principal para liderar la iniciativa y unir los diferentes departamentos involucrados para alcanzar el objetivo común.

- a. Adquisición de equipamiento clasificado como eficiente energéticamente.



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

- b. Medidas 3R que se corresponde con Reducir, Reutilizar y Reciclar.
- c. Contratación de servicios Cloud Computing.
- d. Política de proveedores verdes.
- e. El teletrabajo.⁹

4. Beneficios de poner en práctica Green it.

Como hemos visto a lo largo del artículo, la mayoría de las empresas que han integrado esta nueva tecnología, no solo han crecido mucho más sino que ayudan a nuestro medio ambiente la concientización de toda la población, a través de la difusión masiva de las mejores prácticas, es una tarea que debe ser encarada en forma integral: tanto las empresas como los diferentes ONG y los organismos de gobierno deben promover la discusión de estos temas, para luego ser recogidos y considerados por aquellos que elaboran las leyes y deciden las políticas.

A primera vista, puede parecer que muchas de estas medidas de ahorro de energía solo harán la diferencia para las empresas que tienen cientos de computadoras funcionando a la vez. Sin embargo, si cada hogar individual usará computadoras de menor potencia o más eficientes que se fabricaron usando la menor cantidad posible de químicos dañinos, el beneficio para el medio ambiente sería incalculable.¹⁰

Resultados

A partir de lo desarrollado anteriormente podemos ver que la implementación de Green It es muy ventajoso tanto para las organizaciones como para nuestro medio ambiente. Retomando hacia nuestro país, y hacia nuestra Universidad podríamos

decir que si se aplicarían medidas para un consumo responsable de energía y además sobre el desecho de material tecnológico esto beneficiaría a la institución y además a nuestro planeta.

En nuestro país en el año 2008 se lanzó proyecto para bajar la cantidad de gases de efecto invernadero producido por las organizaciones a partir del consumo de energía, basándonos en él podemos obtener un plan de acción que se podría aplicar a cualquier organización, como, por ejemplo, la UTN que como pudimos ver antes tiene grandes consumos energéticos.

Este proyecto que fue lanzado bajo el número de decreto 140/7 se basaba en la búsqueda de eficiencia energética, es decir que busca una adecuación de los sistemas de producción, almacenamiento, distribución y consumo de energía, destinada a lograr el mayor desarrollo sostenible de los medios tecnológicos minimizando el impacto sobre el ambiente, optimizando la conservación de energía y la reducción de costos.

Para poder aplicarlo en nuestra organización seleccionada, en este caso la Universidad Tecnológica Nacional, sabiendo que no cuenta con ninguna ayuda presupuestaria externa, el plan de acción debe apuntar directamente al ahorro de energía, que es el Punto que además de estar ayudando al planeta vamos a estar ahorrando presupuesto de la organización.

Para ello en una primera etapa del plan de acción se debería realizar un monitoreo de cuál es el consumo energético actual de nuestra universidad y los gastos



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

generados evaluando las facturas de electricidad

Cómo segunda etapa se debería comenzar con las medidas que nos ayuden a llegar a esta propuesta de eficiencia energética, para ello y basándonos en las posibilidades de la organización elegida, brindamos las siguientes medidas que nos ayudarán a conseguir nuestro objetivo:

- Tomar medidas correctivas y formativas para cambiar comportamientos que suponen un mal uso de los recursos energéticos, realizando sesiones de formación tanto para alumnos, personal docente y no docente. Con estas medidas se consigue evitar los consumos innecesarios: equipos que nunca se apagan, luces encendidas cuando no es necesario, etc.
- Proponer, implementar y monitorear programas para un uso eficiente de los recursos energéticos.
- En la medida que sea posible reemplazar aquellos equipos de alto consumo energético, por otros de mayor eficiencia.

Además, otro de los dilemas de organizaciones como por ejemplo nuestra universidad es que se realiza con los equipos una vez que debemos desecharlos, estamos hablando más que nada de equipos tecnológicos, como por ejemplo las computadoras.

Una posible solución, ya que nuestra organización no cuenta con la posibilidad presupuestaria de contratar un servicio de desechos responsables, es poder realizar donaciones de aquellos equipos en desuso. En la actualidad existen

organizaciones sin fines de lucro en nuestro país que reciben aquellos equipos, los reciclan y realizan una donación a escuelas, jardines y ONG. Como por ejemplo la fundación EQUIDAD, esta fundación desde año 2001 está realizando esta labor no solo para romper la brecha digital, sino también para colaborar con que haya menos residuos de equipos tecnológicos que afecten nuestro medio ambiente.

A partir de estas medidas implementadas podemos obtener las siguientes ventajas:

- Generar el conocimiento del consumo energético y de dónde proviene.
- Tener un gasto inferior con las compañías de energía eléctrica
- Poder darles una reutilización a equipos tecnológicos.
- Generar menos cantidad de gases de efecto invernadero.
- Disminuir la cantidad de desechos tecnológicos que contaminan nuestro ambiente.

Además de las ventajas podemos ver algunos puntos negativos que nos limitan a la hora de querer implementar tecnologías verdes, como el siguiente:

- El costo adicional que tienen estas medidas cuando se trata de utilizar equipos de mayor eficiencia energética, ya que no todas las organizaciones tienen los mismos presupuestos.

Conclusión

No solo las grandes compañías son las



Sol Ottaviani – Lucrecia Luciano – Ezequiel Lee – Lucia Gómez – Leticia Siani

que generan problemas al medio ambiente, las pequeñas empresas u organizaciones sin fines de lucro también los causan. Por eso se quiere demostrar que a menor escala se pueden implementar metodologías Green IT para detener el impacto en el ecosistema. Evaluando que metodologías implementan grandes empresas se busca qué cosas también pueden realizar las demás organizaciones. Poner en marcha medidas de Eficiencia Energética y Uso Responsable implica mantener la calidad de vida a través de la obtención y uso de los mismos bienes y servicios empleando menos recursos energéticos. El ahorro se basa en consumir inteligente y responsablemente para el beneficio propio y de toda la sociedad.

[7] Dirección de Concientización en Medioambiente

http://www.extension.info.unlp.edu.ar/direccion_de_concientizacion_en_medioambiente

[8] <https://hipertextual.com/archivo/2010/10/aplicando-el-green-it-al-desktop/>

[9]

http://www.lifegreentic.eu/sites/default/files/documentos/informe_empleo_e_impacto_socioeconomico_de_las_green_tic.pdf

[10] <http://tecnologiaverde212.blogspot.com/p/la-tecnologia-verde-de-hoy.html>

Referencias (Times New Roman, 10, negrita).

[1] Documento acerca de Intel y su responsabilidad con el medio ambiente:

[http://csrreportbuilder.intel.com/PDFfiles/CSR-2016_Full-](http://csrreportbuilder.intel.com/PDFfiles/CSR-2016_Full-Report.pdf?_ga=2.30236735.1028044432.1529863503-1168076054.1529764036#page=33)

[Report.pdf?_ga=2.30236735.1028044432.1529863503-1168076054.1529764036#page=33](http://csrreportbuilder.intel.com/PDFfiles/CSR-2016_Full-Report.pdf?_ga=2.30236735.1028044432.1529863503-1168076054.1529764036#page=33)

[2] Sitio de CDP:

<https://www.cdp.net/en>

[3] Cómo las empresas están creando el Green Internet- abril 2014, informe hecho por Greenpeace:

<http://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/legacy/Global/usa/planet3/PDFs/lickingclean.pdf>

[4] Documento acerca de Microsoft y su responsabilidad con el medio ambiente:

<https://www.microsoft.com/en-us/environment>

[5] Documento acerca de Microsoft y la utilización de la Inteligencia Artificial:

<https://news.microsoft.com/es-xl/microsoft-presenta-nuevas-propuestas-de-inteligencia-artificial/>

[6] Compañías Argentina y el uso de Green It:

<http://www.lavoz.com.ar/negocios/la-tecnologia-verde-avanza-paso-firme>

Seguridad Informática Empresarial: Nociones para una Red Segura

**Kevorkyan Marina Nairí, Infantino Marcos, Ferro Juan Ignacio, Kitela Nicolás,
Huamán Luis, Yarbuh Juan Ignacio**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstract

Una red informática es aquel conjunto de dispositivos con posibilidad de conexión entre sí, por diferentes medios, para lograr el intercambio de información y de recursos. Las redes que forman parte del sistema conformado por la empresa son llamadas redes informáticas empresariales. Estas cuentan con vulnerabilidades, y es por ello que sufren amenazas, ataques y necesitan un sistema de seguridad para protegerlas.

La seguridad es sumamente importante, ya que significa la ausencia de peligro o riesgo. Para proteger las redes de las empresas, existen diferentes mecanismos de seguridad: Tráfico de Relleno, Monitoreo de la Actividad, y Proxy de Aplicación.

El objetivo del presente trabajo es comparar el Tráfico de Relleno, el Monitoreo de la actividad y el Proxy de Aplicación. Además, se procede a contraponer diferentes formas de ataque, estableciendo un enfoque en Spywares, Worms e Ingeniería Social.

Palabras clave

Red informática, amenaza, ataque, seguridad.

1.Introducción

La Seguridad Informática es una disciplina orientada a diseñar normas, procedimientos, métodos y técnicas para brindar seguridad y confiabilidad a un sistema de información [1].

Según [2], una red informática es aquel conjunto de dispositivos con posibilidad de conexión entre sí, por diferentes medios, para lograr el intercambio de información y de recursos. De esta manera, se define como red informática empresarial a aquella red que es un elemento propio del sistema conformado por la empresa, el sistema empresarial. Teniendo en cuenta la definición de sistema, que es un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, dentro de un contexto determinado y con un

objetivo en común, [3] se define sistema empresarial a aquel que se desempeña bajo el contexto de una organización con fines de lucro.

Las redes empresariales cuentan con una serie de vulnerabilidades que facilitan el acceso de intrusos a datos prohibidos, afectando negativamente a la eficiencia y efectividad empresarial [4]. Existen tres principales vulnerabilidades en las redes empresariales: el uso de redes de propósito general para la comunicación entre distintas sedes, los empleados que acceden a datos de la empresa desde redes inseguras, y el robo de datos por parte de los mismos empleados [5].

Las amenazas a la red de una organización pueden clasificarse, dependiendo del área donde se produzcan, en amenazas externas e internas. Se conoce como amenaza externa a aquella que se origina fuera de la organización, y por una persona ajena a la misma. Por el contrario, una amenaza interna proviene del interior mismo de la organización. Este último tipo de amenaza resulta más peligroso aún, ya que conlleva la participación de una persona que es propia al sistema empresarial, y que por ende conoce cómo funciona el mismo [6].

Dentro del grupo de las amenazas externas se encuentran diferentes ejemplos de ataques informáticos como Spam, Worms, Spyware, Ingeniería Social y Bacterias, [7] que son ideados por entes externos a la organización y tienen objetivos específicos. Ante este tipo de situaciones, se presentan mecanismos de protección y detección como el Tráfico de relleno, Monitoreo de la Actividad y Proxy de Aplicación [7] que ofrecen a las

empresas diferentes vías de control y protección de la información que circula en la red empresarial.

Las vías de ataque a una red son numerosas. Día a día surgen nuevas formas de robar datos. Según [1]: “A la hora de dotar de seguridad a un sistema de información, hay que tener en cuenta todos los elementos que lo componen, analizar el nivel de vulnerabilidad de cada uno de ellos ante determinadas amenazas y valorar el impacto que un ataque causaría sobre todo el sistema[...]”.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo, (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es comparar el Tráfico de relleno, el Monitoreo de la actividad y el Proxy de Aplicación, como mecanismos de protección de seguridad de redes en las compañías, considerando las ventajas de cada uno de ellos con respecto al otro. Además, se procede a comparar diferentes formas de ataque, centrándose en los Spywares, Worms e Ingeniería Social, y sus efectos en las empresas.

Para cumplir con los objetivos mencionados, se estructura el trabajo de la siguiente manera: en la sección 2, se describe la aplicación de la seguridad informática en la empresa y su importancia dentro de la misma; en la sección 3, se enumeran los tipos de amenazas y los diferentes tipos de ataques; en la sección 4, se comparan las vías de ataque de los Spywares, Worms e Ingeniería Social; en la sección 5, se describen los efectos negativos de los Spywares, Worms e Ingeniería Social en la seguridad y eficacia de la empresa; en la sección 6, se compara el Tráfico de Relleno, el Monitoreo de la actividad y el Proxy de Aplicación como mecanismos de seguridad en las redes de las compañías; en la sección 7, se enumeran los resultados y, en la sección 8, se procede a las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Seguridad Informática en las Empresas

Entre los principales objetivos de la Seguridad Informática, se encuentra la minimización de riesgos y amenazas, el garantizar una adecuada utilización de recursos y aplicaciones del sistema y la limitación de las posibles pérdidas que podrían ser ocasionadas en caso de un incidente de seguridad [8].

Como se observa en la Figura 1, los aspectos mencionados son muy importantes para el correcto desempeño de la actividad de una empresa que necesita del manejo de redes y sistemas informáticos.

La Seguridad Informática posee un papel clave en las empresas a la hora de proteger los datos contenidos en el sistema informático. Archivos de este tipo pueden variar desde simples correos electrónicos, hasta información confidencial sobre futuros productos a lanzar en el mercado, o también datos bancarios que, al ser descubiertos, ponen a la organización en una situación de peligro [9].

3. Tipo de amenazas y diferentes ataques

Se encuentran dos tipos de amenazas características hacia los sistemas informáticos [6]:

-Amenazas internas: provienen desde dentro de la organización.

Ejemplo: empleado infiltrado de la competencia que busca robar información sobre un producto.

-Amenazas externas: se originan fuera de la organización. Se encuentran diversos tipos de ataques, cada uno de ellos con una metodología y objetivos específicos [7]:

- Acceso físico: esta vía de ataque puede clasificarse también como un tipo de amenaza interna, ya que la forma de acceso a los datos privados es directa. Ejemplo: herramientas de Crackeo.
- Bomba lógica: consiste en la incorporación de una rutina en un programa informático, la cual provoca que el mismo, al cabo de un término fijado previamente, comience a fallar, llegando incluso a

dañar grandes cantidades de información.

- **Caballo de Troya:** es un programa aparentemente útil o atractivo que posee comandos ocultos dentro de él. Cuando es invocado realiza funciones que le son involuntarias al usuario, con el objetivo de robar información.
- **Bacterias:** su función principal es replicarse a sí mismas para lograr que el sistema se sature, a través de la disminución del espacio libre en la memoria RAM.
- **Worms:** se asemejan a los virus por su forma de esparcirse. Detectan debilidades en determinados programas que atienden servicios, como servidores web, Ftp, mails, entre otros.
- **Virus:** similar a las bacterias, se replican y liberan en determinadas fechas una carga letal. Ésta puede generar una destrucción de información en el sistema.
- **Spyware:** son aplicaciones que recopilan información sobre una organización sin su conocimiento. Es muy común que este tipo de amenazas sean creadas por personas que venden la información.
- **Spam:** utiliza robots que navegan por la web en busca de emails, recolectando bases de datos de correo electrónico para luego infectar con virus y otras plagas masivas.
- **Ingeniería social:** proviene del estudio sistemático sobre las debilidades humanas, que realizan los atacantes. Utilizan técnicas y mensajes que hacen uso de diferentes mecanismos, incluso analizando el subconsciente y tomando en cuenta los sentimientos, para atraer a la víctima a una situación de desventaja en la que puedan ser atacados.

4. Vías de ataque de los Spywares, Worms e Ingeniería Social

En esta sección se presentan los procedimientos particulares que siguen los ataques de Spywares, Worms e Ingeniería Social al momento de afectar un ordenador. Conjuntamente se establecen las diferencias entre cada una de las formas características de desenvolverse. Se organizan las siguientes subsecciones: en la subsección 4.1 se trata la problemática de los Spywares; en la 4.2 la problemática de los Worms; y en la 4.3 el caso de la Ingeniería Social.

4.1 Spywares

Los Spywares se caracterizan por utilizar la conexión de una computadora a Internet para transmitir información. En consecuencia, se consume ancho de banda, viéndose afectada la velocidad de transferencia de datos [7]. La procedencia de los mismos es, por lo general, Internet. Se encuentran principalmente alojados en programas u otro tipo de archivos que son de gran interés para la. Dichos programas exigen, en muchos casos, la aceptación de una licencia que el usuario no lee, y en la cual se autoriza la instalación de un programa adicional: un software espía [10]. En la Figura 2, se muestra un ejemplo.



Figura 2 - Ejemplo de instalación de un software espía [10]

Las medidas de seguridad necesarias para prevenir el ataque de un spyware requieren de mayor atención y cuidados que la protección ante virus comunes y corrientes. En primer lugar, se destaca un

hecho fundamental: los antivirus comunes y corrientes no reconocen este tipo de ataques [10]. Esto se debe a que el usuario previamente aceptó una licencia en la cual se autoriza la instalación legal del programa en la computadora, provocando que un antivirus no lo detecte como una amenaza. Para eliminarlos, es necesario el uso de programas antimalware como, por ejemplo, Malwarebytes, Superantispyware o Spybot.

4.2 Worms

La palabra “Worm” viene del significado de “gusano” en inglés y hace referencia a la forma de ataque de este software malicioso. Se considera a los Worms como una especie de virus, ya que es un software que se replica a sí mismo en varias copias que, la mayoría de las veces, pueden ser hasta más peligrosas o evolucionadas [11].

Los Worms tienen como víctima principal a las redes informáticas, siendo un claro ejemplo el sistema informático de una empresa. Usualmente, tienen la cualidad de poder ejecutarse a sí mismos en un computador remoto sin la ayuda de ningún usuario. Sin embargo, existen excepciones a ello, y esto varía dependiendo del tipo de worm [11]:

-Mailer Worms: son Worms que se envían a sí mismos en forma de correo electrónico a otras computadoras, y en ocasiones de forma masiva.

-Octopus Worms: este tipo de software se caracteriza por instalarse por partes en terminales individuales correspondientes a una misma red. Si bien cada parte del software se encuentra en máquinas diferentes, estas actúan en conjunto para ejecutar su función.

-Rabbit Worms: en este caso particular, el software existe en el sistema como una copia única, y salta entre los terminales pertenecientes a la red.

El ataque de un Worm se centra en provocar lentitud en el sistema a partir de la sobrecarga de la memoria. Esta sobrecarga es causada por las reiteradas veces en las que este programa se duplica y ejecuta a sí mismo.

4.3 Ingeniería Social

Es el arte de conseguir de un tercero aquellos datos de interés para el atacante, por medio de habilidades sociales. Estas prácticas están relacionadas con la comunicación entre seres humanos [12].

A pesar de que todos los ataques de la Ingeniería Social son diferentes y únicos, tienen patrones en común. Estos patrones se componen de 4 etapas: investigar al afectado, establecer una relación con la víctima, mejorar ese vínculo para empezar a obtener información, y finalmente, ejecutar el ataque y frenar la comunicación con él [13].

La Ingeniería Social puede ser dividida en 2 tipos, dependiendo de la forma en que se lleva a cabo: basada en humanos o en computadoras. [13].

-Basada en humanos: en este tipo de Ingeniería Social, el ataque es manejado por una persona. El atacante interactúa directamente con el objetivo para obtener la información. Ejemplo: interacción presencial de un atacante, que utiliza una identidad falsa, para obtener información confidencial [13].

-Basada en software: se refiere a ataques llevados a cabo con la ayuda de software del sistema para obtener la información. Un ejemplo es la Social Engineering Toolkit (SET), la cual puede ser usada para crear e-mails como cebo [13].

En comparación a los anteriores métodos, se observa que el papel que cumple la relación establecida por el atacante con la víctima es de vital importancia, ya que puede ser el medio por el cual se introduzcan los mismos Worms o Spywares para efectuar un robo de información.

5. Efectos negativos de los Spywares, Worms e Ingeniería Social

En esta sección se explican las consecuencias que generan los Spywares, Worms y la Ingeniería Social en la seguridad y la eficacia de las empresas. Se

describe las problemáticas que acarrearán cada uno de ellos, y se los compara brevemente: en la subsección 5.1 se tratan los efectos de los Spyware en las empresas; en la subsección 5.2 los efectos de los Worms en las empresas; y en la 5.3 los efectos de la Ingeniería Social en las empresas.

5.1. Efectos de los Spyware

Los Spywares tienen como objetivo el robo de datos de la víctima. Para ello, utilizan la conexión a Internet para transmitir la información al atacante, consumiendo en muchos casos una gran parte de la banda ancha del sistema empresarial [14].

En consecuencia, además del robo de información, este tipo de ataques afecta directamente a la velocidad de conexión del sistema, provocando ineficacia a la hora de realizar tareas en las que se necesite transmisión de información a través de la red [14].

Se provocan fallas en la actualización de archivos, lentitud en los procesos de consulta de datos y otras falencias que acarrearán problemas para los empleados (en algunos casos, incluso el descontento del cliente).

Este tipo de malware es creado con el fin de recolectar información, para luego, en gran cantidad de casos, venderla. Un ejemplo es el monitoreo del navegador de Internet, realizado con el objetivo de mostrar al usuario publicidad que se vincule a sus gustos e intereses propios [15]. Esto lleva posteriormente a que empresas de publicidad tengan información de contacto, u otro tipo de datos confidenciales, que lleven al padecimiento de otras amenazas como el Spam [15]. Un ejemplo de ello es el envío masivo de e-mails con publicidad que realizan algunas empresas.

Se ponen en riesgo datos personales de empleados y clientes, contraseñas, y todo tipo de información que circule en la red del sistema (como, por ejemplo: contraseñas, datos bancarios, etc.) [14].

5.2 Efectos de los Worms

Así como los Spywares, los Worms producen una gran lentitud en el sistema. Sin embargo, estos últimos provocan inconvenientes mucho más graves, ya que el objetivo principal de un Worm es recargar la memoria, para así provocar una demora en el tráfico de la información [7].

La presencia de un Worm en una red empresarial provoca que toda tarea o trabajo que necesite del uso del sistema informático sea mucho más costosa.

Se obtienen consecuencias similares a las provocadas por los Spywares en la eficacia de las redes empresariales. Pero, en este caso, no se debe a problemas de conexión a internet, sino que se vinculan a limitaciones de la memoria. Por ejemplo: un empleado de la empresa puede percibir una gran lentitud en el uso de su computadora debido a una saturación de los recursos.

5.3 Efectos de la Ingeniería Social

La Ingeniería Social se implementa de una manera mucho menos perceptible que los spyware o los Worms. La prevención tiene un índice de éxito bajo y un costo alto, debido a la gran cantidad de individuos capacitados para utilizar tácticas físicas y psicológicas que engañan al usuario. Gracias a este método, es fácil lograr la introducción de distintos tipos de ataques al sistema (llámense los ya mencionados Worms y otros tipos de virus) y, por ende, llegar al objetivo deseado, la información buscada, de manera rápida [16]. Lo mencionado supone el sabotaje de la red empresarial y la sustracción de información confidencial de gran valor [16].

La Ingeniería Social trae con ella la aparición de spam. Éste genera una presencia invasiva de publicidades que, además de molestar al usuario, producen lentitud en el sistema por saturación de memoria y banda ancha [16].

6. Mecanismos de seguridad: Tráfico de relleno, Monitoreo de la actividad y Proxy de aplicación

En esta sección se explican los diferentes mecanismos para tener mayor seguridad en las redes. Se mencionan sus ventajas, su forma de actuar, y se los compara, brevemente, entre ellos.

Se disponen las siguientes subsecciones: en la subsección 6.1 se trata la aplicación del tráfico de relleno; en la 6.2 la aplicación del monitoreo de la actividad; y en la 6.3 la aplicación del proxy de aplicación.

6.1. Aplicación del Tráfico de relleno

El tráfico de relleno es una forma de ocultar información a partir del envío de tráfico falso junto con los datos válidos [6]. En otras palabras, se utiliza información que, en la mayoría de los casos, carece de utilidad y relevancia para que el atacante se encuentre en una situación compleja a la hora de robar información.

A nivel empresarial, es posible aplicarlo a través de mecanismos como, por ejemplo, la clonación de bases de datos. Ésta consiste en la creación de bases de información duplicadas, que tendrán información incorrecta. De esta manera, solo el usuario original sabrá a cuál acceder mientras que el atacante deberá debatirse entre varias opciones posibles.

El tráfico de relleno proporciona a la empresa una forma adicional de asegurar los datos. Se encargan de añadir datos ficticios para ocultar los volúmenes reales de tráficos de datos. Este mecanismo de protección es útil para reducir las posibilidades de robo de información, pero no constituye una vía directa de obstrucción del ataque. Esto se debe a que existe una posibilidad de que un atacante valore la cantidad de tráfico en una red y observe la cantidad de datos que entran o salen de cada sistema [17].

Se concluye de esta manera que, si bien se hace más difícil que el atacante obtenga la información correcta, aún existen posibilidades de que obtenga un archivo legítimo de entre muchos que son de relleno. No obstante, es una opción interesante a tener en cuenta para reforzar aún más la seguridad de la red.

En relación con lo anteriormente dicho, se establece que otros mecanismos de protección, como el Monitoreo de la actividad, los cortafuegos, y el proxy de aplicación resultan mucho más efectivos a la hora de evitar la penetración de un intruso al sistema, siendo más eficiente y eficaz la destinación de recursos a estos métodos.

6.2. Aplicación del Monitoreo de la actividad

El monitoreo de la actividad es la forma en la cual la actividad de las aplicaciones y las redes es visualizada por un cargo mayor. Basándose en la función que desempeña, podría clasificarse dentro de los mecanismos de seguridad preventivos: antes de que se produzca un ataque, su misión es detectar la amenaza y evitar los potenciales daños que esta pueda ser capaz de producir [1].

El personal que es asignado al monitoreo de la unidad debe vigilar el funcionamiento de los servicios tecnológicos de la organización. Buscando patrones de potenciales ataques, se elevan las posibilidades de la detección de intrusos que busquen acceder a la información [1].

Teniendo en cuenta la función que cumple en la empresa, puede aplicarse, por ejemplo, a través del análisis de paquetes en tiempo real o aplicaciones de métodos de seguridad a nivel local que agiliza y le otorga eficiencia al trabajo del personal asignado a la tarea [1]. Ejemplo: límites de privilegios en sistemas operativos, antivirus locales o restricciones según sus cuentas de usuario.

A diferencia del tráfico de relleno, que reduce la eficacia de los ataques a través de archivos basura, el monitoreo le otorga a la empresa un método sólido para que los ataques no sucedan.

6.3. Aplicación del Proxy de aplicación

Los servidores proxy trabajan como intermediarios entre dos conexiones,

cliente/servidor, evitando usar servicios tales como FTP o Telnet. Estos servidores se conectan con aplicaciones de red, más comúnmente navegadores web y servidores. Dentro de las redes corporativas, éstos son instalados en dispositivos internos especialmente designados (Intranet) [18].

Como se puede observar en la figura 3, cuando un usuario desea un servicio, accede a él a través del Proxy. Éste realiza el pedido al servidor real y devuelve los resultados al cliente.

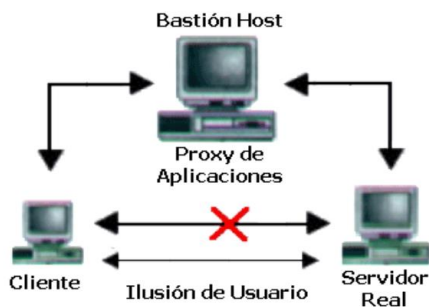


Figura 3- Ejemplificación de perspectiva del cliente [19]

Los servidores proxy tradicionalmente brindan tres funciones principales [18]:

- Soporte de firewall y filtrado de datos de red.
- Compartir la conexión de red
- Almacenamiento en caché de datos

A diferencia del monitoreo de actividad esta aplicación permite el análisis del tráfico de red antes de que llegue al servidor real buscando contenido que viole la seguridad de esta.

7. Resultados

Los Spywares poseen la ventaja de no solo poder realizar un robo de información, sino también generar lentitud en el ancho de banda de la empresa, por lo que todas las operaciones que requieran acceso de internet, por ejemplo, se verán gravemente ralentizadas. [7]

A su vez, la mayoría de los programas de los que son derivados estos ataques necesitan confirmación de una licencia, por lo que se podría evitar su inserción en el sistema si el usuario se toma el tiempo de leer e identificar de que se trata o, en caso

de estar instalado el ataque, utilizar un programa antimalware para eliminarlo.

En el caso de los Worms, su objetivo principal es recargar la memoria con tal de generar demoras en el tráfico de la información. Es más complejo poder frenar esta forma de ataque, ya que se pueden ejecutar a sí mismos en un computador. Y además, según el tipo de Worm utilizado, puede provenir desde distintos medios y con diferente forma, como es el caso del Mailer Worm. [11]

Finalmente, la Ingeniería Social además de generar spam en el sistema, tiene un índice muy bajo de prevención. A diferencia de los dos anteriores, en esta forma de ataque es vital la relación con la víctima, ya que será quien abrirá las puertas para que se pueda iniciar el ataque, ya sea insertando Worms, Spywares u otro tipo de amenazas. [16]

Se encuentran distintas medidas de seguridad posibles a ser aplicadas en el ámbito de los sistemas empresariales. En este artículo se determina analizar los casos del tráfico de relleno de datos, el monitoreo de la actividad y la del Proxy de Aplicación.

El tráfico de relleno de datos es menos eficiente a la hora de prevenir un ataque de algún ente que ponga en peligro al funcionamiento de la empresa, siendo de más utilidad al momento de entorpecer al malware en sí. Por el contrario, el monitoreo de la actividad es más eficiente a la hora de prevenir un ataque, al igual que el Proxy de aplicación [6].

Una empresa puede decidirse por reforzar sus mecanismos de prevención contra amenazas, enfocarse en lograr el menor número de pérdidas en el caso de que ésta sea irreversible, o ambos. Resulta más eficiente invertir en la prevención, que correr el riesgo de perder información valiosa, siendo que los métodos como el tráfico de relleno de datos no es del todo infalible, ya que únicamente se basan en la incorporación de información falsa para que atacante no encuentre la información verdadera. Dentro de los métodos de

prevención, el proxy de aplicación brinda la mayor seguridad ya que la información no ingresa directamente al servidor de la empresa, sino que pasa por las “puertas entre emisor y receptor” donde se puede efectuar un análisis del tráfico de datos antes de que sea tarde [18].

8. Conclusión

Se determina que existen diferentes tipos de medidas de seguridad que no son completamente efectivas ante los ataques, como por ejemplo el tráfico de relleno.

Según el ataque que se recibe se deben adecuar medidas de seguridad específicas, como por ejemplo una capacitación al personal para prevenir un ataque de ingeniería social, y que a su vez dependen de la organización de la empresa, como por ejemplo el tipo de traslado de información que utilizan en las redes.

Estas medidas suponen un costo elevado para la empresa porque requieren de gran infraestructura y conllevan un importante costo para su implementación, pero de no utilizarlas el ataque podría ocasionar pérdidas aún mayores, tanto económicas como de información valiosa, afectando de manera negativa a los clientes y, en consecuencia, a las mismas empresas.

Se deben de conocer estos tipos de ataques y lograr la detección anticipada de ellos para tomar la medida más eficiente de seguridad según corresponda. En esto no solo involucra el personal informático, ya que se debe capacitar a todo el personal para detectar un posible ataque y lograr prevenirlo.

Es conveniente tener un plan de recuperación en caso de que el ataque haya logrado penetrar las defensas, aunque este proceso es difícil de lograr porque conlleva una completa investigación de la causa de la penetración del ataque, invirtiendo gran cantidad de tiempo y dinero.

En cuanto a los mecanismos de ataque, este trabajo pretende establecer una comparación entre los spywares, worms e ingeniería social, sin embargo, estos no son los únicos tipos de ataque existentes. Podría

ser interesante realizar capacitaciones del personal ahondando en nuevos tipos de ataques para informar de manera correcta a los empleados sobre esta materia.

Referencias

- [1] Purificación Aguilera López. Seguridad Informática. Editorial Editex S.A. Madrid: 2010. ISBN: 978-84-9771-657-4.
- [2] Daniela Casco (2014), “Informática III – Redes”, Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Escuela Superior de Comercio “Lib. Gral. San Martín” (UNR).
- [3] Resolviendo problemas en los sistemas de información: enfoque para informáticos / María Florencia Pollo Cattaneo.- 4a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro de Estudiantes de Ingeniería Tecnológica - CEIT , 2018. ISBN: 978-987-1978-44-1.
- [4] Jiménez Caballero, José Luis. Percepción de la seguridad informática en la industria hotelera española. España, 2016. ISBN: 978-84-944134-9-0
- [5] Antonio Villalón Huerta. Seguridad en Unix y Redes. Versión 2.1. Boston: 2002.
- [6] Carlos Alberto Parra Correa. Hernán Porrás Díaz. Las amenazas informáticas: peligro latente para las organizaciones actuales. 2007
- [7] Sarubbi, Juan Pablo. Técnicas Comunes de Defensa Bajo Variantes del Sistema Operativo Unix. Buenos Aires: 2008.
- [8] Álvaro Gómez Vieites. Enciclopedia de la Seguridad Informática. 2014
- [9] Martagmx. Introducción a la Seguridad Informática. 2015.
- [10] Eduardo Cosoi. Detección de “Programas Espía”. 2003.
- [11] Peter Szor. The Art of Computer: Virus Research and Defense. 2005.
- [12] Cristian Borghello. El arma infalible: La Ingeniería Social. 2009.
- [13] Arif Koyun. Ehssan Al Janabi. Social Engineering Attacks.
- [14] Martin Boldt, Bengt Carlsson y Andreas Jacobsson. Exploring Spyware Effects. Helsinki, 2004.
- [15] Thomas Stafford y Andrew Urbaczewski. Spyware: The Ghost in the Machine. Universidad de Memphis, 2004.
- [16] Sarah Granger. Social Engineering Fundamentals, Part I: Hacker Tactics. 2001.
- [17] Javier Areitio. Seguridad de la Información. Redes, informática y sistemas de la información. Universidad de Deusto. 2008
- [18] Bradley Mitchell. Introduction to Proxy Servers in Computer Networking. 2018.
- [19] Cristian Borghello. Tipos de Firewall. 2009.

Estrategias para la conformación, preservación y acrecentamiento del Patrimonio Digital

Sampedro Alfredo; Patrosso Franco; González Federico; Polynice Robertho; Leiva Pérez
Pablo; Pettersen Tobías

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La preservación del Patrimonio Digital es una necesidad cada vez mayor en las organizaciones, en un contexto en el que la información corre riesgo de pérdida ante los constantes avances tecnológicos, por la obsolescencia de los soportes digitales que la contienen. El presente trabajo tiene como objetivo establecer las pautas para el desarrollo de una estrategia en Preservación Digital de la información. Alcanzar esa estrategia, implica poder dar respuesta a la necesidades crecientes de las organizaciones con relación al manejo de la información, definiendo los conceptos y los procedimientos necesarios que permitan salvaguardar toda aquella información, que sea considerada Patrimonio, de manera digital.

Palabras Clave

Patrimonio Digital, Patrimonio Cultural, Preservación Digital, OAI, Archivo Histórico de la Ciudad de Buenos Aires.

Introducción

A la hora de definir qué es el “Patrimonio Digital” (PD) es preciso entender el concepto de patrimonio en sus diferentes y amplios aspectos. Se llama “patrimonio” a todos aquellos bienes tangibles e intangibles que poseen algún tipo de valor cultural, histórico, estético, arqueológico, científico, etc., para determinados grupos o individuos [1]. El PD son aquellos bienes que fueron documentados

en soportes de tecnología digital y forman parte de ese universo.

En este contexto, el objetivo de este trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es estudiar los criterios para establecer qué es el PD, por qué es necesario preservarlo y qué políticas y estrategias informáticas, de la mano de profesionales, deben llevarse a cabo para su salvaguarda.

Para cumplir el objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define el concepto de patrimonio en general y el surgimiento del PD; en la sección 2, se estudia la experiencia del Archivo Histórico de la Ciudad de Buenos Aires, dependiente de la Dirección General de Patrimonio, Museos y casco Histórico. En la sección 3, se explica por qué resulta necesaria la preservación digital, su importancia, los fundamentos de una estrategia y su alcance en el campo archivístico. En la sección 4 se establece un cuadro comparativo con relación a los beneficios de la preservación digital en detrimento de la analógica. En la sección 5 se toma como referencia el modelo de archivo abierto OAI y se proponen diferentes aplicaciones informáticas aptas para la gestión de archivos patrimoniales.

Finalmente, en la sección 6, se detallan las conclusiones y las futuras líneas de trabajo.

1. Patrimonio Cultural y Patrimonio Digital

El Patrimonio Cultural (PC) se encuentra formado por todos aquellos bienes - ya sean materiales o inmateriales, tangibles o intangibles - que por su valor intrínseco definen la identidad y la memoria colectiva de sus habitantes [2]. El PD se encuentra dentro de este universo y es definido por la UNESCO de la siguiente manera: “El Patrimonio Digital consiste en recursos únicos que son fruto del saber o la expresión de los seres humanos. Comprende recursos de carácter cultural, educativo, científico o administrativo e información técnica, jurídica, médica y de otras clases, que se generan directamente en formato digital o se convierten a éste a partir de material analógico ya existente.” [3].

El PD no sólo incluye aquellos bienes analógicos que se intentan preservar a través de su digitalización, sino que, además, incluye todos los bienes de origen digital que no existen en otro formato que el electrónico. El último caso abarca a todos aquellos documentos que fueron creados con programas informáticos, como editores de texto, imagen, sonido, etc., mientras que el primer caso incluye documentos en papel, cintas magnéticas, fotografías por revelado, etc., que fueron posteriormente digitalizados, también con tecnología informática, pero mediante otro procedimiento [4].

La Preservación Digital es el conjunto de estrategias que tienen como objetivo proteger

la información digital ante su pérdida o irrecuperabilidad, producto de la obsolescencia, el daño, o la modificación de los documentos almacenados en este formato. La obsolescencia por avances tecnológicos radica en la incompatibilidad de lectura de los archivos digitales por los procesadores más modernos o de diferentes marcas de dispositivos. El formato digital, a diferencia de los analógicos, se encuentra en soportes modificables, lo cual también representa un riesgo para la integridad del documento. Estas cuestiones son fundamentales en cualquier estrategia de preservación digital.

La Ley 1227 de PC de la Ciudad de Buenos Aires, brinda el marco legal para la investigación, preservación, salvaguarda, protección, restauración, promoción, acrecentamiento y transmisión a las generaciones futuras del PC [5]. Sin dudas, en los tiempos que corren, surge la necesidad de forjar herramientas digitales para poder llevar a cabo estas actividades de manera segura, dinámica y eficiente y es en este punto donde se construye la idea de PD la cual se compone de diversos objetos: textos, bases de datos, imágenes, grabaciones sonoras, material gráfico, programas informáticos o páginas Web, entre otras cosas. Estos objetos suelen ser efímeros por lo que su conservación requiere un trabajo específico en los procesos de producción, mantenimiento y gestión.

2. Comunidad designada: Archivo Histórico de la Ciudad de Buenos Aires

Una “Comunidad Designada”, es cualquier organización que sea productora de un registro de contenido intelectual, cultural,

educativo, etc., que se encuentre en la problemática de cómo administrar su capacidad archivística digitalizada y el acceso a esa información a futuro [6]. El Archivo Histórico de la Ciudad de Buenos Aires conserva, custodia, organiza y acrecienta la documentación de valor histórico producida por el gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, en materia de calles, comercio, celebraciones, epidemias, parques y transporte, entre otros. Trabaja con bienes que, debido a su estado, requieren un manejo experto para preservar su estado [7]. Por estas razones, se llevan adelante un conjunto de acciones destinadas a conservar el patrimonio en papel y a preservar digitalmente los documentos que forman parte de diferentes colecciones como piezas documentales cartográficas, únicas, originales realizados a mano alzada e impresos [8].

Actualmente, sólo se encuentran disponible al público los documentos correspondientes al período 1856-1900 [9]. Aún no es posible lograr un total conocimiento y orden de toda la documentación recibida posterior a estos años. Esto se debe a que no existen los medios adecuados para la correcta y ordenada guarda de los documentos por falta de espacio físico, adecuado medio ambiental de preservación, personal calificado en materia archivística y falta de procedimientos estandarizados [9]. En este punto, se hace necesario contar con un producto solución informatizado, propio de la Ingeniería en Sistemas de la Información, capaz de dar respuesta a dicha problemática.

3. Preservación digital – Necesidades, objetivos y estrategias de las organizaciones

El PD está constituido por el proceso de digitalización documental y la generación de los mecanismos adecuados para que la información que fue creada desde sus orígenes de manera digital, no se pierda a través del tiempo por tecnologías obsoletas [10].

La digitalización de documentos “es un proceso tecnológico que permite, mediante la aplicación de técnicas fotoeléctricas o de escáner, convertir la imagen contenida en un documento en papel en una imagen digital.” [11] Para llevar adelante este proceso, es necesario tener en consideración la normativa existente para incluir los procesos de digitalización dentro de la misma.

A la hora de digitalizar los documentos, es preciso definir los objetivos de la organización. Con relación a las necesidades materiales, en primer lugar, es necesario conformar un Área de Preservación Digital, capaz de afrontar una serie de cambios a nivel institucional y técnico (procedimientos, espacio físico, personal, capacitaciones, distribución de tareas, etc.).

En segundo lugar, es imprescindible contar con la infraestructura tecnológica adecuada para hacer frente a las nuevas necesidades: equipamiento para almacenar, conservar y poner a disposición la información para el usuario; esto incluye hardware, software, el espacio físico, las condiciones de control del ambiente y el personal que trabajará.

4. Ventajas y desventajas de la digitalización del patrimonio

Es importante que el proceso de digitalización de información tenga un objetivo final más

allá de ahorrar espacio reduciendo papeles. Este proceso permite optimizar la búsqueda y consulta de información hacia adentro y hacia afuera de la organización. El fin es la accesibilidad. También permite reducir costes (tiempo y recursos humanos) desde el momento en que se reduce el tiempo de búsqueda de un documento que antes era físico.

Algunas de las ventajas de la digitalización del patrimonio son [12]:

- Mayor seguridad, ya que se puede restringir el acceso con más de una clave.
- Acceso a la información desde dispositivos móviles.
- Ahorro en los costes de mantenimiento.

Por otro lado, las desventajas son [13]:

- Generación de daños a documentos frágiles, que pueden ser fácilmente corrompidos en el proceso de manipulación. - Peligro de hackeo o robo
- Peligro de la obsolescencia digital por avances tecnológicos, cambios de marcas, fabricantes, etc.
- Errores en la edición que pueden aparecer en la digitalización.

4.1. Proceso de digitalización

El proceso de digitalización es el pasaje del formato analógico al digital, y se lleva a cabo mediante el uso de la tecnología de escaneo. Antes de abordar el proceso es necesario tener previamente un trabajo de selección de aquel material que se pretende preservar, considerando el marco legal existente y los objetivos de la organización.

Una vez seleccionada y reunida la información que se quiere preservar, se procede al escaneo de todos los documentos que se encuentran en formato papel. La contratación empresas de alquiler de equipos de escaneo, es una alternativa de solución. Teniendo en cuenta las necesidades de las instituciones públicas y su acotado presupuesto, es la opción más económica, ya que no hace falta adquirir una infraestructura tan costosa.

Entre los equipos más efectivos se encuentran las cámaras de digitalización que suplantán al tradicional escáner. Son cámaras que se utilizan específicamente para la digitalización de archivos y su formato se adapta fácilmente a un escritorio. Cuentan con la ventaja de reducir la manipulación de documentos sensibles. Otras ventajas y características son:

- Digitalización de cualquier documento situado dentro del marco señalado por la luz láser proyectada en la mesa de exposición.
- Escaneo de documentos de diferentes tamaños y hasta 300 puntos por pulgada en solo un segundo.
- Facilidad en el uso
- Poco gasto de mantenimiento
- Diseño inteligente, ligero y portátil, que apenas ocupa espacio.

En la figura 1 se visualiza un dispositivo de escaneo fotográfico de escritorio.



Figura 1 – Cámara de escaneo fotográfico

4.2. Proceso de almacenamiento

El proceso de almacenamiento digital comprende principalmente dos fases. La primera es el archivado, que consta en la clasificación del documento histórico según la normativa legal vigente. Se pueden utilizar soportes digitales como discos rígidos (portátiles o fijos), pen drives, tarjetas de memoria, etc.; o bien, mediante Cloud Computing o “Nube”. La segunda es garantizar la accesibilidad de los profesionales involucrados para la edición del material, o del público en general para su difusión. Cloud Computing da respuesta a estas necesidades, ya que ha significado un cambio de paradigma al eliminar la dependencia de una sola computadora, ya que se puede acceder y almacenar con internet, desde cualquier dispositivo [14].

La plataforma ICA ATOM (International Council on Archives-Access to Memory) puede considerarse la más adecuada para aplicar en el Archivo Histórico de la Ciudad, ya que consiste en el desarrollo de un programa informático basado en los estándares internacionales de descripción archivística (ISAD(G), ISAAR (CPF), ISDIAH, ISDF) [15]. Además, teniendo en

cuenta la escasez de recursos del sector público, ICA ATOM se ofrece como una alternativa de software libre y por lo tanto más económica. En la figura 2 se detallan los pasos para el almacenamiento.

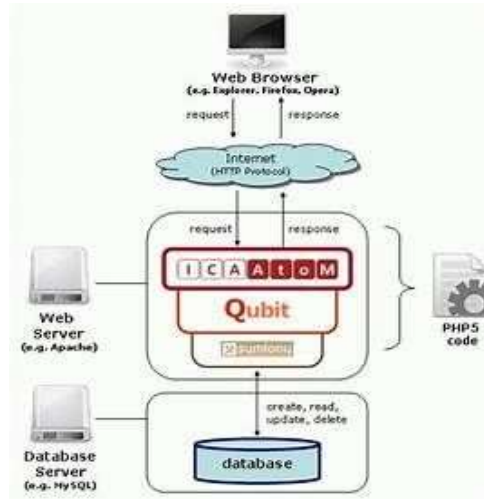


Figura 2 – ICA ATOM, Procedimiento para el almacenamiento de datos. Como segunda alternativa se propone la aplicación “CollectiveAccess”. Se trata de un sistema de gestión de colecciones digitales basado en la web, pensado principalmente para museos y archivos. Funciona como soporte para relaciones complejas entre objetos, entidades, lugares y colecciones como lo son los fondos documentales. Una de sus ventajas es que permite la categorización y etiquetaje de las diferentes colecciones, así como ofrece herramientas administrativas orientadas a la gestión de la colección. Además, permite acceder a un control total sobre la información de cada registro que se desea mostrar en la interfaz pública y funciona como soporte para la creación de exposiciones virtuales (Cloud Computing híbrido). Esto se puede observar en la fig. 3.



Figura 3 - Interfaz de Collective Access

5. Modelo de referencia OAIS – Modelo de referencia en Preservación Digital

Tanto la archivación como la digitalización de documentos representan un porcentaje menor del total del proceso de preservación digital. Desde la definición clara de los objetivos archivísticos de la organización hasta la aplicación informática de catálogos, se necesita un marco conceptual y un modelo de referencia que englobe la práctica en su conjunto.

Este papel lo desempeña el modelo de Archivo Abierto OAIS (Open Archival Information System), que desde 2012 se ha convertido en norma, con referencia ISO 14721:2012. “Se trata de una práctica recomendada elaborada por el Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS), fundado en 1982 por las principales agencias aeroespaciales de todo el mundo, como un foro multinacional cuya finalidad es estudiar cuestiones sobre sistemas de datos del espacio y ofrecer soluciones técnicas en forma de recomendaciones para el desarrollo de sistemas de comunicación de datos y normas para los vuelos espaciales.” Al no existir un

trabajo serio en previo en el área de preservación digital no existía ninguna normativa, terminología, conceptos, ni funcionalidades básicas que debe tener un sistema de archivo” [6].

Existen un número determinado de pasos para que el proceso de preservación sea fiable y sostenible. Estas funciones se definen en el modelo funcional de OAIS como Captura, Acceso, Administración, Gestión de datos, Planificación de la preservación y Almacenamiento en Archivo [16].

OAIS estructura y clasifica los distintos paquetes de información de acuerdo con su posición en el ciclo de vida digital. Estos son: Paquete de Sumisión de Información (SIP, Submission Information Package), que es el paquete de información entrados en sistema, es decir, todos los datos a preservarse. El Paquete de Archivo de la Información (AIP, Archival Information Package), que es el de la información que el sistema almacena, conserva y mantiene. Y, por último, el Paquete de Diseminación de la Información (DIP, Dissemination Information Package), o sea, el paquete de información que se utilizará para la distribución del contenido digital, que se corresponde con la salida del sistema. El “paquete” es la partición conceptual que comprende datos, e información relevante. Son tres conceptos que corresponden a tres fases del mismo proceso. A continuación, en la figura 4, se puede observar el flujo de estos paquetes en el sistema OAIS.

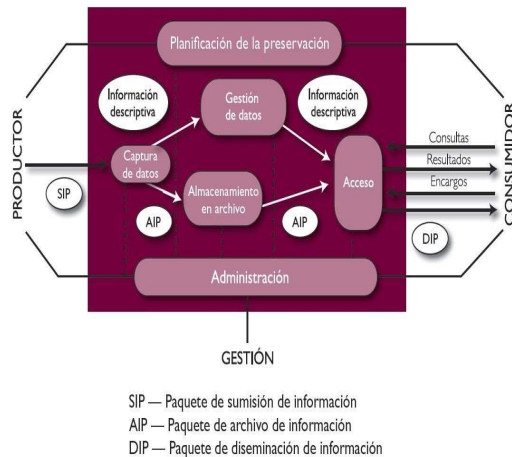


Figura 4 - Algoritmo de OAIS, Archivo de Sistema Abierto

6. Conclusiones

No es posible hablar de PD sin tener en cuenta el PC, esto se debe a que se encuentran íntimamente ligados a la hora de decidir qué se desea preservar y qué se desea desechar. Tampoco es posible desligar estos conceptos de un escenario determinado ya que el proceso de selección del material a conservar se corresponde directamente con las necesidades más esenciales de cada organización, de los objetivos y estrategias que la configuran así como su alcance y su misión en la comunidad. En este marco, la UNESCO ha establecido algunos conceptos esenciales para caracterizar y definir al PC en todos sus aspectos.

El trabajo científico y profesional del Archivo Histórico de la Ciudad cuenta con trabajadores especializados en catalogación, archivística y preservación, como así también historiadores, sociólogos, arquitectos, etc. Sin embargo, no se ha llevado a cabo aún una política de

preservación digital lo que resulta una clara evidencia de la inexperiencia y la falta de conocimiento con relación a esta materia a nivel regional. Por otro lado, queda expuesta una falta de conocimiento con relación a esta materia a nivel regional. Por otro lado, queda expuesta una falta de direccionamiento desde el punto de vista gerencial para abordar un objetivo como este.

A nivel institucional y gerencial es preciso considerar la distribución departamental, la capacitación y asignación de tareas especializadas a profesionales que trabajen con conceptos actualizados en materia de digitalización. Como futura línea de trabajo, hay que repensar ciertos conceptos propios de la preservación digital, ya que abre la puerta a nuevas ideas con relación a los instrumentos tecnológicos destinados a tal fin. Es preciso centrarse en el diseño de nuevos procesos y herramientas que puedan intervenir activamente en la conformación del PD considerándolo no un concepto pétreo sino, por el contrario, en constante movimiento, incremento y evolución. El alcance tecnológico debe estar a la altura de cierto debate previo a la digitalización y que tiene que ver con la utilidad y la sostenibilidad en el tiempo de todo aquello que se quiera conservar. Será un desafío para el ingeniero en sistemas de la información comprender todos estos aspectos para así lograr con eficacia el objetivo propuesto.

Referencias

1. Portal de la Unesco. *Patrimonio inmaterial*. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018] <https://goo.gl/33SL7u>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

2. Ley 1227, *Ley de Protección al Patrimonio Cultural*, Ciudad de Buenos Aires. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/X2N4fn>
3. UNESCO. *Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural (1972) . Artículo 1 – Alcance*. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018] <https://goo.gl/hRSqpQ>
4. “Publicaciones” – Dirección General de Patrimonio, Museos y Caso Histórico, Ciudad de Buenos Aires. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/uv27Xk>
5. Ley 1227, *Ley de Protección al Patrimonio Cultural*, Ciudad de Buenos Aires.[En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/NjFdHu>
6. CRUZ-MUNDET, José Ramón y DÍEZ-CARRERA, Carmen. 2016. *Sistema de Información de Archivo Abierto (OAI): luces y sombras de un modelo de referencia*. Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información 70. Disponible en: 221-247. <https://goo.gl/BKywHh>
7. CEDOM. Dirección General Centro Documental de Información y Archivo Legislativo, *Ley 1227*. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/wjwerL>
8. Buenos Aires Ciudad, Patrimonio Cultural. *Decreto 28/2010*. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/5wCBGo>
- 9 Entrevista a la Lic. Noelia Riccio - Archivo Histórico de la Ciudad, Ministerio de Cultura de la Ciudad de Buenos Aires.
10. VEGA, Omar Antonio. *Efectos colaterales de la obsolescencia tecnológica*. Facultad de Ingeniería, vol. 21, núm. 32, enero-junio, 2012, pp. 55-62
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Tunja, Colombia. Disponible en: <https://goo.gl/yrUvng>
11. Diario “El Español”. *La mejor aplicación para escanear y digitalizar documentos: Notebloc*. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/KSJSRD>
12. Archivo Histórico de la Ciudad de Buenos Aires. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/pr66SG>
13. ESPÍNDOLA ROSALES, Jessica María; URRÁ GONZÁLEZ, Pedro. “El proceso de digitalización para la construcción de las bibliotecas digitales cubanas. Estudio de casos.” Disponible en: <https://goo.gl/xi59UU>
14. Revista “CABAL”. *Almacenamiento digital*. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/UmlC46>
15. ICA AtoM. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/YZVQfP>
16. IASA, International Association of Sound and Audiovisual Archives. [En línea] [Fecha de consulta: 6 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/q6jGrc>

Datos de contacto

Sampedro, Alfredo Alejandro Legajo n°: 168.282-9

sampedroalfred@gmail.com

Patrosso, Franco Legajo n°: 168.107-2

fpatrosso@hotmail.com

González, Federico Daniel

Legajo n°: 164.348-4

gonzalezfederico198@gmail.com

Polynice, Robertho Legajo n°: 168.693-8

ezemanouc91@gmail.com

Leiva Pérez, Pablo Alejandro Legajo n°: 168.624-0

pabloleiva.pl22@gmail.com

Pettersen, Tobías Legajo n°: 167.301-4

tobipettersen@gmail.com

Nuevas tecnologías en el ámbito de la discapacidad: su aplicación en niños con Trastornos del Espectro Autista

Álvarez, Gabriel, Kuric, Mariela, Mesones, Consuelo, Storozuk, Irina
Belén, Villar, Nicolás

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Las personas con Trastornos del Espectro Autista (TEA) presentan dificultades de interacción social y de comunicación. Los TEA se manifiestan en la infancia, y tienden a persistir hasta la adolescencia y la edad adulta.

Los niños con TEA demuestran afinidad por los artefactos digitales y por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), y poseen un nivel intelectual variable.

La potencialidad de las personas con TEA impulsó el desarrollo de numerosas aplicaciones.

El presente trabajo tiene por objetivo comparar las tecnologías que utilizan las aplicaciones de dispositivos móviles que facilitan la inclusión de personas con TEA. Para ello, previamente se abordan tres tecnologías: Sistemas Multimedia, Realidad Aumentada e Inteligencia Artificial, brindando ejemplos de desarrollos para dispositivos móviles destinados a personas con TEA de cada una de estas tecnologías.

Palabras Clave

Tecnologías digitales, Trastornos del Espectro Autista, Dispositivos Móviles.

1. Introducción

Los Trastornos del Espectro Autista (TEA) son un grupo de afecciones caracterizadas por algún grado de alteración del comportamiento social, la comunicación y el lenguaje, y por un repertorio de intereses y actividades restringido, estereotipado y repetitivo [1]. Se manifiestan en la infancia, generalmente en los primeros cinco años, y tienden a persistir hasta la adolescencia y la edad adulta. Pueden ser causados por diversos factores, entre ellos genéticos y ambientales [2] (ejemplos de estos últimos factores son: actitudes negativas, espacios reales y virtuales inaccesibles y un apoyo social limitado [1]). El estilo de procesamiento cognitivo de la información que presentan los niños con TEA es preferentemente visual [3,4].

Por otro lado, las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) permiten organizar la información mediante colores, imágenes y textos que pueden tener un gran impacto a la hora de mejorar y fomentar la comunicación [5]. Existen soluciones que incorporan estas herramientas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de personas con TEA facilitando el aprendizaje ubicuo [6].

En virtud de lo expuesto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra Análisis de Sistemas, segundo año de cursada) es comparar las tecnologías que utilizan las aplicaciones de dispositivos móviles que facilitan la inclusión de personas con TEA. Se procura realizar un aporte crítico sobre las posibilidades que proveen en cuanto a la comunicación.

Para cumplir con dicho objetivo el presente trabajo se estructura de la siguiente forma: en la sección 2 se caracterizan los TEA y la incidencia de los mismos en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Luego, en la sección 3 se introducen los conceptos básicos referidos a las tecnologías utilizadas en aplicaciones para dispositivos móviles orientadas al aprendizaje de niños con TEA. En la sección 4 se ejemplifica el uso de cada tecnología con la presentación de aplicaciones existentes. Luego, en la sección 5 se comparan las tres tecnologías abordadas y se describen los resultados de la investigación y, finalmente, en la sección 6 se presentan las principales conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo.

2. Trastorno del Espectro Autista

En la actualidad se emplea el término Trastorno del Espectro Autista (TEA), introducido por Wing y Gould, para referirse a un conjunto de trastornos

caracterizados por una alteración profunda de varias áreas del desarrollo: habilidades para la interacción social y para la comunicación y presencia de conductas restrictivas o estereotipadas [7].

La prevalencia mundial de este tipo de trastorno está aumentando debido a la ampliación de los criterios diagnósticos y al uso de mejores herramientas para tal fin. Se calcula que 1 de cada 160 niños está afectado por los TEA [1].

El diagnóstico de este trastorno implica concretar una serie de síntomas y observaciones acerca de comportamientos particulares y el análisis e interpretación de los mismos [8]. A partir de la sospecha de la presencia de TEA, se debe derivar al niño a una atención especializada para una evaluación multidisciplinaria [9].

El diagnóstico, en edades tempranas, supone para el profesional médico una dificultad pues existen variaciones a lo largo del tiempo en las conductas de los niños que pueden provocar una rectificación en el juicio clínico [8].

Sin embargo, el diagnóstico temprano presenta ventajas tales como: la reducción de la incertidumbre de los padres, la ayuda en la identificación de opciones de educación, servicios y la posibilidad de brindar al niño un ambiente adecuado en el que se otorgue apoyo familiar [8].

Las personas con TEA sufren estigmatización y discriminación. También padecen una influencia negativa en sus logros educativos y sociales y en sus oportunidades de empleo. Muchas veces también suponen una carga emocional y económica para las personas que los padecen y para sus familiares [1].

Los niños con TEA y sus padres suelen atravesar distintas dificultades en el ámbito educativo, destacándose la discriminación al momento de escolarizar al niño y la falta de apoyo para responder a las necesidades específicas de aprendizaje. Por sus déficits en la comunicación e interacción social, se lo discrimina, provocando consecuencias negativas en su desarrollo [10].

3. Integración de las TICs a la Educación

Según señala Monserrat Llairó [11], el desarrollo de las nuevas tecnologías y el avance de los medios de comunicación transformaron a las sociedades en sociedades de la información. Este proceso es impulsado por el avance científico en un marco socioeconómico globalizador sustentado por el uso de las TICs.

Considerando los artefactos tecnológicos, los dispositivos móviles son uno de los que más han penetrado en la sociedad actual, transformándose en un objeto indispensable en muchos casos [12].

En el campo de la educación, para acompañar los consumos culturales de niños y jóvenes, se procura potenciar el uso de las TICs en función de diferentes contextos de enseñanza y aprendizaje [13,14]. Por otra parte, los entornos educativos mediados por TICs se caracterizan porque permiten adaptar el ritmo del aprendizaje de los alumnos modificando parámetros como el nivel de dificultad de las actividades, la duración de las sesiones o los criterios de éxito y avance [15]. A través de numerosas aplicaciones basadas en diversas tecnologías y herramientas TICs se logra integrar la tecnología móvil a los procesos de enseñanza y aprendizaje [12].

A continuación se introducen los conceptos básicos de las siguientes tres tecnologías: Sistemas Multimedia (subsección 3.1), Realidad Aumentada (subsección 3.2) e Inteligencia Artificial (subsección 3.3).

3.1 Sistemas Multimedia

Los recursos educativos multimedia admiten un uso multimodal de las TICs [16]. Se caracterizan por una comunicación mediada que permite representar la misma información a través de diferentes medios (textos, imágenes, animaciones y videos) e incluir en un mismo entorno diferentes medios de representación [16].

Los materiales multimediales son ambientes de representación del conocimiento altamente flexibles, análogos en muchas formas a la asociatividad de la

mente humana [17]. La organización de la información es hipertextual y ofrece al usuario un recurso educativo dinámico con de interacción guiada o no [18].

Según Prieto Castillo [19], para que el recurso multimedial sea exitoso, en el proceso de elaboración se debe extraer el máximo beneficio de la riqueza expresiva del lenguaje en que se armó el mensaje y del medio a través del cual se lo ofrece.

3.2 Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada (RA) representa un paradigma interactivo actual cuyos orígenes se remontan al año 1992, cuando el Dr. Thomas Caudell crea el término para describir una pantalla digital que utilizarían los técnicos electricistas de Boeing y donde se mezclaba la realidad física con los gráficos virtuales. Con esta herramienta se pretendía guiar y aumentar la eficiencia del personal en el montaje de los cables eléctricos de los aviones [20]. A partir del año 1999, en que se desarrolla ARToolKit, una de las librerías de software libre más utilizadas hasta la fecha para la creación de aplicaciones en RA, el desarrollo de plataformas de RA no ha dejado de crecer, especialmente para dispositivos móviles de última generación [21].

Ronald Azuma destaca que todo sistema de RA posee las siguientes características [20]:

- Combina la realidad y la virtualidad: el mundo real se enriquece con objetos que pueden ser visuales, auditivos, sensibles al tacto y al olfato.
- Es interactivo en tiempo real: responde a las solicitudes del usuario en un tiempo muy pequeño (del orden del mili o micro segundo).
- Los objetos virtuales son registrados en tres dimensiones: el sistema debe conocer en todo momento la ubicación del usuario respecto al mundo real para vincularlo de manera coherente con el virtual.

Básicamente, un sistema de RA debe:

- Captar la información del entorno real a través de un dispositivo de entrada como una cámara o un GPS.
- Identificar la escena.

- Mezclar la realidad con la información generada por la computadora.
- Visualizar la escena aumentada a través de un dispositivo de salida.

La utilización de la RA se extiende a campos como arquitectura, construcción, diseño interior, educación, ingeniería civil y mecánica, lúdico, medicina, proyectos militares, publicidad y turismo [20].

3.3 Inteligencia Artificial

Se define Inteligencia Artificial (IA) como aquella inteligencia exhibida por artefactos creados por humanos [22]. Se aplica hipotéticamente a las computadoras [22].

En [23], para definir a IA se parte del proceso que realizan las personas que infieren y aprenden y eso lo convierten en conocimiento que se registra en redes neuronales a través de interacciones sinápticas.

Dentro del campo de la IA se incluyen las siguientes subáreas [24]:

- Procesamiento de lenguaje natural.
- Visión artificial.
- Resolución de problemas.
- Representación del conocimiento y razonamiento.
- Aprendizaje.
- Robótica.

La Inteligencia Artificial (IA) crea modelos para la solución inteligente de problemas en dominios específicos [23].

4. Autismo y TICs

En [12] se afirma que un proceso de mediación tecnológica es efectivo solo si partiendo de las características, intereses y necesidades de los estudiantes, puede lograr que éstos sean conscientes de sus limitaciones, potencialidades y posibilidades en su proceso de aprendizaje.

Dentro de las ayudas técnicas que favorecen la inclusión de personas con dificultades en la comunicación se encuentran los Sistemas de Comunicación Aumentativos y Alternativos (SAAC) [25]. Los sistemas aumentativos de comunicación, complementan el lenguaje oral cuando, por sí sólo, no es suficiente para entablar una

comunicación efectiva con el entorno; y los sistemas alternativos de comunicación, sustituyen al lenguaje oral cuando éste no es comprensible o está ausente [25].

A continuación se presentan ejemplos de aplicaciones multimedia (sección 4.1), aplicaciones de RA (sección 4.2) y de IA (sección 4.3).

4.1 Sistemas Multimedia

Los Sistemas Multimedia ofrecen la posibilidad de actuar sobre los contenidos, surgiendo así la interactividad. Las personas con discapacidad se benefician de aplicaciones multimedia que les permiten, mediante las necesarias adaptaciones, perfeccionar el acceso multimodal en igualdad de condiciones [26].

Actualmente existe un gran número de proyectos o aplicaciones que buscan facilitar la enseñanza de las personas con discapacidad. Algunos ejemplos de esto son: Proloquo2Go (subsección 4.1.1) y Proyecto Azahar (subsección 4.1.2).

4.1.1 Proloquo2Go

AssistiveWare [27], empresa dedicada al desarrollo de software para personas con discapacidad, lanzó en 2009 un programa de comunicación para iPhone, iPad y iPod touch llamado Proloquo2Go. Entre sus características se encuentran [28]:

- Síntesis de voz integrada.
- Comunicación basada en texto e imagen.
- más de 6000 iconos. Posibilidad de añadir imágenes e iconos.
- Fácil de usar, con multitud de opciones de personalización.
- Muchas características novedosas para facilitar y acelerar su comunicación.

Esta aplicación utiliza la metodología de Comunicación Aumentativa y Alternativa basada en imágenes estándar o sistemas pictográficos para fomentar el desarrollo de la comunicación y la lengua [27,28].

Está disponible en inglés, español, francés y holandés. Es paga y provee materiales de apoyo gratuitos.

4.1.2 Proyecto Azahar

Es un conjunto de aplicaciones personalizables desarrolladas por el Grupo de Autismo y Dificultades del Aprendizaje del Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia [29], con el impulso de la Fundación Orange [30]. A través de aplicaciones de comunicación, ocio y planificación se procura que las personas con autismo mejoren su calidad de vida y autonomía [28, 30]. En la Tabla 1 se presenta una breve descripción de cada una de las aplicaciones que conforman el proyecto Azahar.

Tabla 1: Proyecto Azahar [30]

Aplicación	
Tipo	Nombre y Descripción
Comunicación	GUÍA PERSONAL (para comunicar información personal)
	HOLA (para aprendizaje con apoyo de imágenes)
Planificación y Configuración	ALARMAS
	TUTOR (para configurar Azahar)
	MIS COSAS (para incorporar aplicaciones o direcciones web externas)
Ocio	TIC TAC (facilita comprensión y manejo del concepto tiempo)
	MÚSICA (facilita acceso y manejo de música)
	FOTOS (facilita acceso y realización de fotografías)
	INTERNET RADIO (para escuchar emisiones a través de Internet)
	VIDEO (facilita acceso y realización de videos)

Las aplicaciones contienen pictogramas, imágenes y sonidos que se pueden adaptar a cada usuario. Se pueden utilizar además fotos y voces de las propias personas y de sus familiares. Se encuentra desarrollado en Java y es compatible con los sistemas operativos Windows y Android. Es gratuito y está disponible en español, inglés y francés [28, 30].

4.2 Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada ayuda a integrar el mundo digital con el físico, imitando estrategias ya existentes y aplicándolas a

situaciones particulares. Los sistemas existentes buscan ayudar a que la persona pueda comunicarse con mayor facilidad, asistiendo en la interpretación del lenguaje no verbal, y aplicar estrategias para la concentración en situaciones donde sea necesario un mayor nivel de atención, como durante sesiones de terapia [31].

Como ejemplos de aplicaciones de RA se presentan a continuación: MOBIS (sección 4.2.1) y MOSOCO (sección 4.2.2).

4.2.1 MOBIS (Mobile Object Identification System)

MOBIS es una aplicación de RA móvil desarrollada por investigadores del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior (CICESE) de Ensenada, México [32], para una clínica para atención de niños autistas [33]. A través de la interacción multimodal orienta a los estudiantes con autismo durante el entrenamiento en la terapia de discriminación de objetos [34].

Consta de tres interfaces: una instalada en una Tablet que permite a los maestros monitorear la terapia; otra en el teléfono celular del estudiante, utilizado como visor para descubrir mensajes visuales y textuales superpuestos a los objetos que se encuentran a su alrededor; y una tercera que es una interfase tangible de usuario que posee acelerómetros que se pueden colocar en los objetos a discriminar, para que el maestro realice un seguimiento de los gestos de interacción de los estudiantes [34]. Está disponible en español e inglés.

MOBIS utiliza el algoritmo Speed Up Robust Features (SURF) para el reconocimiento de objetos [35].

4.2.2 MOSOCO

MOSOCO es una aplicación para dispositivos móviles desarrollada por investigadores del Centro de Investigación Científica [32]. Utiliza RA para trabajar habilidades sociales en situaciones de la vida real [36]. Consta de actividades interactivas que promueven en los niños autistas actitudes como: observar y mantener una distancia adecuada del

interlocutor, iniciar y finalizar la interacción con pares y adultos, compartir intereses comunes y formular preguntas [36].

A través de la práctica se reducen los errores en las interacciones sociales, mejorando la calidad de las mismas [36].

Esta aplicación está preparada para funcionar sobre dispositivos móviles con el sistema operativo Android. Utiliza la cámara del dispositivo móvil para aumentar la situación de la vida real.

4.3 Inteligencia Artificial

En la actualidad la IA permite desarrollar aplicaciones que brindan apoyos técnicos a personas con discapacidades físicas, brindándoles la posibilidad de ser más autónomas [37].

Las personas con TEA experimentan el mundo de una forma diferente a aquellas que no padecen esta enfermedad. Algunas se esfuerzan en interactuar socialmente, otras confían en rutinas diarias estrictas.

La IA tiene el potencial de crear experiencias más significativas para las personas con TEA. Según confirma Robin Christopherson, jefe del área inclusión digital de la empresa AbilityNet [38], “han habido historias de niños con autismo que han formado relaciones profundas con Siri (asistente de Android) o con sus asistentes personales. Esto se debe a que los asistentes no les hacen ninguna demanda, ellos no son inconsistentes en sus respuestas” [37].

El uso de asistentes facilita la comunicación de personas con autismo, pues no deben esforzarse por interpretar el lenguaje corporal y otras barreras presentes en las conversaciones con personas [37].

Seguidamente, como ejemplo de una aplicación de IA se caracteriza AbaPlanet, basada en la terapia para el espectro autista denominada ABA (Applied Behavioral Analysis) [39].

La terapia ABA consiste en un entrenamiento estructurado que tiene por objetivo enseñar nuevas habilidades al niño, mejorando conductas sociales, académicas y comunicativas, y disminuyendo aquellos comportamientos inapropiados [40]. Las

conductas adecuadas se estimulan mediante refuerzos positivos [41].

La aplicación AbaPlanet, desarrollada por la Fundación Privada Planeta Imaginario [42], incluye actividades de estimulación del lenguaje receptivo y de asociación de imágenes similares que promueven el aprendizaje y la ampliación del vocabulario de niños con TEA en diferentes campos semánticos [42]. Incluye un sistema experto que se adapta al nivel del niño. Mediante refuerzos positivos como premios procura captar su interés. Posee un sistema de registro de las actividades desarrolladas por los niños que permite a los médicos y a los padres evaluar los avances de éstos [42,43]. Esta aplicación funciona sobre dispositivos móviles con el sistema operativo iOS 7.0 o superior y es compatible con iPad.

Se presenta en tres versiones [39]:

- AbaPlanet Lite: gratuita y reducida. Constituye una versión de prueba. Está disponible en español y en inglés.
- AbaPlanet: paga. Está disponible en español e inglés.
- AbaPlanet Pro: paga. Es la versión completa y mejorada de AbaPlanet. Está disponible en español, catalán e inglés.

5. Comparación

Luego de detallar las características principales de las tres tecnologías abordadas en el trabajo, y de brindar ejemplos de desarrollos, se describen los aspectos relevantes que deben contemplar todas las aplicaciones que buscan ayudar a mejorar la vida de las personas con TEA:

- Estar desarrolladas por grupos interdisciplinarios.
- Ser personalizables.
- Generar un entorno confiable en la persona.
- Poder involucrar al entorno familiar, docentes y terapeutas
- Captar el interés de la persona con un atractivo diseño de las actividades.
- Evitar situaciones inesperadas, que provoquen un desequilibrio emocional de la persona.
- Proveer de interacción multimodal

Existen aplicaciones que se enfocan en mejorar las interacciones sociales de los niños con TEA, en tanto otras en aumentar la capacidad de concentración o en mejorar el estado emocional de sus usuarios.

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los Análisis de Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas (FODA) de cada una de las tecnologías abordadas[44].



Figura 1: Análisis FODA de Sistemas Multimedia



Figura 2: Análisis FODA de Tecnología Realidad Aumentada



Figura 3: Análisis FODA de Sistemas Inteligentes

6. Conclusiones

El presente trabajo aborda el tema de la incorporación de la tecnología digital para desarrollar estrategias educativas inclusivas que permitan mejorar la comunicación e interacción social de personas con TEA.

Dentro del escenario de posibilidades digitales se eligió como artefacto el dispositivo móvil y como tecnologías: sistemas multimedia, RA e IA.

De lo analizado en este trabajo surge que:

- El nivel intelectual de las personas con TEA es muy variable, y va desde un deterioro profundo hasta casos con aptitudes cognitivas altas.
- El estilo de procesamiento cognitivo de la información que presenta el autista es preferentemente visual.
- La elección de la tecnología y de la aplicación a utilizar debe estar respaldada por un equipo terapéutico y depender del aspecto de la enfermedad de la persona con TEA a tratar.

Stephen W Hawking, en [45] afirma que la sociedad tiene el deber moral de eliminar los obstáculos que afrontan las personas con discapacidad para liberar el inmenso potencial de éstas.

Como trabajo futuro se prevé desarrollar un prototipo que facilite el aprendizaje de niños con TEA.

Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud goo.gl/aidawA
- [2] Egea García, C., Sarabia Sánchez, A. (2001) "Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad". Boletín del Real Patronato sobre Discapacidad. Num. 50, págs.. 15-30. goo.gl/NGxt8g
- [3] García Traver, R. (2015) "Diseño de una aplicación multimedia para mejorar el desarrollo de los alumnos con trastornos del espectro autista". Trabajo fin de master, Universidad Internacional de La Rioja, Barcelona. goo.gl/xuFZFn
- [4] Cuesta Gómez, J., Abella García, V. (2012) "Tecnologías de la información y la comunicación: aplicaciones en el ámbito de los trastornos del espectro del autismo". Revista Siglo Cero. Vol. 43, Nº 242, págs. 6-25 goo.gl/FW2fKo
- [5] Matey Sanz, A. (2017) "Contribución de las TIC al desarrollo de la competencia emocional en el Trastorno del Espectro Autista: Una intervención en caso único". Universitat Jaume I. goo.gl/sRrMdW
- [6]García Guillén, S., Garrote Rojas, D., & Jiménez Fernández, S. (2016). "Uso de las TIC en el Trastorno de Espectro Autista: aplicaciones". EDMETIC, 5(2), 134-157. <https://bit.ly/2NeL6Ut>
- [7] García Gómez, A., Pena Sánchez, M. (2017) "Evaluación multidimensional de niños con trastornos del espectro del autismo y con trastornos

por déficit atencional con hiperactividad". Revista CienciaAmérica. Vol. 6, Nº1. <https://bit.ly/2HGxY7h>

[8] Sánchez, Raya, A.,Martínez Gual, E., Moriana Elvira, J., Luque Salas, B., Alós Cívico, F. (2014) "La atención temprana en los trastornos del espectro autista (TEA)". Psicología educativa, Vol. 21, Nº1, págs. 55-63. <https://bit.ly/2re0BSr>

[9]Espín Jaime, J., Cerezo Navarro, M. y Espín Jaime, F. (2013) "Lo que es trastorno del espectro autista y lo que no lo es". Anales de Pediatría Continuada vol. 11 Núm 06. goo.gl/q8CFjG

[10] Cortés Moreno,J., Sotomayor Morales, E., Pastor Seller, E. (2016) "Los movimientos sociales en el sistema educativo: la educación inclusiva para alumnado con Trastorno del Espectro Autista (TEA); vulnerabilidades y oportunidades" Respuestas Transdisciplinarias en una Sociedad Global: Aportaciones desde el Trabajo Social. Universidad de La Rioja. <https://bit.ly/2remZeg>

[11] Llairó, M. y Palacio, P. (2008). "La educación a distancia en el ámbito de la educación superior: Las nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC's)". Buenos Aires: Croquis.

[12] Sanz, C., Cukierman, U., Zangara, A., Santángelo, H., González, A., Rozenhauz, J., Iglesias,L., Ibañez, E. (2007) "Integración de la tecnología móvil a los entornos virtuales de enseñanza y de aprendizaje". II Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. goo.gl/9YAlFc

[13] Zangara, A.(1998) "La Incorporación de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación a los Diseños Curriculares. Algunos Temas Críticos". IV Congreso RIBIE, Brasilia. goo.gl/zTJQWH

[14] Pradilla, J., Belloso, O., Barboza, J. (2016) "Factores que determinan la efectividad de la mediación tecnológica del aprendizaje". Revista REDHECS Edición 22, año 11. goo.gl/5PMCWd

[15] Veros Álvarez, M. (2015). "VirtuaCyL: desarrollo y validación de un sistema ubicuo basado en Android para refuerzo educativo de niños con autismo dentro de la metodología TEACCH". goo.gl/4RSWbz

[16] Guisen, A., Sanz, C., De Giusti, A., (2010) "Hacia una propuesta de Entorno Colaborativo para usuarios de Comunicación Aumentativa y Alternativa en el ámbito educativo". TE&ET 2010. goo.gl/FNMWzM

[17] Marabotto, M., Grau, J. (1995) "Multimedios y Educación". Fundec. Buenos Aires, Argentina.

[18] Esquivel, M.- López, M. - Mariño, S. (2000). "La multimedia como medio de difusión de posibilidades académicas. Un ejemplo práctico". UNNE. goo.gl/DWbmXZ

[19] Prieto Castillo, D. (1999). "La comunicación en la educación". Ed. Ciccus, La Crujía Buenos Aires.

[20] Yee, C, Abásolo, M., Más Sansó,R.,Vénere, M. (2011). "Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Interfaces avanzadas". EDULP. goo.gl/q7BEMW

- [21] De la Torre Cantero, J., Martín Dorta, N., Saorín Pérez, J., Carbonell Carrera, C., Contero González, M. (2015). "Entorno de aprendizaje ubicuo con Realidad Aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional". Revista de Educación a Distancia, n. 37. goo.gl/TQ5eT1
- [22] Castro, C., Filippi, L. (2010). "Modelos Matemáticos de Información y Comunicación, Cibernética (Wiener, Shannon y Weaver): Mejorar la Comunicación es el Desafío de Nuestro Destino Cultural". Revista RE -Presentaciones, Año 3, Número, 145-161. goo.gl/w5BTR8
- [23] Parra Castrillón, E. (2004) "Sistemas tutoriales inteligentes, un aporte de la Inteligencia Artificial para la mediación pedagógica". Revista Virtual Universidad Católica del Norte. N. 12. goo.gl/MJY8Ha
- [24] Pino Diez, R., Gómez Gómez, A., de Abajo Martínez, N. (2001). "Introducción a la Inteligencia Artificial: sistemas expertos, redes". Universidad de Oviedo. Servicio de Publicaciones. goo.gl/PPdeo9
- [25] Abadín, D., Delgado Santos C. y Cerrato A. (2010). "Comunicación Aumentativa y Alternativa, guía de referencia". CEAPAT. <https://bit.ly/2xSpfNx>
- [26] Koon, R. A., & Vega, M. E. D. L. (2014). "El impacto tecnológico en las personas con discapacidad". Red CDPD. <https://bit.ly/2wIqZtr>
- [27] AssistiveWare <https://bit.ly/2wVgh2Q>
- [28] Fernández López, Á. (2014). "Sistemas de mobile learning para alumnado con necesidades especiales". Universidad de Granada. <https://bit.ly/2KBZbg9>
- [29] Grupo de Autismo y Dificultades del Aprendizaje del Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia <http://autismo.uv.es/>
- [30] Proyecto Azahar. Fundación Orange, Universitat de Valencia <https://bit.ly/2dqjdr1>
- [31] Escobedo, L., Tentori, M., Quintana, E., Favela, J., García-Rosas, D. (2014). "Using Augmented Reality to Help Children with Autism Stay Focused". IEEE Pervasive Computing (Volume: 13, Issue: 1) <https://bit.ly/2II062s>
- [32] Centro de Investigación Científica y de Educación Superior <https://bit.ly/1y9CPDL>
- [33] Kats, Y., (2016). "Supporting the Education of Children with Autism Spectrum Disorders". IGI Global <https://bit.ly/2rWmjL0>
- [34] Sistema de Centros Públicos de Investigación CONACYT, México <https://bit.ly/2s2SKBf>
- [35] Quintana E., Ibarra C., Escobedo L., Tentori M., Favela J. (2012) "Object and Gesture Recognition to Assist Children with Autism during the Discrimination Training". En: Alvarez L., Mejail M., Gomez L., Jacobo J. (eds) "Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications". CIARP 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7441. <https://bit.ly/2u2ugzx>
- [36] Escobedo, L., Nguyen, D., Boyd, L., Hirano, S., Rangel, A., García-Rosas, D., Tentori, M., Hayes, G.

- (2012). "MOSOCO: a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations". Conference SIGCHI, USA <https://bit.ly/2LlmPLw>
- [37] Walker, M. (2017). "How Artificial Intelligence is empowering people on the autism spectrum". Ability Net 20. <https://bit.ly/2pwJ3AJ>
- [38] AbilityNet <https://bit.ly/2mIGzxp>
- [39] AbaPlanet <https://bit.ly/2tvCqAT>
- [40] Venturini Gaona, N. (2016). "El sistema de Apego en niños con Trastornos del Espectro Autista". Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Psicología. <https://bit.ly/2HW4uBT>
- [41] Piñeros-Ortiz S., Toro-Herrera S. (2012). "Conceptos generales sobre ABA en niños con Trastornos del Espectro Autista". Rev Fac Med, Bogotá. 60(1), 60-66. <https://bit.ly/2LYxAmj>
- [42] Fundación Lovaas. <https://bit.ly/2M0KIay>
- [43] Choez Caice, J. (2018) Estudio Comparativo de las tecnologías de Software y Hardware que permitan la comunicación con personas autistas". Tesis. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador. <https://bit.ly/2IMyEyE>
- [44] Láinez Barrachina, Borja (2016). "Realidad Aumentada en la Enseñanza de Ciencias con niños con Trastorno del Espectro Autista". Trabajo de titulación. Universidad de la Rioja. Facultad de Letras y de la Educación. España. <https://bit.ly/2MDuCoC>
- [45] OMS, Banco Mundial (2011). "Informe Mundial sobre la Discapacidad". Resumen. Ginebra. <https://bit.ly/1mVYZaR>.

Datos de Contacto:

Gabriel Alvarez. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
alvarezgabriel907@gmail.com

Mariela Kuric. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
mariekuric@hotmail.com

Consuelo Mesones. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
consumesones@gmail.com

Irina Belén Storozuk. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
iribs97@gmail.com

Nicolás Villar. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
nicovillar98@gmail.com

La Tecnología en las Ciudades Inteligentes

**Bouzas, Gabriel; Romanazzi, Franco; Alderete, Daniel; Baldracchi, Tobias;
de Monasterio, Tomás.**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El crecimiento urbano es cada vez más exponencial a medida que va pasando el tiempo, generando diferentes tipos de problemas, como el incremento de tránsito en las arterias principales de la ciudad, la necesidad de nuevos edificios para la creciente población, o un eficiente servicio de seguridad a sus habitantes, entre otras necesidades que se deben satisfacer para el bienestar de los ciudadanos, por lo que el rol de las ciudades es más importante que nunca.

Las ciudades inteligentes surgen como una estrategia para mitigar esos problemas, ya que hacen uso de la tecnología para hacerle frente a sus retos de la forma más eficiente posible. En este trabajo se describen y caracterizan a las ciudades, y se presentan distintos proyectos tecnológicos reales llevados a cabo por ciudades inteligentes, con sus resultados correspondientes.

Palabras clave

Ciudad Inteligente, Proyectos Tecnológicos, Big Data, TIC.

1. Introducción

Transformar una ciudad, en una ciudad inteligente, es una estrategia para mitigar de forma eficiente los problemas generados por el rápido crecimiento urbano. Utiliza la tecnología para recolectar grandes cantidades de información (Big Data) a partir de la cual tomar decisiones en tiempo real, siendo su fin último el desarrollo sostenible [1].

Para poder calificar a una ciudad como “inteligente”, la misma debe hacer frente con las mejores tecnologías disponibles y de la forma más eficiente posible a los retos que el propio desarrollo le impone a la ciudad [2]. Entre estos retos se encuentran

mejorar la eficiencia energética, disminuir las emisiones contaminantes y reconducir el cambio climático [3].

La nueva inteligencia de las ciudades reside en la combinación cada vez más efectiva de redes de telecomunicación digital (los nervios), la inteligencia integrada de forma ubicua (los cerebros), los sensores e indicadores (los órganos sensoriales) y el software (el conocimiento y la competencia cognitiva) [4]. Estas tecnologías son, principalmente, las tecnologías de información y comunicación (TIC), y su integración con el Big Data.

La motivación de esta investigación reside en la problemática del rápido crecimiento de la población urbana. Por lo tanto, las ciudades adquieren una importancia extraordinaria. Como respuesta a este crecimiento, surge el concepto de ciudad inteligente para alcanzar un desarrollo sostenible, utilizando la tecnología.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada) es estudiar qué significa desde lo tecnológico que una ciudad sea inteligente, así como la importancia que tiene la tecnología en el cumplimiento de los objetivos que se propone una ciudad inteligente.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se define a las ciudades contemporáneas como un sistema

funcional; en la sección 3, se detallan los rasgos característicos de las ciudades contemporáneas; en la sección 4, se explica el concepto de ciudad inteligente; en la sección 5, se proponen enfoques para abordar las necesidades y retos de las ciudades inteligentes; en la sección 6, se detallan limitaciones y barreras relacionadas con las tecnologías presentes en las ciudades inteligentes; en la sección 7, se mencionan iniciativas y proyectos tecnológicos reales llevados a cabo por ciudades contemporáneas que adoptaron el modelo de ciudad inteligente. Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 8).

2. Comprensión de las ciudades contemporáneas como un sistema funcional

Las distintas ciudades del mundo son únicas y diferentes a otras, ya sea, por su cantidad de habitantes, virtudes, necesidades, cultura, problemáticas, entre otras. Pero todas convergen en una sola cosa, que son un gran sistema funcional.

La ciudad contemporánea es un sistema que está compuesto por cinco subsistemas fundamentales (sistema económico, sistema social, sistema de gobierno, sistema ambiental y sistema espacial), con un elemento núcleo demanda urbana, con un elemento transversal que es el soporte tecnológico y con factores de entorno que pueden influir en el equilibrio y funcionalidad de la ciudad (factores geopolíticos, sociales, económicos, tecnológicos y políticos a la ciudad). Cada elemento está relacionado entre sí, logrando ser un sistema funcional [3] (ver figura 1).

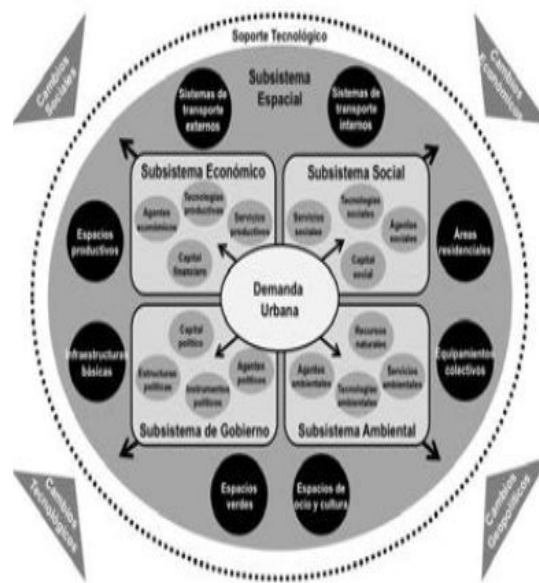


Figura 1. Esquema funcional de una ciudad.

En este apartado se explican los subsistemas que componen una ciudad contemporánea (sección 2.1), el concepto de demanda urbana (sección 2.2), y el soporte tecnológico como elemento transversal entre los subsistemas de la ciudad y la demanda urbana (sección 2.3).

2.1 Los Subsistemas de una ciudad

- El sistema económico de una ciudad contemporánea tiene como fin satisfacer las necesidades de empleo y bienestar de las personas, además ofrecer desarrollar competitividad para las industrias o empresas [3].
- El sistema social en una ciudad permite satisfacer las necesidades básicas y avanzadas de las personas que concurren en la ciudad. En este sistema se encuentran los sistemas de seguridad, sanidad, entre otras [3].
- El sistema de gobierno oferta la demanda urbana mediante la toma de decisiones y la gestión para el

bienestar social y para poder satisfacer sus derechos [5].

- El sistema ambiental busca satisfacer la demanda urbana a la preservación, desarrollo de un medio ambiente urbano y natural. Elevando así la calidad de vida de su población sin poner en riesgo la existencia y calidad de los recursos naturales para su disfrute y el de las próximas generaciones [6].
- El sistema espacial ofrece satisfacer las demandas urbanas al espacio físico de la ciudad. Su principales elementos son los sistemas de movilidad para desplazarse en la ciudad, los espacios para alojar actividades económicas, las infraestructuras ligadas a los servicios públicos, los espacios verdes, entre otras [3].

2.2 Demanda Urbana

La Demanda Urbana está compuesta por todas las personas, instituciones e industrias que plantean una serie de requisitos para poder desarrollar distintas actividades o necesidades en la ciudad.

El factor más importante de la demanda urbana es la población urbana. Esto se debe a que los habitantes son los que más demandas hacen para satisfacer sus necesidades (servicios de transporte, espacios verdes, infraestructuras, etc) [7].

En el 1900 sólo el 13% de la población mundial vivía en ciudades [8], esta crece exponencialmente alcanzando, en el 2014, el 54% y, según el informe reciente realizado por Naciones Unidas, se prevé que para 2050 llegará al 66% [9]. Esto expone un crecimiento considerables de las demandas urbanas y muestra los rasgos

más característicos de estos tipos de ciudades su complejidad, diversidad e incertidumbre.

2.3 Soporte Tecnológico

El soporte tecnológico tiene como objetivo utilizar tecnologías para asistir a los subsistemas de la ciudad. En la actualidad, existe un gran desarrollo de tecnologías, innovaciones e invenciones que permiten mejorar los diferentes subsistemas de la ciudad, con ello un nuevo término Ciudad Inteligente [3].

La ciudad de Tokio es un ejemplo de ciudad contemporánea que tiene una alta demanda urbana, donde la densidad es de 15.000 personas por kilómetro cuadrado [10]. Solo 20 millones de personas se desplazan por diferentes lugares de la ciudad en trenes [11]. Las innovaciones, desarrollo de infraestructuras y la utilización de la tecnología Internet de las cosas (IoT) logró que, a pesar de la complejidad de la superpoblación, los pasajeros puedan utilizar eficientemente esos servicios [12].

3. Rasgos característicos de las ciudades contemporáneas

Se pueden identificar tres grandes rasgos propios de las ciudades contemporáneas, que acompañan la mayoría de los fenómenos urbanos [3]:

Complejidad

La multiplicidad y la multidimensionalidad de los problemas urbanos históricamente ha dificultado las tareas de análisis y la formulación de políticas urbanas. Por lo tanto, conviene no obviar ni simplificar en exceso, sino que debe tratar de entenderse hasta donde sea posible para obtener una visión del sistema funcional urbano más informada y evolutiva en el tiempo.

Diversidad

La diversidad funcional está relacionada con la diversidad de los agentes urbanos. Cuanto más sofisticadas y dispares sean las funciones de una ciudad, más diversos serán los agentes que intervienen en las mismas. En una comunidad urbana democráticamente avanzada, las decisiones políticas son el producto de la influencia de muchos grupos. Por lo tanto, la diversidad es un activo importante de las ciudades si se gestiona adecuadamente mediante la conciliación de sus intereses en los procesos de toma de decisiones.

Incertidumbre

Todo aquel que se enfrenta con la tarea de prever el futuro de una ciudad sufre las limitaciones actuales de las herramientas de previsión de futuro, situación que se agrava si se opera en un entorno turbulento y muy cambiante.

Como respuesta a la incertidumbre, la prospectiva nos permite analizarla, valorarla y manejarla.

4. Concepto de ciudad inteligente

El término de "Smart City" o "Ciudad Inteligente" se utiliza para englobar una serie de conceptos y de ideas. Estos pueden ser técnicas avanzadas para resolver los problemas de la gestión de la ciudad o para el tratamiento de la información que continuamente genera [2]. Por ejemplo, un sistema de gestión del transporte público, que a partir de la información suministrada, se la puede utilizar para calcular el tiempo estimado de llegada de un colectivo o tren. Otros ejemplos podrían ser la gestión de los semáforos, la información sobre contaminación atmosférica, gestión de residuos, distribución del agua y otros servicios como la prevención de delitos con el uso de cámaras de seguridad.

Para que una ciudad pueda ser calificada como "inteligente" no alcanza con una utilización masiva y eficiente de las

tecnologías, sino que necesita que estas tecnologías sean utilizadas de acuerdo a los desafíos que tiene dicha ciudad. Antes dichos desafíos estaban relacionados con el suministro del agua, calidad del aire, el tránsito, la seguridad, pero hoy en día el calentamiento global es un problema que emerge como uno de los grandes desafíos para la humanidad [13]. Por lo tanto si una ciudad no pretende hacerle frente al calentamiento global haciendo uso de las mejores tecnologías disponibles, no podríamos llamarla "ciudad inteligente" [2].

5. Enfoques para abordar los retos de las ciudades inteligentes

Para que una iniciativa de ciudad inteligente sea considerada eficiente y sostenible en el tiempo, se deben considerar los tres rasgos clave de las ciudades contemporáneas –complejidad, diversidad e incertidumbre– por lo que cada uno de estos aspectos conforma un enfoque distinto [3].

Comprensión de la complejidad

Desde una visión holística, una ciudad inteligente no debe solamente perseguir fines específicamente tecnológicos, sino también otros aspectos como por ejemplo el progreso social, la regeneración ambiental, el impulso de la base productiva y la mejora del sistema de gobierno.

Incorporación de la diversidad

Una ciudad está compuesta por una gran variedad de personas, empresas e instituciones que operan de forma interrelacionada y que tienen necesidades muy distintas. Por lo tanto, una ciudad inteligente debe hacer uso de los avances tecnológicos para reconocer y diferenciar su perfil específico y para dar respuesta segmentada y cruzada a las necesidades de la demanda urbana utilizando enfoques tanto arriba-abajo como abajo-arriba.

Manejo de la incertidumbre

Una ciudad experimenta continuas dinámicas de cambio, muchas de ellas difíciles de predecir. Así pues, el gran reto es manejar y acotar la incertidumbre en ciudades cada vez más complejas. Una ciudad inteligente debería disponer de capacidades adaptativas para hacer frente a los cambios con ciertas garantías de éxito, utilizando herramientas de prospectiva .

6. Limitaciones y barreras tecnológicas en las ciudades inteligentes

Algunas dificultades tecnológicas que se presentan en el proceso de formación de una ciudad inteligente son:

- Las limitaciones judiciales en diferentes países por la protección de datos, no sólo resguardan la privacidad de los usuarios, sino que limita la explotación de datos en las tecnologías utilizadas en las ciudades [14].
- Se han registrado diferentes tipos de ataques cibernéticos en las diferentes ciudades inteligentes, esto se debe a que no hay un enfoque en la ciberseguridad y no existe aún una estandarización para las tecnologías aplicadas en ciudades inteligentes [15].
- Lograr la estabilidad en una ciudad inteligente es una limitación que debe ser considerada. El riesgo de querer imponer soluciones tecnológicas a ciertos problemas específicos, sin evaluar convenientemente su integración a las soluciones existentes, podría contribuir al rechazo de los ciudadanos u obtener efectos colaterales en las demás soluciones [16].

7. Iniciativas y proyectos tecnológicos reales de ciudades inteligentes

Las grandes ciudades del mundo ven a la tecnología como herramienta eficiente para

mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, como consecuencia de esto, existen diferentes tipos de iniciativas y proyectos tecnológicos que abarcan tanto a una como a varias ciudades [17].

En esta sección se exponen los casos de implementación y/o iniciativas tecnológicas en ciudades inteligentes junto con sus resultados.

7.1 Autobuses y semáforos inteligentes

Mejorar el tráfico de las ciudades es el eterno problema pendiente. Apostar por el transporte público, reducir las emisiones de los coches particulares y favorecer a los ciclistas son los tres pivotes del mismo reto.

En ciudades tan masificadas como Nueva York, el asunto se convierte en algo prioritario. La solución que ha desarrollado la administración de Bill de Blasio, actual alcalde de New York, está en los autobuses.

En 2014 ya se terminó de instalar un GPS en todos los buses de la flota, de manera que los usuarios pudieran consultar en una *app* el recorrido y la llegada del autobús. Incluso, era posible recibir un mensaje cuando el autobús se estuviera aproximando.

Pero el proyecto ha avanzado todavía más, con la colocación de sensores también en los semáforos. Así, el objetivo es que los buses adviertan automáticamente a los semáforos de cuándo se están acercando para que el verde se alargue o se anticipe. Esto sirve para priorizar su paso en las intersecciones y está permitiendo reducir el tiempo de viaje en bus alrededor de un 20%, lo que ayuda a potenciar el uso del transporte público [18].

7.2 Recolección Inteligente

7.2.1 CMOR (Rio de Janeiro)

La ciudad de Río de Janeiro, en conjunto con IBM, desarrolló el Centro Municipal de Operaciones de Río (CMOR) localiza 560 cámaras en la ciudad y otras 350 de concesionarias de servicios públicos y autoridades del sector público.

El software recopila estos datos usando algoritmos para identificar patrones y tendencias, incluyendo donde los incidentes son más probables [19].

Como resultado CMOR realiza una variedad de funciones destinadas a mejorar la eficiencia, seguridad y eficacia de las agencias gubernamentales pertinentes en la ciudad. Una parte importante del trabajo realizado se refiere a garantizar el buen funcionamiento de las operaciones cotidianas, como el transporte. La Compañía Municipal de Limpieza Urbana puede monitorear dónde están sus camiones y ejecutar una mejor recolección de basura, minimizando el consumo de combustible y mejorando los servicios de manejo de desechos [6].

7.2.2 BCN Smart City (Barcelona)

Gracias al proyecto BCN Smart City, Barcelona cuenta con una red de soluciones inteligentes, entre ellas una red de contenedores con sistemas inalámbricos. A través de un dispositivo transmiten una serie de señales que indican que han superado el 80% de su capacidad y necesitan vaciarse.

Mediante una red de comunicaciones móvil, las señales se envían hasta una aplicación de software basada en web controlada por la compañía de gestión de residuos. En el software desarrollado por MOBA, MAWIS U2.0, la capacidad

del contenedor se visualiza en un sistema de semáforos de colores, que se toma como base para planificar la mejor ruta para los camiones de recogida de residuos [20].

Así, los camiones van hasta los contenedores que realmente necesitan vaciarse. La recogida planificada de residuos ahorra tiempo, dinero y combustible y también reduce las emisiones de escape y los niveles de ruido que sufren los vecinos. MOBA calcula que las rutas de recogida de residuos se reducen en un 30% [10].

7.3 Transportes y logística inteligente

En Europa, las ciudades inteligentes están desarrollando el proyecto Transforming Transport, que tiene como objetivo el desarrollo de un sistema integral para el sector de la movilidad y la logística. Con la ayuda de empresas especializadas en Big Data, están desarrollando diferentes pilotos para autopistas inteligentes, flotas de vehículos, infraestructuras ferroviarias, puertos como centros logístico inteligentes, transporte aéreo eficiente, movilidad urbana multimodal y cadenas de suministro dinámicas [21].

7.4 Ahorro de energía

El ahorro de energía es una de esas ventajas que surgen de la eficiencia que propugnan las ciudades inteligentes. Este ahorro depende de la innovación en la tecnología y también de los hábitos de uso de las personas, por lo que hay que ofrecerles herramientas para que ellos se adapten [22].

Dentro de las ciudades inteligentes se encuentran las redes eléctricas inteligentes. Lo que permiten estas redes es adaptarse a las necesidades del usuario, ofreciendo un sistema energético sostenible y eficiente,

con bajas pérdidas y altos niveles de calidad.

Las redes inteligentes tienen la capacidad de recibir información en tiempo real, que es otra de las características que tiene una smart city en general, lo que ayuda a trabajar de forma más eficaz y adaptarse a las necesidades al momento, sin esperar a recibir informes que tardan días en llegar.

Uno de los ejemplos de este ahorro energético se encuentra en la ciudad de Málaga. En el proyecto de SmartCity Málaga se introdujeron las últimas tecnologías de control remoto, digitalización y automatización de la red. Esto consiguió que el consumo eléctrico se viera reducido en un 25%, además de otros logros, como la disminución de las emisiones de CO2 [22].

8. Conclusión

En relación a lo expresado en la sección anterior, se puede observar que muchos de los proyectos tecnológicos son llevados a cabo entre ciudades inteligentes y empresas especializadas en tecnología. Estos han alcanzado un alto grado de eficiencia en la resolución del problema que se plantearon resolver.

Sin embargo, la mayoría de estos proyectos son llevados a cabo de manera separada, por lo que esto dificulta aún más a los grandes retos de las ciudades inteligentes, como por ejemplo reducir la emisión de contaminantes, mejorar la eficiencia energética, o la relación costo-beneficio.

Debido a su complejidad, los mismos deben ser tratados de forma integral dentro de una ciudad inteligente, tomando medidas que, en su conjunto, tengan como objetivo resolver estos retos.

Además cabe destacar que las soluciones a largo plazo deben tener en cuenta la

relación entre, la demanda urbana y el crecimiento poblacional, ya que, teniendo en cuenta el informe realizado por las Naciones Unidas, se prevé que el crecimiento poblacional será de manera exponencial, y como consecuencia, un aumento significativo en la demanda urbana. Esto muestra que la incertidumbre es uno de los desafíos que tienen que atravesar las ciudades inteligente, debido a que, no sólo surgirán nuevas problemáticas (sobrecarga en los medios de transporte, problemas habitacionales, falta de espacios verdes, entre otras) sino también, pone a prueba la eficiencia, estabilidad e integración entre los nuevos proyectos-solución y las soluciones que ya han sido implementadas.

Como futuras líneas de trabajo, se pretende mantener la investigación de proyectos tecnológicos en ciudades inteligentes, analizando sus resultados.

En resumen, se han obtenido resultados sorprendentes gracias a la implementación de tecnologías dentro de proyectos en ciudades inteligentes, pero para poder enfrentar a los difíciles retos que surgen en la actualidad es necesario que los mismos funcionen con sinergia y con una visión holística de esos problemas.

Referencias

- [1] Observatorio Tecnológico de la Energía. Mapa Tecnológico “Ciudades Inteligentes”. IDAE. 04/2012. Disponible en: <https://goo.gl/AUo7Gb>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [2] Irastorza Ruigómez, Luis. Ciudades inteligentes: Requerimientos, desafíos y algunas claves para su diseño y transformación. Biblioteca UAM. 08/2015. Disponible en: <https://goo.gl/qJUve7>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [3] Fernández Güell, José Miguel. Ciudades Inteligentes: La mitificación de las nuevas tecnologías como respuesta a los retos de las ciudades contemporáneas. UPM. 2015. Disponible en: <https://goo.gl/5d18rR>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [4] William J. Mitchell. Ciudades Inteligentes. MIT. 08/2007. Disponible en: <https://goo.gl/1BTSiy>. Última fecha de acceso: 08/2018.

- [5] Josep Centelles. El buen gobierno de la ciudad. Disponible en: <https://bit.ly/2OIUmG3>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [6] Maria Victoria Pinzón Botero. La ciudad ambiental sostenible de la que se habla. ¿Utopía o realidad?. Universidad Nacional de Colombia. 05/2016. Disponible en: <https://bit.ly/2Op0dug>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [7] Plan Hidrológico de la cuenca del Segura. Anejos. Demanda urbana, industrial y servicios. Disponible en: <https://bit.ly/2nohoAH>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [8] José Ramón Moreno Pérez. La ciudad contemporánea. Disponible en: <https://bit.ly/2OW9VW0>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [9] Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo. Naciones Unidas. 07/2014. Disponible en: <https://bit.ly/2ff2Ym7>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [10] Carlos Zahumenszky. El apabullante tamaño de Tokio, la ciudad más grande del mundo. Gizmodo. 07/17. Disponible en: <https://bit.ly/2AZ7tuU>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [11] ExpokNews. Diferencias ambientales entre el transporte público en Tokio y la ciudad de México. 05/2013 Disponible en: <https://bit.ly/2MhqhtY>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [12] Innovation Japan. Smart Maintenance. JapanGov. Disponible en: <https://bit.ly/2xHJBui>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [13] Impactos ambientales: Calentamiento global. 11/2015. Disponible en: <https://bit.ly/2ozHzUg> Ultima fecha de acceso : 08/2018.
- [14] Luciano Gandolla. Conflictos entre el Big Data y la Ley de Protección De Datos Personales. Disponible en: <https://bit.ly/2gmatHK> Ultima fecha de acceso: 08/2018.
- [15] José Ángel Plaza López. 'Smart cities': Los ciberataque también fijan la mira en las ciudades inteligentes. Disponible en: <https://bit.ly/2t37Gpy> Ultima fecha de acceso: 08/2018.
- [16] Chavez Yupanqui Perez. Ciudades Inteligentes. Disponible En: <https://bit.ly/2vyVNKm> Última fecha de acceso: 08/2018.
- [17] Mariano Schuster. Ciudad Inteligente:entre la tecnología y la sostenibilidad.10/2017: Disponible en: <https://bit.ly/2zip6TY> Ultima fecha de acceso: 08/2018.
- [18] Cinco cosas de las ciudades inteligentes que nos harán la vida más fácil. 10/2016 Disponible en: <https://bit.ly/2OjWz4E> Ultima fecha de acceso : 08/2018.
- [19] ITF. Big Data and Transport. Disponible en: <https://bit.ly/2KgRVa1> Ultima fecha de acceso : 08/2018.
- [20] Cómo los sistemas de basura inteligentes reducen los costes de recogida. 02/2017. Disponible en: <https://bit.ly/2M6agb4> Ultima fecha de acceso : 08/2018.
- [21] Tercer Milenio. "El valor del Big Data en transporte y logística". 22/02/17. Disponible en: <https://bit.ly/2tF8vpL>. Última fecha de acceso: 08/2018.
- [22] Por qué las ciudades inteligentes son ciudades más eficientes. 02/2018. Disponible en: <https://bit.ly/2koWkbl> Ultima fecha de acceso : 08/2018.

Un recorrido por los Biosensores y sus aplicaciones en Latinoamérica

Barsesa Robeff S¹, Ruggia Dufour A², López R³.

Universidad Nacional del Chaco Austral, Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas

¹santirobeff@gmail.com, ²angelruggia@rocketmail.com, ³coocry15@gmail.com

Abstract

El trabajo presentado es una introducción al mundo de los sensores explicando qué son, cómo se clasifican y los principios básicos de su funcionamiento, para luego poder hacer hincapié en los denominados biosensores. Fue realizado para la cátedra de "Arquitectura de Computadoras" de la carrera "Ingeniería en Sistemas de Información" correspondiente a 2° Año, como un trabajo de investigación cuyo objetivo era explicar el funcionamiento de un elemento electromecánico; es por esto que nosotros elegimos los sensores y especialmente los biosensores con el fin de entender y aprender su funcionamiento y, cómo aprovechar sus funcionalidades y ventajas en la industria y otras áreas de aplicación. Para poder hacerlo hemos realizado un buceo bibliográfico en distintas publicaciones de artículos y tesis. Ello nos ha permitido conocerlos, estudiarlos y contextualizarlos a campos científicos e industriales diversos. Asimismo, acercarnos a los desarrollos en Latinoamérica y las proyecciones en el tema. Los biosensores constituyen un referente ante la irrupción de tecnologías de fabricación novedosas (micro y nanotecnologías) en los últimos años, así como los avances de las técnicas biotecnológicas.

Palabras Clave

Biosensores – caracterización – aplicaciones – Latinoamérica

1. Introducción

En nuestra carrera "Ingeniería en Sistemas de Información" nuestro objetivo es el análisis y el diseño de sistemas de información que permitan recoger información para poder utilizarla en la solución de problemas. Como es una ingeniería, uno de los objetivos principales que tenemos como ingenieros es el de prevenir los riesgos de vida y generar soluciones que minimicen este riesgo, animados por la interdisciplinariedad y convergencia de tecnologías.

Los sensores son dispositivos que recolectan información en tiempo real y utilizan esta información para realizar una

acción previamente programada que actúe en consecuencia a la información obtenida. Estos dispositivos son fundamentales en procesos industriales y sistemas automatizados para poder saber qué es lo que está pasando y en el caso de que se produzca algún inconveniente poder realizar las acciones necesarias para su corrección.

Hemos realizado este trabajo porque nos permite conocer los sensores y realizar un estudio sobre ellos pues consideramos que presentan posibilidades de aplicaciones en áreas variadas como la biomedicina (diagnóstico, seguimiento y tratamiento de enfermedades, etc.), la alimentación (calidad y seguridad alimentaria, control de procesos), el medio ambiente (detección de tóxicos y contaminantes) y la defensa (detección de explosivos, drogas, armas biológicas), entre otros y constituyen uno de los grandes impactos del mañana.

Desde el primer concepto de biosensor del año 62, el campo de investigación sobre biosensores ha ido creciendo de una forma imparable hasta convertirse en un área fundamental de trabajo, ante la perspectiva de dar respuesta a una demanda de la sociedad actual y futura al ofrecer nuevas técnicas de análisis que permiten dar soluciones rápidas, óptimas y a bajo costo a problemas reales para los que no se tiene una solución efectiva [4].

Los biosensores son unos tipos de sensores que captan información relacionada a procesos químicos y biológicos [5].

Una de las características fundamentales de los biosensores es la posibilidad de realizar el análisis del elemento a determinar en tiempo real y de forma

directa (sin necesidad de marcador) a diferencia de cualquier análisis biológico o clínico que requiere siempre un marcador (ya sea fluorescente o radioactivo) [3].

La necesidad de llevar a cabo determinaciones analíticas de manera rápida, selectiva y con elevada sensibilidad ha dado lugar a la aparición y amplio desarrollo de estos dispositivos analíticos que convierten una respuesta química o biológica a una señal eléctrica, conformando la tecnología de biosensores, o quizá más correcto, las tecnologías de biosensores. Esta rama científica, han experimentado un notable avance en los últimos años, suponiendo potentes herramientas de análisis con numerosas aplicaciones en la industria agroalimentaria, en el sector agrícola, en procesos industriales, en el área de la química clínica, salud y terapia, en veterinaria, en la producción farmacéutica y en el control del medio ambiente, debido a las urgentes necesidades de disponer de más y mejor información analítica en condiciones no convencionales. Además, permiten su aplicabilidad a la monitorización de datos en tiempo real destacándose en características tales como la fiabilidad, la selectividad, la sensibilidad, la portabilidad, el costo accesible y una importante penetración en el mercado.

El número de publicaciones científicas, revisiones y patentes sobre biosensores desarrollados en los últimos años es muy elevado, lo que refleja el gran interés que despierta este tema en la comunidad científica.

El presente artículo tiene como objetivo mostrar los resultados de la investigación sobre biosensores realizada, introducir en los fundamentos de los biosensores, comprender su evolución en el tiempo, describir los adelantos de esta tecnología en Latinoamérica y proyectar en la carrera, hacia desarrollos cuyas aplicaciones puedan ayudar a la vida de las personas.

2. Concepto y Evolución de los biosensores

El término biosensor se aplica para denominar a todos aquellos dispositivos de análisis que están integrados por un elemento de reconocimiento biológico o biomimético (enzimas, anticuerpos, tejidos celulares, organelas, aptámeros, etc.) y un sistema de transducción cuya función es procesar y transmitir la señal originada en la interacción analito - elemento de reconocimiento.

Jiménez L. [4], define un biosensor como una herramienta o sistema analítico compuesto por un material biológico inmovilizado tal como una enzima, célula entera, orgánulo, o combinaciones de los mismos, en íntima relación con un sistema transductor que convierte la señal bioquímica en un señal eléctrica cuantificable. Así, un biosensor está formado por dos partes bien diferenciadas. Un elemento de reconocimiento molecular o iónico (receptor) que interacciona selectivamente con un determinado componente de la muestra (analito), y un elemento instrumental (transductor) que traduce la interacción en una señal eléctrica procesable por una computadora. Ambas partes pueden encontrarse más o menos integradas, pero en todo caso conectadas, ya que la señal primaria generada en la reacción de reconocimiento (de tipo electroquímico, óptico, térmico o másico) será convertida por el transductor en una señal secundaria. Cuando el material receptor tiene una procedencia biológica (enzimas, anticuerpos o ADN), los sensores químicos son denominados biosensores [13].

El receptor es la parte del biosensor que mantiene contacto directo con el analito. Es un elemento biológico que funciona como elemento de reconocimiento que entra en contacto directo con el compuesto químico (analito) que nos interesa detectar. El transductor es el encargado de transformar la magnitud física medida, en él se encuentra inmovilizado o retenido el material biológico y debe permitir la conversión de la interacción del analito con el receptor en una respuesta eléctrica

relacionada con la magnitud medida que luego es amplificada o procesada para que la computadora lo entienda. El transductor determina la eficacia en el procesado de la señal del biosensor. La selección de un transductor se define por la particularidad de la interacción del componente biológico con el analito. Lo ideal es que los dispositivos de este tipo respondan continua y reversiblemente al analito de interés sin alterar la muestra, eliminando así la necesidad de su pretratamiento e incluso su recogida. (Figura 1 y 2).

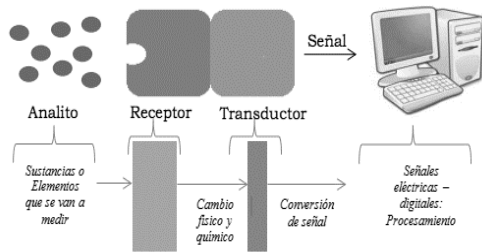


Figura 1.: Esquema de un biosensor. Elaboración propia

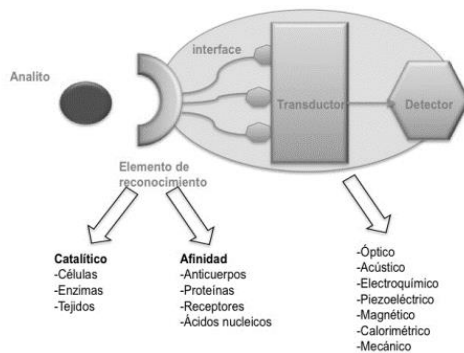


Figura 2.: Sistema de Reconocimiento.

El término biosensor aparece en la literatura científica a finales de los años 70, aunque el concepto básico e incluso la comercialización comenzó antes. El primer biosensor fue un analizador de glucosa desarrollado por Clark y Lyons en 1962 y comercializado a partir de 1975 por Yellow Springs Instrument Company. Este biosensor se denominó “enzyme electrode” y consistía en una enzima glucosa oxidasa acoplada a un electrodo para oxígeno. [Lejia]

La enzima oxida la glucosa y como consecuencia se produce un descenso proporcional de la concentración de oxígeno en la muestra, que es detectado por el electrodo. En los años siguientes se desarrollaron electrodos enzimáticos para distintas sustancias de interés clínico mediante la unión de enzimas apropiadas a sensores electroquímicos.

El término biosensor comenzó a utilizarse a partir de 1977 cuando se desarrolló el primer dispositivo utilizando microorganismos vivos inmovilizados en la superficie de un electrodo sensible a amonio. Este dispositivo se utilizaba para detectar el aminoácido arginina y sus creadores lo denominaron “sensor bio-selectivo” [pigamollon]. Posteriormente para acortar, se denominó “biosensor” y este término ha permanecido desde entonces para designar la unión entre un material biológico y un transductor físico. Desde entonces, el diseño y las aplicaciones de los biosensores en distintos campos de la química analítica ha continuado creciendo. El desarrollo de los biosensores se ha estado centrado principalmente en el campo del diagnóstico clínico (con un gran éxito de los biosensores para glucosa) y existe un interés actual en los campos medioambiental, agroalimentario, químico, farmacéutico y militar.

¿Qué características tienen los biosensores? Las principales características de los biosensores son[ortega]:

- Alta selectividad: El dispositivo interacciona exclusivamente con el compuesto de interés y no con otros de propiedades similares
- Alta fiabilidad: El biosensor no está sujeto a fallos frecuentes durante su funcionamiento y a lo largo de su vida útil.
- Tiempo de vida largo: Los biosensores, dependientemente de el tipo de aplicación o funcionamiento que poseen, tienen un tiempo de vida considerable, en el que el sistema funciona de forma continua, sin cambiar sus prestaciones.
- Costo accesible: Debido a que la producción de la mayoría de estos

dispositivos puede ser realizada en forma masiva, muchos de estos sistemas tienen un precio muy accesible.

➤ **Tiempo de análisis corto:** Muchos biosensores consumen pocos minutos en cuantificar el compuesto de interés y no precisan un período de espera largo hasta el siguiente análisis.

➤ **Pretratamiento de las muestras innecesario** que permiten eliminar interferencias y asegurar la presencia de una cantidad suficiente del analito en el pequeño volumen utilizado.

➤ **Manejo sencillo:** Estos dispositivos no requieren de personal cualificado.

➤ **Portabilidad:** Son de fácil traslado, para que sea posible realizar el análisis en un determinado lugar.

➤ **Análisis en tiempo real:** Permiten controlar los parámetros deseados de forma inmediata y automática.

➤ **Automatizable:** Prescindir del control manual de estas unidades facilita su integración dentro de los sistemas que monitorizan los procesos industriales.

➤ **Miniaturizable:** Debido a los desarrollos en microelectrónica y nanotecnología se han logrado reducir las dimensiones de estos dispositivos.

De acuerdo con Ortega A. y colaboradores [12], si bien no todos poseen la totalidad de los aspectos mencionados, la presencia de varios de estos atributos en combinación, sitúa a los biosensores en ventaja frente a otras técnicas de análisis convencionales.

2.1. Clasificación

Los biosensores se pueden clasificar de acuerdo al tipo de bioreceptores y transductores según Rumayor González V. y colaboradores [15], donde el bioreceptor es un elemento que utiliza un mecanismo químico o bioquímico para el reconocimiento y es el responsable de la unión del analito de interés, mientras que el transductor es un elemento o dispositivo que tiene la misión de traducir o adaptar un tipo de energía en otro más adecuado para el sistema, es decir convierte una magnitud

física, no interpretable por el sistema, en otra variable interpretable por dicho sistema.

Siguiendo a Rumayer González V., se pueden mencionar varias clasificaciones, tal como lo describe la siguiente figura (Figura 3):

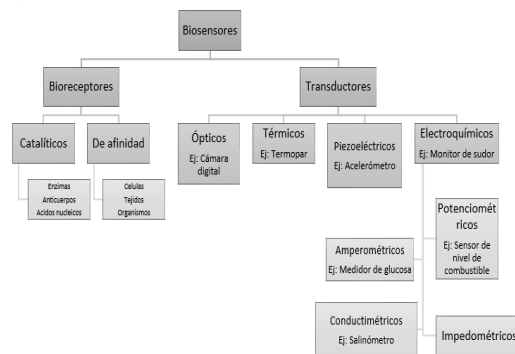


Figura 3.: Clasificación de Biosensores según el bioreceptor y el biosensor – Elaboración propia.

- **Bioreceptores Catalíticos:** el mecanismo de reconocimiento se basa en la unión y posterior reacción de catálisis del sustrato específico de cada componente biológico. El seguimiento de la reacción se puede realizar mediante la detección de la formación de uno de los productos de la desaparición de uno de los reactivos de partida. Dentro de esta categoría se encuentran los bioreceptores enzimáticos, celulares, tisulares y de microorganismos.
- **Bioreceptores de afinidad:** se basan en la unión específica del analito al elemento de reconocimiento biológico mediante interacciones de afinidad; además, dicha unión permite la separación selectiva de determinados componentes de muestras complejas de biomoléculas. El seguimiento de las interacciones de afinidad se lleva a cabo mediante la medida de los cambios en las propiedades ópticas o eléctricas asociados a dichas interacciones. Esta categoría está formada por inmunosensores, cuyo componente biológico son los anticuerpos, los genesensores, constituidos por secuencias de ADN o ARN y biosensores fabricados con determinados bioreceptores hormonales.

Los biosensores se pueden clasificar por su método de transducción según M.T. Márquez M., [8]:

- **Ópticos:** se basan en la medida de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, la cual puede originar variaciones en intensidad, amplitud, polarización, frecuencia, velocidad de la radiación, etc.
- **Térmicos:** su principio básico consiste en medir los cambios de temperatura que tienen lugar durante las reacciones, los cuales son proporcionales a la entalpía molar y a la concentración de las especies implicadas en dichas reacciones.
- **Piezoeléctricos:** están basados en el cambio de la frecuencia de resonancia característica de un cristal piezoeléctrico, cuando tiene lugar una variación de masa en su superficie. Estos cristales pueden vibrar a una determinada frecuencia cuando son sometidos a una señal eléctrica de frecuencia específica, por lo que, la frecuencia de resonancia del cristal depende tanto de la frecuencia de la señal eléctrica aplicada como de la masa del cristal.
- **Electroquímicos:** el sistema de transducción mide el cambio en las propiedades eléctricas del medio (corriente, potencial, conductividad, etc.) produciendo como consecuencia de la reacción de reconocimiento entre el componente biológico y su sustrato. Estos transductores se pueden clasificar a su vez en:
 - Amperométricos
 - Potenciométricos
 - Conductimétricos
 - Impedométricos

En función de la propiedad eléctrica medida por el transductor, la clasificación se realiza según la naturaleza del elemento de reconocimiento[12]:

- **Enzimas:** Las enzimas son proteínas que catalizan reacciones químicas en los seres vivos. En una reacción catalizada por una enzima se produce una unión del sustrato en una región concreta de la enzima denominada centro activo, que comprende un sitio de unión y un sitio catalítico. La actividad enzimática está controlada normalmente por el pH, la fuerza iónica, la temperatura y la presencia de cofactores. La estabilidad de las enzimas es un factor

limitante para el tiempo de vida de un biosensor de tipo enzimático y se utilizan distintas técnicas para aumentarla, como estabilización química y/o inmovilización.

- **Células Completas:** Pueden ser células bacterianas, fúngicas, protozoos o células procedentes de organismos superiores y pueden ser viables o no viables. En este caso en lugar de purificar las enzimas se utiliza como elemento biológico una célula completa, que posee en su interior múltiples sistemas multienzimáticos en su medio natural.

- **Orgánulos Subcelulares:** En ocasiones en lugar de utilizar células completas o sistemas multienzimáticos aislados, pueden utilizarse orgánulos subcelulares, que contienen determinados sistemas enzimáticos completos, pero no poseen todos aquellos que presenta una célula completa, como es el caso de cloroplastos completos, tilacoides o mitocondrias.

- **Tejidos:** Existen determinados tejidos vegetales que debido a su función fisiológica en el organismo son una fuente de determinadas enzimas o sistemas enzimáticos. Pueden utilizarse distintos tejidos como hojas, raíces, frutas o semillas, en rodajas o bien en forma de homogeneizados. Suelen ir asociados a transductores electroquímicos.

- **Lectinas:** Las lectinas son un grupo de proteínas que se unen de manera selectiva y reversible a distintos sacáridos, como los oligosacáridos que se encuentran en las paredes celulares bacterianas. Son moléculas de reconocimiento fácilmente disponibles y económicas que pueden asociarse a distintos transductores como transductores piezoeléctricos o de resonancia de plasmones superficiales.

- **Anticuerpos:** Un anticuerpo es una proteína que se une de manera selectiva a una molécula complementaria denominada antígeno, que en este caso corresponde al analito. La mayor parte de los biosensores de bioafinidad se basan en reacciones de unión de antígenos a anticuerpos específicos. La detección de cada antígeno requiere la producción de un anticuerpo

particular, su aislamiento y en ocasiones su purificación.

- **Ácidos Nucleicos:** Los biosensores para el análisis de ADN se basan en el proceso de hibridación, que es la unión de una cadena de ADN con su cadena complementaria. Estos biosensores, también conocidos como “gene chips” se usan para el reconocimiento y cuantificación de ADNs en muestras de interés. Pueden acoplarse sistemas de transducción ópticos, gravimétricos o electroquímicos.

Se han encontrado otras clasificaciones (Figura 4) [3] más generales, que si bien no se describen, son interesantes de tener presentes:



Figura 4.: Clasificación de Biosensores [3]

3. Aplicaciones en Latinoamérica

El desarrollo de la actividad de este trabajo consistió en la realización de búsquedas de información digital, empleando fuentes primarias y secundarias sustentadas en Bases de Datos especializadas como Scielo (www.Scielo.org), Readlyc (www.redalyc.org) y Dialnet (<https://dialnet.unirioja.es>), pues sus accesos son libres sin suscripción o registro alguno. Otro de los caminos usados para obtener data fue el motor de búsqueda académico Scholar Google. La información hallada fue la mayor parte en español, tratando de centrarnos en las

divulgaciones más actuales (2013 en adelante).

Al tener diferentes aplicaciones, los biosensores se usan en diferentes áreas. El área en el cual está más orientado es en la medicina, en un 95%, luego en el 5% restante se encuentran las áreas como la industria alimentaria, la agricultura y el control del medioambiente entre otras.

A continuación, enunciamos algunas implementaciones y desarrollos en Argentina y algunos países de Latinoamérica que solucionan varios problemas, teniendo en cuenta que en una misma área se pueden encontrar diferentes soluciones.

En el área de la Medicina, el INTI y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) han desarrollado un dispositivo que detecta enfermedades infecciosas a bajo costo. Este biosensor fabricado por permite determinar la presencia de enfermedades a través de un diagnóstico genético.[19].

En el mismo campo de aplicación, el monitoreo sistemático de antibióticos ha sido considerado una acción esencial para individualizar la dosificación y asegurar un tiempo óptimo en el tratamiento de shock séptico en enfermos críticos, en el trabajo “Monitorización terapéutica de antibióticos. Nuevas metodologías: biosensores” realizado por autores chilenos. [17]

La detección de moléculas de interés biológico es un tema de gran interés desde el punto de vista de su aplicación en ciencia y medicina. En los últimos años ha sufrido un enorme progreso debido al desarrollo de dispositivos electrónicos basados en materiales carbonosos tales como grafeno o nanopartículas de metales nobles. En particular, resulta de sumo interés poder detectar la molécula de dopamina, importante neurotransmisor que cumple un rol significativo en distintos sistemas del cuerpo humano. En este caso se han estudiado, mediante métodos teóricos, las propiedades que caracterizan la adsorción de la molécula biológica dopamina sobre materiales utilizados en sensores de

moléculas tales como grafeno, grafeno dopado o metales nobles. [14]

Otro trabajo en el campo de la salud es el de “Electrodos para la detección electroquímica de triglicéridos” [20] que describe el diseño de prototipos de electrodos para la detección de triglicéridos, la detección del cambio de pH en la reacción de hidrólisis o la detección de glicerol. El biosensor se basó en la oxidación electroquímica del glicerol producido en la hidrólisis de triglicéridos catalizada por el derivado inmovilizado con el fin de mejorar la respuesta electroquímica.

Estudiantes mexicanos del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) [18] desarrollaron un biosensor de glucosa que no requiere pinchazos para calcular los niveles de azúcar de las personas con diabetes. El dispositivo ayuda a evitar infecciones transmitidas por lancetas contaminadas y favorece a quienes tienen problemas de coagulación de sangre. El biosensor es una pulsera que contiene dos electrodos que están debajo de la muñeca. Estos son los encargados de extraer la glucosa de la piel a través de flujos electrosmóticos, es decir, aplicando una pequeña corriente eléctrica.

Otros trabajos que ofrecen aportes al estudio de aplicaciones con biosensores son:

- Modelado y obtención de biosensores de un bioparche inteligente como posible tratamiento a infecciones en quemaduras [18]
- Biosensor empleado en la detección de melanomas [2]
- Biosensor Gravimétrico para determinar metilación del Gen FTO en Muestras de ADN de Sujetos con Obesidad [9].

En cuanto al campo agroalimentario, el uso de los biosensores se orienta hacia las áreas de seguridad, calidad alimentaria y control de procesos industriales, destacándose aplicaciones tales como:

El biosensor para medir la graduación alcohólica del vino [10] que optimiza los tiempos de medición en la industria vitivinícola y es el primer desarrollo de NovoSens, uno de los proyectos alojados en la Incubadora de Empresas de la UNC.

La determinación de cadmio en leches crudas usando un biosensor amperométrico [1] constituye otro desarrollo aplicativo. Las leches crudas pueden tener varios tipos de residuos químicos peligrosos, como las aflatoxinas, plaguicidas y metales pesados. Cuando el procesador de la leche cruda la recoge en los hatos lecheros no puede saber inmediatamente si esta leche cruda tiene un riesgo para la salud de las personas, hasta que sea analizada en el laboratorio. El biosensor amperométrico, demostró ser una herramienta eficaz y rápida para la determinación de cadmio en leches, lo que puede ayudar a un mejoramiento de la calidad de ésta.

El estudio de los residuos de plaguicidas presentes en alimentos ha sido una tarea de investigación constante y cada vez el monitoreo analítico cobra mayor importancia, está más normalizado y demanda técnicas de seguimiento in situ y en tiempo real. Los biosensores, constituyen una herramienta de gran precisión y exactitud para los sistemas de monitoreo. Esta premisa es parte del trabajo “Detección de pesticidas en frutas” [6] relacionando las técnicas, métodos de extracción y tendencias alternativas innovadoras.

Otras investigaciones en el área se sintetizan a continuación:

- Desarrollo de biosensores para la detección de patógenos en alimentos [16]
- Fabricación de un biosensor a partir de PVA para uso en productos cárnicos [7]

Otra área de impacto en el desarrollo de sensores es en el medio ambiente, ante presencia de contaminantes orgánicos, compuestos orgánicos persistentes (plaguicidas, bifenilos policlorados, hidrocarburos policíclicos aromáticos, entre

otros), metales pesados, compuestos genotóxicos y disruptores endocrinos.

La contaminación que convierte el agua en no potable, puede variar desde un único tóxico principal (arsénico) hasta una mezcla enormemente compleja de tipos y abundancia de sustancias como las presentes en diversas cuencas hidrográficas. Utilizando herramientas de biología sintética se ha diseñado un biosensor específico para detectar arsénico en agua de consumo. El diseño del dispositivo es modular y permite, introduciendo pequeños cambios al sistema, detectar otro tipo de contaminantes presentes en agua. [11] [12]

Los biodetectores ambientales, de acuerdo con el tipo de técnica empleada, pueden ser clasificados en bioensayos y biosensores.

Y en el agro, los biosensores se han introducido como parte de sistemas de monitoreo. Utilizando tecnologías modernas y modelado del interior del silo se diseñó un sistema económico de medición del estado de conservación del grano un silo bolsa. El producto consiste en dispositivos auto instalables colocados en el silo y una herramienta web capaz de recolectar mediciones de humedad, temperatura y concentración de dióxido de carbono y reportar alarmas en forma autónoma [21].

Se han mencionado y descripto algunas de las muchas aplicaciones que en la actualidad nos han posibilitado la comprensión de la temática y el alcance científico y social. Dada la cantidad de información encontrada, se ha intentado incluir las investigaciones y desarrollos latinoamericanos que resultaron interesantes para nuestra formación.

4. Conclusión y Trabajos Futuros

En Latinoamérica, el desarrollo y uso de biosensores está adquiriendo gran relevancia como herramienta de monitoreo, de alarma temprana y de previsión ante riesgo. El número de publicaciones

científicas, revisiones y patentes sobre biosensores desarrollados en los últimos años es elevado, y se perfila como vanguardia en la industria.

Nos han quedado muchos caminos inexplorados y posibilidades de ampliar el tema. Consideramos poder realizar una claisficación pormenorizada por fechas, procedencias y campos de aplicación, así como por logros y resultados obtenidos desde las experiencias descriptas.

La investigación realizada nos ha permitido acceder a un panorama global de los biosensores y su actualidad, que pretende ser guía de acciones futuras. Conocer qué son, cómo operan, cómo se clasifican y la gama de problemas que pueden encontrar soluciones a partir de su desarrollo e implementación nos posicionan frente a un gran desafío social, mejorar la calidad de vida.

Agradecimientos

Inmensamente agradecidos con Ing. Zachman Patricia, por darnos la posibilidad de acudir a ella en búsqueda de esclarecimiento y por la ayuda prestada para realizar este trabajo

Referencias

- [1] Carvajal Acevedo, S. Rodríguez Loaiza, D. Catalina; Peñuela Mesa, G. (2012) Biosensor que mide la cantidad de glucosa en la sangre a través de la piel. Disponible <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69524955015>
- [2] Gabriel M. (2016) Química, biomimética y biosensores, biosensor empleado en la detección de melanomas. The Journal of The Argentine Chemical Society,
- [3] González C. (2017) Clasificación de los sensores y transductores. Consultado 10/07/18 <https://es.scribd.com/doc/52731537/2-1>
- [4] Jimenez, C y Leon P. (2009) Biosensores: Aplicaciones y Perspectivas en el control y calidad de procesos y Productos Alimenticios Disponible <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a17.pdf>
- [5] Lejía L. (2016) Métodos de procesamiento avanzado e inteligencia artificial en sistemas sensores y biosensores. Editorial Reverte. México

[6] Maldonado Obando, J. Caballero Pérez A. (2016) Estado del arte de los métodos para detección de pesticidas organoclorados en frutas.

http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/2700

Colombia

[7] Marín M. Zapata A. Quintero L. Mejía M. (2015) Fabricación de un biosensor a partir de PVA para el uso en Productos Cárnicos. Revista Química Viva Num. 5

[8] Marquez M.T (2017) Desarrollo de Biosensores para el control de parámetros bioquímicos. <https://hera.ugr.es/tesisugr/26768161.pdf>

[9] Marquez Arenas P. González Martienez H. (2016) Implementación de Biosensor Gravimétrico para Determinar Metilación del Gen FTO en Muestras de ADN de Sujetos con Obesidad. Memorias Del Xxxix Congreso Nacional De Ingeniería Biomédica /Vol. 3 Núm. 1

[10] Mendoza M. (2016) Biosensor para medir la graduación alcohólica del vino. Universidad Nacional de Córdoba Disponible <http://www.unciencia.unc.edu.ar/2016/agosto/desarr-ollan-un-biosensor-para-medir-la-graduacion-alcoholica-del-vino>

[11] Nadra A. (2017) SensAR: producto innovador, experiencia excepcional. Departamento de Química Biológica, Facultades de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, IQUBICEN – Conicet.

[12] Ortega A., Russo B, Acero A. Loren J. Ruiz O. (2015) Tecnología de los biosensores en la medida de la calidad del agua. España. Disponible: <http://www.uco.es/jia2015/ponencias/c/c031.pdf>

[13] Pigmallon Carrazón J. (2005) Aplicaciones de biosensores en la industria agroalimentaria. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001695.pdf>

[14] Rossi Fernandez A. (2018) Nuevos materiales utilizados para la detección de moléculas complejas en biosensores. Repositorio de la Universidad Nacional del Sur. Disponible: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4367>

[15] Rumayor González V., García Iglesias M., Ruiz Galán O., Gago Cabezas L., (2005) Aplicaciones de Biosensores. Fundación para el conocimiento-Madrid CEIM.

[16] Sánchez Gutiérrez F. Casados Vázquez J. Barboza Corona E. (2017). Desarrollo de biosensores para la detección de patógenos en alimentos. Jóvenes en la ciencia, vol 3, núm. 2.

[17] Soto D. Sila C. Andresen M. Soto N. (2015) Monitorización terapéutica de antibióticos. Nuevas metodologías: biosensores . Departamento de Medicina Intensiva, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. Revista médica de Chile Vol 143 - ISSN 0034-9887

[18] Venegas JM. (2017) Modelado y obtención de biosensores de un bioparche inteligente como posible tratamiento a infecciones en quemaduras. Revista JÓVENES EN LA CIENCIA, Vol 3, Núm. 2 Universidad de Guanajuato

[19] Ybarra G. Radrizzani M. Mass M. (2017) Biosensores para detectar enfermedades infecciosas a bajo costo, Disponible <https://www.infobae.com/play-tv/2017/03/14/el-dispositivo-que-detecta-enfermedades-infecciosas-a-bajo-costo/>

[20] Zon A. (2014) Desarrollo de un biosensor electroquímico para determinación de triglicéridos basado en un compuesto de lipasa/magnetita-quitosano/nanopartículas de óxido de cobre/nanotubos de carbono. Congreso; XXI Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Electroquímica (SIBAE). Disponible: <https://www.conicet.gov.ar/>

[21] Vaccaro L. (2015) Dispositivo de Telemetría para el Monitoreo de la Calidad del Grano en un Silo Bolsa. Disponible: <https://inta.gov.ar/>

Datos de Contacto:

Joaquín Barsea Robeff. Universidad Nacional del Chaco Austral. santirobeff@gmail.com. Angel Ernesto Ruggia Dufour, Universidad Nacional del Chaco Austral. angelruggia@rocketmail.com. Rodrigo Nahuel López Universidad Nacional del Chaco Austral. coocry15@gmail.com

Diseño y Construcción de una Impresora 3D Auto-replicable Controlada Inalámbricamente: Prototipado de Piezas Plásticas mediante Software Libre

Franco Spoto, Marcelo de la Peña

Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana. Av. Ovidio Lagos 944, Rosario, Santa Fe, Argentina.

francoignacio.spoto@gmail.com

marcelodelape@gmail.com

Resumen

En Argentina existe una escasa cultura tecnológica del Prototipado Rápido, la cual está siendo explotada al máximo en otros países, sobre todo en la manufactura, logrando reducir los costos, minimizando la cantidad de insumos y ahorrando el tiempo empleado. Por esta razón el siguiente artículo presenta una investigación de una Impresora 3D que permite producir modelos tridimensionales físicos a partir de un modelo virtual diseñado en un programa CAD.

La función principal de la máquina se inicia con un modelo computarizado del objeto a reproducir, luego el material plástico es aplicado capa por capa hasta que el objeto termina de imprimirse. La máquina está constituida por cuatro mecanismos: X, Y, Z (formado por una plataforma móvil) y el mecanismo extrusor, el cual tiene la función de extruir un filamento plástico a través de un fundidor.

Palabras clave: Impresora 3D; Diseño; Prototipado rápido; Deposición de Hilo Fundido (FDM); Tornillo de Potencia; Motores a Pasos; Arduino; Drivers; Códigos G; Tecnología CAD/CAM.

1. Introducción

Las Impresoras 3D son una herramienta fundamental en el diseño y desarrollo de productos puesto que permiten realizar todo tipo de testeos del mismo antes de lanzarlo al mercado, convirtiéndose la impresión 3D en una alternativa más rápida y económica. Existe un conjunto muy amplio de tecnologías empleadas para la fabricación rápida de prototipos en impresoras 3D. La técnica en la cual se basa la máquina es la de Deposición de Hilo Fundido (FDM) [1]. Esta técnica consiste en desenrollar un filamento de plástico de una bobina y abastecer el material hacia una boquilla de extrusión, la boquilla se alimenta con el filamento que es calentado a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión del material. La boquilla deposita una fina capa de plástico una encima de

otra hasta terminar completamente la pieza. El material fundido se solidifica al ir haciendo contacto con la superficie donde el material se va uniendo para obtener un sólido. La impresora 3D consta de un extrusor y un sistema de movimiento CoreXY. Para formar la primera capa la máquina realiza una combinación de movimientos a través de sus mecanismos para cada coordenada, depositando el material con la trayectoria requerida. Después, se repite el procedimiento para que el extrusor deposite la segunda capa sobre la primera y así sucesivamente.

1.1 Ventajas de la impresión 3D [2]:

Entre las principales ventajas de la impresión 3D tenemos: aumentar la innovación, mejorando los diseños y repetir el ciclo hasta que los diseños sean perfectos; mejorar la comunicación, disponiendo de un modelo en 3D realista a color, para transmitir mucha más información que con una imagen de ordenador; crear modelos físicos en 3D rápidamente de forma sencilla y asequible para una amplia variedad de aplicaciones; reducir los costos de desarrollo, recortando los costos del prototipado y las herramientas tradicionales, identificar con anterioridad los errores de diseño.

2. Diseño mecatrónico de la maquina

2.1 Parámetros de diseño

Se parte de la estructura de la Impresora BCN3D Sigma existente en el mercado con una mejora en el eje Z para dar mayor rigidez y precisión, Fig.1.

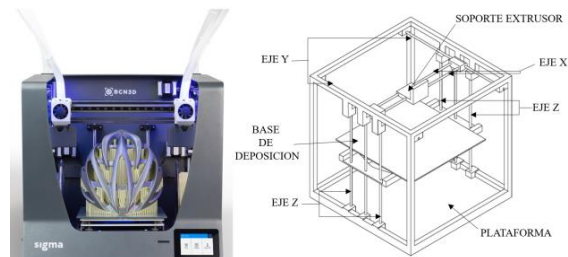


Figura 1. Impresora 3D BCN3D Sigma

En base a las especificaciones de las Impresoras 3D disponibles en el mercado, se establece los siguientes parámetros:

- Accionamiento de la máquina: Eléctrico a 220 V AC.
- Tamaño de la máquina: (500x500x500) mm³.
- Volumen máximo de impresión: (350x350x300) mm³.
- Estructura mecánica: rígida y liviana. Material de extrusión:
- Filamento plástico de PLA (ácido poliláctico). Tipo de Software: Software de Plataforma Libre (Marlín Versión 1.1.9).
- Temperatura de trabajo: 200°C (según la temperatura de extrusores comerciales).
- Características especiales: Display Táctil MKS TFT 2.8", Modulo detector de filamento, Modulo detector de corte de suministro eléctrico, Modulo wifi para control inalámbrico, Lector de memorias SD, USB. Drivers en eje X e Y Trinamic TMC2130 conectado en modo SPI v1.1, funcionando en modo spreadcycle sin finales de carrera mecánicos en dichos ejes.

Tabla I. Posibles componentes para la estructura

MATERIAL	LIMITE ELASTICO [Mpa]	TENSION DE ROTURA[Mpa]
Acrílico	3200	75
MDF	3590	35,85
Perfil T-Slot	70326	249,3

Utilizando las herramientas de fabricación digital y realizando una búsqueda externa, algunas de las opciones más comunes para la construcción de la estructura se pueden apreciar en la TABLA I. Se decide seleccionar perfiles 2020 T-slot de aluminio por su rigidez, facilidad de configuración y accesorios disponibles que permiten una gran flexibilidad y reconfigurabilidad para el sistema

2.2 Diseño del Mecanismo Extrusor [3]

El tipo de extrusión seleccionada es bowden, es un sistema para transmitir el filamento de la bobina hasta el extrusor, a través de un tubo (normalmente PTFE u otro material que deslice el filamento) para que lo guíe, pero sin tener que poner el motor al lado del extrusor. La gran ventaja que esto nos aporta en una impresora es que podemos dejar el extrusor en el carro de impresión (el cual se irá moviendo) pero tendremos el motor fijo en nuestra

carcasa. El tubo tiene que ser flexible para llegar siempre desde el motor al extrusor y de un diámetro un poco mayor que el filamento (para que este pase, pero no se doble dentro). De esta forma reducimos la masa que movemos (y por lo tanto la inercia) y también se reducen las vibraciones. Con todo esto podemos obtener velocidades de impresión superiores a un extrusor directo. El hotend utilizado es el e3d-v6 universal de 1.75mm con tubo de ptfé interno para evitar atascos a la hora de utilizar materiales que funden a distintas temperaturas. En la siguiente imagen se puede apreciar los elementos que componen al sistema bowden Fig. 2.

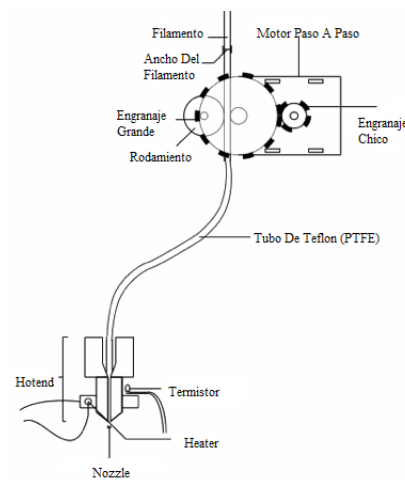
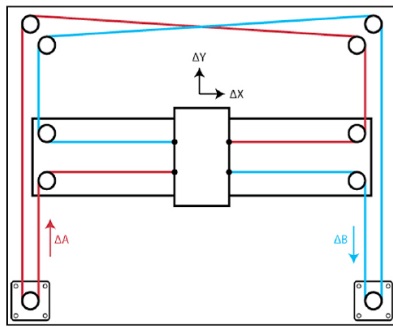


Figura 2. Elementos que componen al sistema de extrusión bowden

2.3 Selección de la cinemática

Se optó por elegir la cinemática CoreXY. El sistema CoreXY [4] nos permite mover una plataforma en los ejes X e Y, pero manteniendo los motores en la estructura fija. Fig.3 Las principales características de esta tecnología son su velocidad, sencillez y adaptabilidad. La velocidad la conseguimos gracias a que los motores están en la parte fija de la estructura y por lo tanto no tenemos que moverlos. Normalmente los motores son las piezas más pesadas y por lo tanto la que tiene mayor inercia. Si nuestra inercia se reduce, podemos conseguir una mayor aceleración y por lo tanto alcanzar la velocidad máxima más rápidamente y en menor espacio.



Equations of Motion:
 $\Delta X = \frac{1}{2}(\Delta A + \Delta B)$, $\Delta Y = \frac{1}{2}(\Delta A - \Delta B)$
 $\Delta A = \Delta X + \Delta Y$, $\Delta B = \Delta X - \Delta Y$

Figura 3. Configuración CoreXY

2.4 Diseño y selección del Mecanismo Y

A la hora de determinar que diámetros de varillas se utiliza para los ejes X e Y, el cálculo se realiza en el eje que posee mayor carga, es decir en el eje Y. En la Fig. 4 se muestra el esquema del mecanismo en Y.

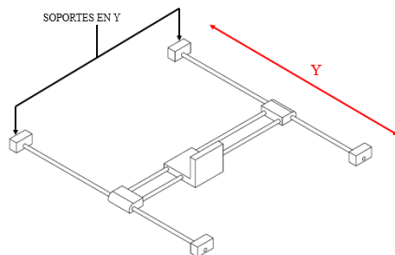


Figura 4. Soporte - Eje Y

El peso total aproximado del mecanismo en el eje Y es de 19.5[N], pero debido a que este mecanismo estará formado por dos ejes el peso total se divide para dos, siendo 9.75[N] el peso en cada eje. Por condiciones físicas del tamaño de la maquina la longitud del eje es $L_y = 0.500[m]$.

Para hallar el diámetro del eje Y, primero se halla el momento flector máximo con la ecuación:

$$M_y = (F_y * L_y) / 4$$

Donde F_y es la fuerza aplicada y L_y es la longitud del eje, entonces:

$$M_y = 1.21[Nm]$$

Con M_y y el factor de seguridad $N=2$ [5], se determina el diámetro del eje Y con la ecuación:

$$d \geq [(32 * N * M) / (\pi * S_y)]^{1/3}$$

Donde N es el factor de seguridad, S_y es la resistencia a la fluencia del acero igual a 205 [MPa] y M es el momento flector, entonces se tiene que:

$$D_y \geq 4.93[mm]$$

Se determinó que el diámetro ideal para el eje Y es de 8mm, siendo este de un diámetro acorde al largo del recorrido del eje. Para evitar posibles deformaciones en el eje se opta por un diámetro mayor, garantizando de esta manera el correcto funcionamiento del mecanismo en X e Y.

2.5 Diseño del eje X

La Fig. 5 muestra el esquema del carro en X, este consta de un soporte deslizante sobre el cual se coloca el mecanismo extrusor de filamento.

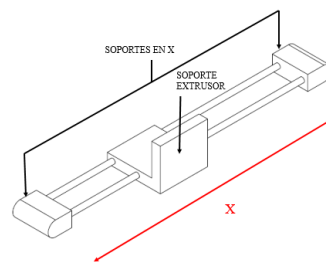


Figura 5. Soporte -Eje X

Los soportes laterales del eje X está construido de plástico PLA NT, que posee una resistencia a la ruptura y al impacto superior que el ABS, se pudo determinar que el plástico utilizado cumple con las características requeridas para implementar en toda la maquina por su facilidad de manipulación, bajo peso y coste de producción comparado con alternativas de similares características.

2.6 Diseño del soporte del extrusor

En el diseño del soporte del extrusor(fig.6) se buscó el modularidad del mismo, permitiendo tener un diseño de fácil acceso a los componentes ante la necesidad realizar un cambio en caso de daño o un cambio rápido del hotend en caso de atasco. Inclusive teniendo la posibilidad en un futuro optar por colocar un módulo láser para grabado y corte.

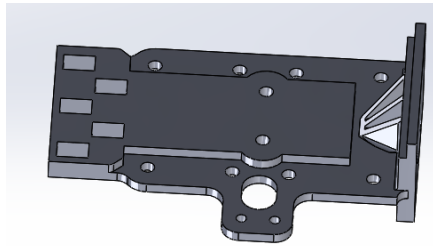


Figura 6. Diseño Soporte modular extrusor

2.7 Diseño del Eje Z

El eje Z está formado por un mecanismo Tornillo-Tuerca (Rosca ACME) de 8mm con un paso de 2mm, la Fig.7 muestra el esquema simplificado de la forma en la que están ubicados los ejes y la base de deposición en Z:

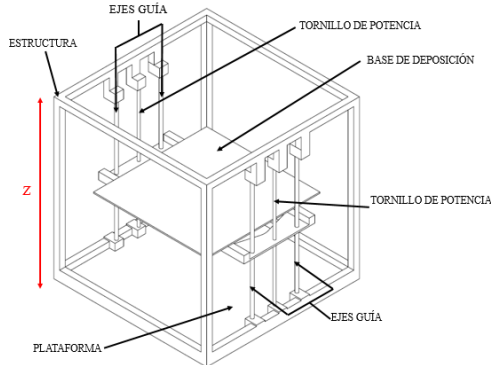


Figura 7. Soportes – Eje Z

El Eje-Z es importante debido a que este es el que brinda la resolución de capa, por esta razón se utiliza un tornillo de potencia, acero inoxidable 303. El uso de este tipo de tornillos brinda mayor garantía al sistema debido a su bajo backlash, utilizando un tornillo de 2mm de avance se obtiene una resolución de 0.002mm/paso cuando se trabaja con un motor paso a paso de 1.8°/paso

2.8 Selección de motores para la máquina.

Se selecciona los motores a pasos Nema 17[6], su torque promedio (0,5 Nm) satisfacen las características mecánicas requeridas de torque calculado para mover los mecanismos de cada eje y del extrusor. Las características del motor seleccionado se muestran en la **Tabla II**.

Tabla II. Características técnicas del motor paso a paso

Modelo	Nema 17
Fases	2
Angulo de paso	1,8°
Voltaje nominal	2,8v
Corriente nominal	1,5A
Resistencia por bobina	2,8Ω
Torque por sujeción	0,55Nm
Peso	0,365

3. Sistema de control y sistema informático

3.1 Firmware

Se ha optado por seleccionar Marlin.

El origen de Marlin está en el conocido firmware para máquinas CNC, el GRBL. Es una versión extendida, con soporte para los extrusores, cama caliente, pantallas LCD y todo lo que necesita una impresora 3D.

Marlin se instala en la memoria interna del chip, y tiene todo lo necesario para controlar la impresora sin estar conectado a una computadora.

3.2 Electrónica

La electrónica de la impresora comprende todos aquellos dispositivos interrelacionados que permiten la comunicación entre el software y el hardware de tal manera que los comandos enviados por el software se podrán traducir en acciones realizadas por el hardware. Se busca siempre tener escalabilidad y modularidad en la electrónica, de tal manera que ante una ruptura sea sencilla la reparación de modo que no afecte a los componentes cercanos al afectado.

La parte de control central está compuesta por las siguientes herramientas:

Módulo central:

- Arduino Mega 2560
- Ramps 1.4

Drivers:

- 3 Pololu A4988
- 2 Trinamic TMC2130 spi v1.1

Display:

- Mks tft2.8 Táctil

Módulos Extras:

- Modulo WIFI Hlkwifi v1.1 hlk-rm04

- Detector de filamento
- Detector de corte de suministro eléctrico

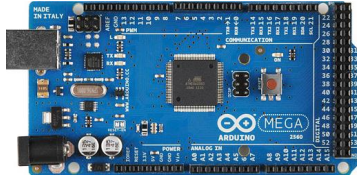


Figura 8. Arduino Mega 2560

La Mega 2560[7] es una placa electrónica basada en el Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida, 16 entradas analógicas, 4 UARTs un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP, y un botón de reset.

Características Técnicas:

- Microcontrolador ATmega2560
- Tensión de entrada 7-12V
- 54 Pines Digitales de I/O (de los cuales 15 proporcionan salidas PWM)
- 16 entradas analógicas
- 256kb de memoria Flash
- Velocidad del reloj 16mhz

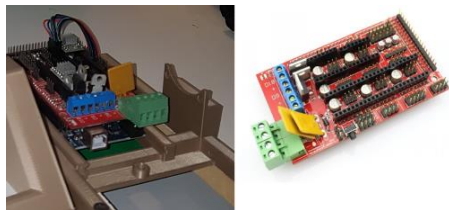


Figura 9. Ramps 1.4

La placa RAMPS 1.4 [8] es una vieja conocida y ampliamente utilizada en impresoras 3D, además su diseño es libre y forma parte de un diseño original de la comunidad RepRap. Se caracteriza por ser una solución todo en uno para controlar hasta 5 motores. Dispone de diversas entradas para finales de carrera, así como conectores para entrada de corriente. Está diseñada para ser utilizada junto con un Arduino MEGA 2560 y aunque mayoritariamente se utiliza como controladora para impresoras 3D, es posible utilizarla en todo tipo de proyectos donde necesites controlar de forma eficiente hasta 5 motores paso a paso como pequeñas fresadoras CNC, sistemas X/Y/Z/A.

Características:

- Diseñada para sistemas cartesianos
- Puede expandirse para otro tipo de accesorios
- Salida con 3 MOSFET para calentador, ventilador y 3 circuitos de termistores
- Fusible interno de 5A para mayor seguridad
- Salida de cama caliente con fusible adicional de 11 Amperios
- Zócalos para 5 controladores Pololu (No incluidos)
- Posibilidad de conectar 2 motores en el eje Z



Figura 10. Driver A4988

Éste controlador de motores paso a paso está basado en el chip A4988 [10] de Allegro, el cual soporta microstepping para motores bipolares. Puede proporcionar hasta 2A por bobinado y opera desde 8 a 35V.

Características:

- Control simple de dirección y paso
- Corriente de salida ajustable mediante un potenciómetro para establecer el máximo aplicado al motor.
- Protección de temperatura, sobre voltaje y protección crossover-current

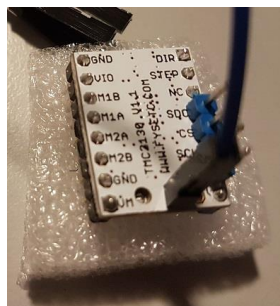


Figura 11. Driver TMC2130 spi v1.1

El TMC2130 [10] proporciona una solución de controlador de motor integrado para impresión en

3D, cámaras, escáneres y otras aplicaciones de equipos automatizados. Es capaz de manejar hasta 2.5 A de corriente desde cada salida (con un adecuado disipador de calor). TMC2130 está diseñado para un voltaje de suministro de 5 ... 46V. El dispositivo tiene una interfaz SPI para configuración y diagnóstico, y una interfaz de paso y dirección.

Características:

- Capacidad del conductor de hasta 1,2 A (RMS) de bobina continua.
- Interfaz de pasos hasta 256 micropasos.
- Interfaz de SPI o CFG para configuración.
- Voltaje del motor: 5,5 - 45 V.
- Voltaje lógico: 3,3 - 5 V.
- Son muy silenciosos
- Llevan StallGuard2 para hacer el homming sin finales de carrera
- El StallGuard2 es configurable en sensibilidad
- Detectan cuando hay pérdida de pasos con StallGuard2

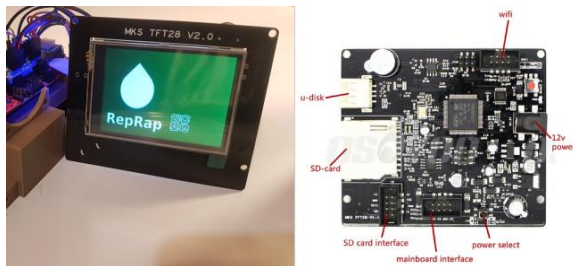


Figura 12. TFT MKS 2.8 V2.0

MKS-TFT28[11] es una pantalla a color LCD táctil, diseñada por Makerbase y adecuada para muchos tipos de impresoras 3D de código abierto.

Características:

- Pantalla LCD a color táctil de 2,8 pulgadas, soporte para pen driver y tarjeta SD.
- Admite actualizaciones de software continuas y fáciles.
- No necesita modificar el firmware, soporta Marlin, Smoothieware y Repetier.
- Soporta la función de "salvar impresión cuando el suministro eléctrico se corta".
- Soporte módulo MKS Wifi



Figura 13. Modulo WIFI Hlkwifi v1.1 hlk-rm04

Con éste módulo podemos dotar de conectividad Wifi a la impresora, permitiendo controlar de manera inalámbrica desde cualquier lugar sin necesidad de encontrarse conectado en la misma red local. Proporciona una flexibilidad en cuanto al tiempo y manejo de la máquina, permitiendo enviar un archivo directamente desde cualquier dispositivo con acceso a internet a la máquina, de tal modo que este será alojado en la memoria SD. Se podrá realizar modificaciones durante una impresión, tanto como modificar valores de temperaturas, como de ser necesario pausar o cancelar una impresión en curso.

Características:

- Estándares soportados: 802.11n, 802.11g, 802.11b (inalámbrico) y 802.3, 802.3u (cableado)
- Potencia de Transmisión: 12-15dBm
- Antena: Onboard/Externa
- Modo de funcionamiento Wifi: Cliente/AP/Router
- WDS: Soportado
- Seguridad Wireless: Filtrado MAC/WEP/WPA/WPA2.
- Configuración Web y comandos AT.

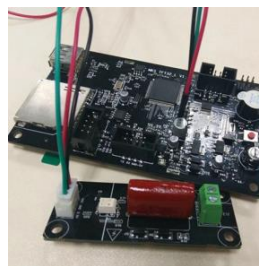


Figura 14. Detector de corte de suministro eléctrico 220DET V1.0

El módulo de detección de suministro eléctrico permite otorgar a la impresora la posibilidad de no perder una impresión de larga duración. Cuando se detecta un corte de electricidad, el módulo envía

una señal de ausencia de corriente al display, al recibir la señal se guarda en memoria las coordenadas exactas y el número de capa que la impresora quedo. Cuando la energía eléctrica vuelve en el display se visualiza un mensaje para continuar donde quedo, solo es necesario poseer el archivo stl que se estaba imprimiendo en el mismo dispositivo de almacenamiento donde se guardó las coordenadas de impresión antes de la falla eléctrica.

4. Implementación

La utilización de los perfiles de aluminio T-Slotted permiten la fijación rápida de elementos, lo cual brinda modularidad y flexibilidad para el posicionamiento de sensores y actuadores. La fabricación del soporte del cabezal extrusor, ejes y motores se realizó en PLA NT. Las pruebas de impresión se realizan con un extrusor bowden e3d v6 de 1.75mm, corroborando el funcionamiento y la flexibilidad del sistema desarrollado.

A continuación, se muestran una serie de imágenes de la impresora montada en su totalidad, indicando la ubicación de cada uno de los elementos que la componen

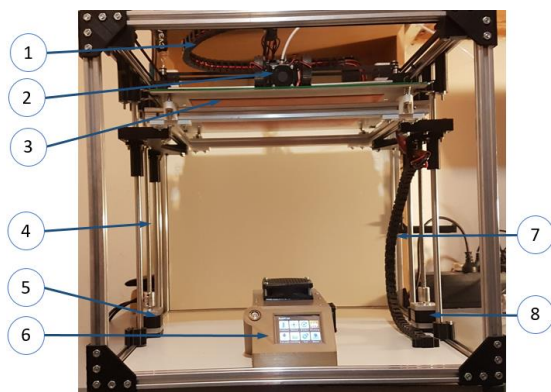


Figura 15. Vista general Impresora 3D

Desde una perspectiva frontal se puede observar:

- 1) Cadena porta cables del Hotend
- 2) El Hotend
- 3) Cama de silicona calefactora
- 4) Varillas roscadas ACME del eje Z
- 5) Motor izquierdo del eje Z
- 6) Mando de control de la impresora
- 7) Cadena porta cable cama calefactora
- 8) motor derecho eje Z

5. Pruebas y Resultados

Como protocolo de pruebas se van a realizar una serie de ensayos para determinar la calidad de impresión máxima que se puede lograr con la máquina. Se busca determinar qué aspectos tales como el acabado superficial, la alineación en los ejes, la retracción del filamento y la impresión en Angulo para poder realizar una impresión de calidad. La imagen celeste determinar el resultado deseado, la verde determinar que existen problemas en la máquina.

Características:

A continuación, se resumen la configuración que se va a utilizar para realizar las pruebas:

- Diámetro del nozzle: 0.4mm
- Altura de capa: 0.1mm
- Ancho de línea: 0.4mm
- Relleno: 100%
- Velocidad: 80mm/s
- Temperatura Nozzle: 200°C
- Temperatura Cama: 60°C
- Soportes: Si

5.1 Prueba de superficie vertical

Con esta prueba, buscamos ecos o bandas en la superficie de la impresión. Estos se ubicarán a lo largo de las letras o los agujeros en la parte posterior.

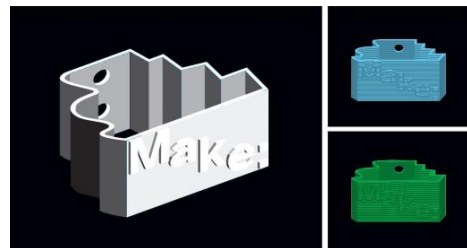


Figura 16. Prueba superficie vertical

Resultado:



Figura 17. Resultado superficie vertical

5.2 Prueba de rendimiento de retracción

Una retracción deficiente puede causar encadenamiento, atascos o la incapacidad de extruir puntas finas. Estos picos prueban el rendimiento de retracción de tu máquina.

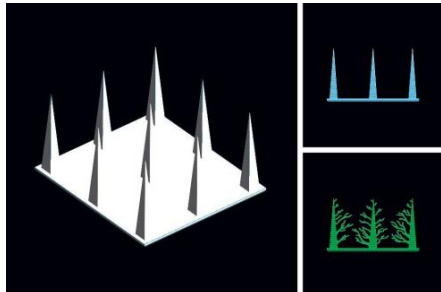


Figura 18. Vista general Impresora 3D

Resultado:

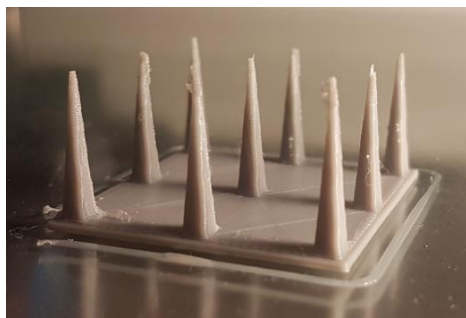


Figura 19. Resultado rendimiento retracción

6. Conclusiones

Se diseñó y construyó una Impresora 3D auto-replicable controlada inalámbricamente para el prototipado de piezas plásticas de bajo costo, mediante software libre, con el fin de ahorrar tiempo y dinero.

El control de la máquina se basó en dos tarjetas principales, el Arduino Mega 2560 como tarjeta de control y la Ramps 1.4 como tarjeta de interface; debido a su bajo costo y prestaciones para satisfacer las necesidades del diseño de la máquina. La implementación de drivers tmc2130, interface táctil, modulo wifi, detector de filamento, modulo detector de suministro eléctrico permitió obtener una impresora con la última tecnología disponible en el mercado a un bajo coste.

El uso de programas de código abierto como los Softwares Cura y Pronterface logro implementar un sistema más económico, permitiendo trabajar libremente sin estar restringidos a licencias de programas costosos.

Se determinó por medio de las pruebas de impresión realizadas, que la maquina cumple con las expectativas deseadas, logrando obtener impresiones de alta calidad y una capacidad de impresión elevada comparado con las maquinas que se encuentran en el mercado actualmente.

7. Formación De Recursos Humanos

El proyecto está dirigido por los Ingenieros Pedro López y Silvia Poncio, ambos docentes de Universidad Abierta Interamericana. Además, integran el proyecto los alumnos Franco Spoto y Marcelo de la Peña, cursando el último año de Ingeniería en Sistemas de Información en la UAI Sede Lagos, Rosario, Santa Fé, Argentina.

8. Bibliografía

- [1] MODELADO POR DEPOSICIÓN DE HILO FUNDIDO. FDM. - Fuente tfmrimuned.wordpress Disponible en: <https://tfmrimuned.wordpress.com/modelado-por-deposicion-de-hilo-fundido-fdm/>
- [2] MOTT ROBERT L. (2006). Diseño de Elementos de Maquinas. (s.c.). Pearson Education
- [3] Extrusor Bowden - Fuente frax3d - Disponible en: <https://www.frax3d.com/extrusor-bowden>
- [4] CoreXY - Fuente frax3d- Disponible en: <https://www.frax3d.com/corexy>
- [5] MOTT ROBERT L. (2006). Diseño de Elementos de Maquinas. (s.c.). Pearson Education.
- [6] NEMA 17 Stepper motor - Fuente rewrap - Disponible en: https://rewrap.org/wiki/NEMA_17_Stepper_motor
- [7] ARDUINO MEGA 2560 REV3 - Fuente arduino -Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>
- [8] Ramps 1.4 - Fuente patagonitec-Disponible en: <https://saber.patagoniatec.com/2014/06/ramps-impresora-3d-rewrap-arduino-argentina-ptec/>
- [9] A4988 Stepper Motor Driver Carrier - Fuente pololu-Disponible en: <https://www.pololu.com/product/1182>
- [10] TMC 2130 - Fuente trinamic -Disponible en: <https://www.trinamic.com/products/integrated-circuits/details/tmc2130/>
- [11] MKS TFT28 - Fuente osoyoo- Disponible en: <http://osoyoo.com/wp-content/uploads/2016/07/MKS-TFT28-DataSheet.pdf>

La Influencia de los Videjuegos en el Desarrollo Cognitivo

**Lodeiros, Ayrton
Marcello, Leonardo
Canalini, Lucila
Huaqui, Nadia
Pugliese, Ignacio
Bastida, Alejandro Damián**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El presente trabajo analiza las distintas formas en las que los videojuegos afectan a los usuarios y cómo este puede ser positivo, ayudando al desarrollo cognitivo de las personas. Muchos creen que esto no es posible y se cree que los efectos que causan este tipo de juegos son negativos, lo que no es cierto en su totalidad. Por más que existan malas consecuencias, se demuestra que los mismos pueden ser muy beneficiosos.

Palabras clave

Videojuego, atención, cerebro, capacidades, individuo, comportamiento, motricidad, desarrollo cognitivo.

1. Introducción

No es poco usual escuchar que jugar videojuegos tiene una larga lista de consecuencias negativas, entre ellas que “idiotizan” a la juventud, los transforman en seres antisociales y hasta son una de las principales causas de promover la violencia y el crimen moderno. Últimamente se han realizado estudios para examinar si los juegos electrónicos albergan agresión o no. En el presente, se debate cómo los videojuegos contribuyen a la agresión y los mecanismos por el cual estos vínculos existen [1]. Con los años, varios estudios alrededor del mundo han empezado a desmentir estas acusaciones con hechos concretos que demuestran que hay

evidencia de que los videojuegos tienen efectos positivos sobre el cerebro y las capacidades de aprendizaje, y que jugar videojuegos de acción de forma moderada es beneficioso para las capacidades cognitivas [2]. Algunos efectos que tienen los videojuegos son enriquecer el bienestar general o ampliar las funciones de ciertas regiones del encéfalo [3]. Igualmente, cabe aclarar también que el exceso de juego conlleva una lista de serios problemas tanto de salud, sociales como de comportamiento [4]. En ciertos casos, los videojuegos ya sobrepasaron la barrera de la mera diversión a centrarse en un objetivo exclusivamente educativo o formativo. La capacidad de lograr que el jugador se vea sumergido emocionalmente en el videojuego conlleva una posterior estimulación del aprendizaje en el individuo [5].

Según un artículo publicado en *Neurology Now* [6] (revista de neurología estadounidense), jugar videojuegos de manera excesiva genera cambios en el comportamiento. Amy Patrel, autora de este artículo, reconoce efectos positivos, y señala que existe una lista de ventajas que proporciona la práctica de esta actividad, tales como mejoras en la percepción visual,

la habilidad de cambiar de tareas y el procesamiento de información.

En el mundo actual, debido al acceso casi ilimitado a Internet y a el consumo de videojuegos, es de ocurrencia usual debatir sobre las consecuencias de los mismos sobre el usuario. Hoy en día la industria de los videojuegos es cada vez más grande y cada vez llegan a más personas, convirtiendo a este tema en uno de gran importancia.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de Análisis de Sistemas, segundo año de cursada), es analizar el impacto que tiene algo tan masivo como los videojuegos en la sociedad, de manera objetiva, para que puedan ser evaluadas sus ventajas y desventajas. Así, se pretende hacer un estudio acerca de que jugar videojuegos de acción de forma moderada es beneficioso al cerebro y a las capacidades cognitivas. Declarar que los videojuegos tienen toda una serie de efectos negativos sin antes tener en cuenta sus beneficios es totalmente contraproducente. Es por esta razón que el trabajo se encarga de desmentir mitos y/o pensamientos erróneos acerca de cómo puede afectar el consumo de videojuegos a los usuarios. Por último, el trabajo intenta dar respuesta a frases comunes como “estar frente a la pantalla empeora tu vista”, “los juegos conllevan a problemas de atención y a una mayor distractibilidad”, “capacidad aumentada de multitasking”, para aclarar dichos interrogantes.

Igualmente, hablar de videojuegos en general es muy abarcativo ya que desde la aparición de éstos en 1958 con “Pong”, la industria ha avanzado mucho y se han creado cientos de géneros y subgéneros.

Por esta razón, se hace un enfoque sobre los juegos de acción.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: se introducen las definiciones (sección 2), se investiga el efecto del abuso de los videojuegos (sección 3), experimentos cognitivos (sección 4), y entrenamiento cognitivo (sección 5). Luego, se analiza la manera en que los videojuegos afectan al cerebro (sección 6). Por último, se exponen las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 7).

2. Definiciones

Aunque de por sí el género de acción sea muy grande (tal vez el más grande en la industria), todos comparten las mismas características a las que se va a hacer referencia. Primero, se aclaran los conceptos a tener en cuenta durante la lectura y el desarrollo de este trabajo. En la sección 2.1, el concepto de multitasking medial, en la sección 2.2, el concepto de motricidad, la cual se divide en gruesa (sección 2.2.1) y fina (sección 2.2.2). Por último, en la sección 2.3, el concepto de memoria funcional.

2.1. Multitasking Medial

Al hablar de multitasking medial nos referimos a realizar 2 o más actividades multimediales como escuchar música, mientras se busca información en Internet, a la vez que se utilizan redes sociales, etc. En la actualidad, la mayor parte de la población se encuentra realizando estas actividades multimedia de a más de una a la vez en el día a día de la vida cotidiana. [7]

2.2. Motricidad

El término motricidad se emplea para referirse al movimiento voluntario de una persona, coordinado por la corteza cerebral y estructuras secundarias que lo modulan. No se tiene que confundir con movimientos involuntarios como los peristálticos intestinales a los cuales son referidos como “motilidad” [8].

2.2.1 Motricidad gruesa

Es la capacidad de mover los músculos del cuerpo de forma coordinada. Involucra grupos musculares más grandes, lo que implica mayor aplicación de fuerza, mayor distancia y movimiento. Como por ejemplo: saltar, correr, caminar, pegarle a una pelota de fútbol, etc. Esta se puede dividir en fina o funcional [8].

2.2.2. Motricidad fina

Son movimientos voluntarios mucho más precisos, que implican pequeños grupos de músculos. El control de la motricidad fina es la coordinación de músculos, huesos y nervios para producir movimientos pequeños y precisos. Unos ejemplos serían: escribir, recoger un pequeño elemento con el dedo índice y el pulgar, etc [8].

2.3. Memoria funcional

La memoria funcional es la habilidad de retener nueva información para cambiarla y utilizarla de alguna manera. Se divide en dos partes, memoria auditiva (encargada de los sonidos) y memoria visual-espacial (encargada de las

imágenes). Permite tomar la información y retenerla, incluso al mismo tiempo en que es incorporada la nueva información que va llegando. Para poner un ejemplo concreto, hay que imaginar que se lee un problema matemático de lógica en clase. Uno necesita ser capaz de mantener todos los números en la cabeza, calcular qué operación matemática usará y crear un problema de matemática al mismo tiempo. Mientras menor memoria funcional se tenga, más va a costar tomar y retener información en la cabeza [9].

3. Abuso de videojuegos y su efecto

Antes de analizar los beneficios de los videojuegos es importante reconocer que efectivamente existen efectos negativos de los mismos y que este trabajo no trata de desmentirlos sino de mostrar los efectos positivos. Se entiende como abuso de videojuegos a 3 horas de juego diarias como promedio en la vida cotidiana de una persona. “La Asociación Española de Pediatría recomienda menos de tres horas de videojuegos al día y nunca antes de ir a dormir” [10].

El exceso de juego conlleva una lista de serios problemas tanto de salud (sección 3.1), sociales (sección 3.2) como de comportamiento (sección 3.3).

3.1. Problemas de salud

En esta sección se detallarán los problemas de salud que vienen acompañados con el uso excesivo de los videojuegos, siendo estos la sequedad ocular (sección 3.1.1), el síndrome del túnel carpiano (sección 3.1.2), migrañas (sección 3.1.3), obesidad y nervios (sección 3.1.4).

3.1.2. Sequedad ocular extrema

Al estar concentrados en lo que sucede en la pantalla, los parpadeos por minuto disminuyen, dando lugar a la sequedad ocular, que conlleva ciertas lesiones acabando incluso en glaucoma [11].

3.1.2. Síndrome del túnel carpiano

El uso prolongado del mouse produce una compresión de un nervio que pasa por en medio de la muñeca el cual se hincha y genera dolor. En la mayoría de los casos se necesita operar para solucionar el problema [12].

3.1.3. Migrañas

El hecho de estar concentrándose en el videojuego y mirar fijamente la pantalla durante un período excesivo de tiempo puede predisponer a desencadenar estas dolorosas situaciones [14].

3.1.4. Obesidad y nervios

Otros problemas asociados a largo plazo con los videojuegos derivan de la realización de movimientos repetitivos de la mano, como dolor de muñeca, enfermedad de De Quervain's (inflamación de la envoltura de la vaina del tendón abductor largo y del extensor corto del pulgar) y neuropatía periférica (los nervios que llevan información hasta y desde la médula espinal al resto del cuerpo no funcionan correctamente).

“Los videojuegos y la televisión pueden también contribuir a un estilo de vida sedentario, y de hecho diversos

estudios los asocian a elevados niveles de obesidad” [13].

3.2. Problemas sociales

El uso excesivo de videojuegos lleva a que el individuo sacrifique su vida social para satisfacer su adicción virtual, aislándose y prefiriendo el contacto por medio de los videojuegos. Cabe destacar que este comportamiento en algunos casos no se debe a los videojuegos, sino que es así como el individuo reacciona ante alguna aflicción previa que pueda tener, aislándose en los videojuegos [14].

3.3. Problemas en comportamiento

Entre los síntomas del uso excesivo pueden darse trastornos del control de los impulsos, aumento de la ira irracional, falta de higiene personal, alteración del patrón del sueño y el incremento de la ansiedad y depresión con el tiempo. “Estos síntomas están ligados al síndrome de abstinencia que se sufre al desarrollarse una adicción por los videojuegos” [15].

El “efecto Tetris” o fenómeno de transferencia: Aunque este efecto se puede dar en muchos juegos, el Tetris es un ejemplo ideal. En este caso, se trasladan los elementos del juego a la vida cotidiana. Centrándonos en el Tetris [12], los usuarios pueden empezar a ver bloques cayendo por todas partes, o empezar a fantasear con dichos bloques. Incluso se pueden llegar a obsesionar con estas imágenes, llegando a aparecer en sueños.

4. Experimentos cognitivos

Se realizaron una serie de experimentos para observar si se podía encontrar un efecto positivo en las personas que jugaran moderadamente videojuegos de acción, comparando los resultados de dicho experimento con personas que no jugaran. “Un período de tiempo ‘moderado’ de juego se determina entre las 10 y 14 horas semanales” [16]; ya que todo en exceso es malo, más de ese tiempo empezaría a mostrar efectos negativos e invalidaría la investigación. Una de las acusaciones hacia los videojuegos es la famosa frase “estar frente a la pantalla empeora tu vista”; esto hace referencia a la salud visual, la cual se puede medir fácilmente. En un estudio se seleccionó un grupo de personas que no jugaban videojuegos y otro que sí lo hacía moderadamente, ambos de aproximadamente la misma edad, ninguno que en primer lugar tuviera la vista afectada (astigmatismo, miopía, etc.). El resultado fue (Figura. 1) que los que no juegan tienen un rango estándar de visión con respecto a la norma mientras que los que juegan tienen en promedio mejor visión, y es mejor en dos formas distintas. La primera es que pueden distinguir mejor pequeños detalles entre mucha información como por ejemplo al leer la letra pequeña en envases. La segunda es que pueden distinguir entre una gama mayor de grises; si bien esto puede no tener muchos fines prácticos, el que cabe más destacar es que si uno maneja por una vía con mucha neblina es más propenso a evitar un accidente al distinguir mejor los autos de adelante, permitiendo así mayor tiempo de reacción.

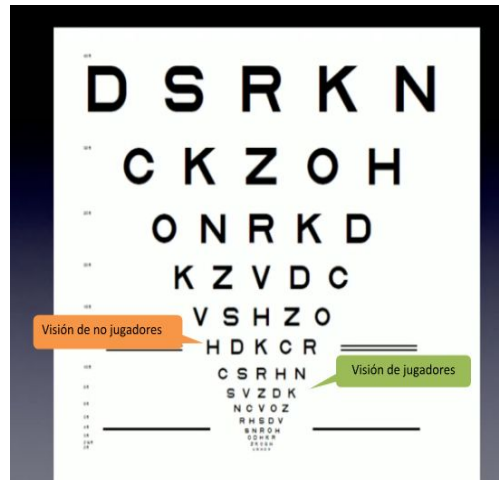


Figura. 1: Visiometría comparando la agudeza visual entre personas que juegan videojuegos de acción moderadamente y personas que no juegan. [16]

Otra muy escuchada acusación es “los juegos conllevan a problemas de atención y a una mayor distractibilidad”. El experimento que se llevó a cabo para desmentir esto fue el siguiente: Al poner en una pantalla el nombre de un color, coloreado de otro color (Figura. 2), se pide que el individuo diga de qué color está pintada la palabra. Esto crea un conflicto en el cerebro frente al significado de color de la palabra y el verdadero color. Mientras más rápido la persona resuelva este conflicto, más atención y agilidad mental para procesar se puede decir que tiene [16].

ROJO AZUL VERDE

Figura. 2. Ejemplo del experimento utilizado para desmentir la acusación entre los videojuegos y los problemas de atención.

Los jugadores demostraron tener más velocidad en resolver este conflicto. Otro aspecto en la atención es que las personas que juegan regularmente pueden seguir más objetos en su campo de visión a la vez. Como por ejemplo, al manejar

pueden mantener su atención en distintos autos y sus movimientos con mayor facilidad. Es uno de los aspectos que más tienen “entrenados” por este tipo de videojuegos. Un adulto común puede tener un lapso de entre 2 a 4 objetos de atención; mientras que un jugador regular lo tiene entre 5 y 6 objetos de atención, esto representa un gran incremento en la memoria funcional del individuo.

Otro aspecto a analizar es el “multitasking”, que significa realizar dos o más acciones de forma eficiente sin que el desarrollo de una afecte el desarrollo de otra. Un ejemplo común es cuando una persona maneja y usa el celular al mismo tiempo. La situación puede tornarse peligrosa porque cuando la atención se transfiere al celular, se pierde la habilidad de reaccionar rápida y ágilmente ante cualquier emergencia en la calle, aumentando la probabilidad de accidentes. Para medir que tan rápida y eficientemente se realiza el cambio de atención, se utilizó un programa que comprueba cuánto tiempo el individuo tarda en cambiar de una tarea a la otra. Al comparar los resultados del experimento entre un gran grupo denominado usuarios de tecnología multimedial y los jugadores de acción se observó que las personas que, previo al experimento se auto-proclamaban usuarios “multitasking” de multimedia obtuvieron resultados, contra-intuitivamente, bastante peores de lo que se había anticipado. Por otro lado, se encontró una vez más que las personas que jugaban juegos de acción tuvieron mejores resultados en este experimento. Se puede afirmar entonces que no es comparable el efecto de las tareas multimediales con el de los videojuegos ya

sea a nivel cognitivo, perceptivo o de atención sobre los individuos [16].

5. Entrenamientos cognitivos

Habiendo comprobado que efectivamente existen efectos positivos de los videojuegos de acción en las capacidades cognitivas, lo siguiente fue analizar la magnitud y velocidad en la que estos cambios podrían llegar a verse en una persona que previamente no jugaba videojuegos de acción. Para realizar este experimento, lo que se hizo fue un período de “entrenamiento” involucrando personas que no jugaban videojuegos de acción regularmente, con un ejercicio que se llama rotación mental. Consta de ver una figura tridimensional y luego distinguir esa misma figura rotada entre 4 muy similares pero diferentes figuras tridimensionales (Fig. 3).

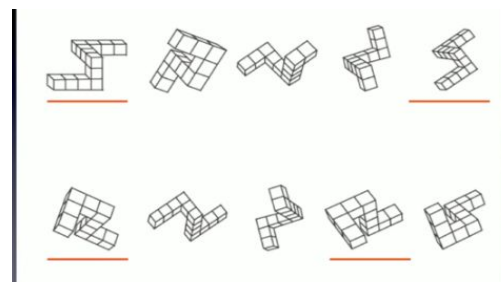


Figura. 3: Ejercicio de rotación visual usado para medir la agilidad mental. [16]

Luego los sujetos de prueba son puestos a jugar durante 10 horas en total, períodos de 40 minutos por día durante dos semanas, videojuegos de acción para después realizar la misma prueba de rotación mental y comparar sus resultados con los anteriores. Se puede ver en la Fig. 4 una abrupta mejora después del periodo de “entrenamiento” en el ejercicio de rotación. Aún se encuentran mejoras a lo largo de 5 meses, siguiendo el régimen de 5 horas de juego por semana. Otros investigadores han

llevado a cabo estudios de entrenamiento en los que se distribuye a no jugadores entre dos grupos, experimental y de control, y se asigna el primero a sesiones de entrenamiento con videojuegos, evaluando posteriormente la ejecución en distintas tareas cognitivas. Con este método se ha informado de que la práctica de videojuegos mejora la ejecución en tareas de atención dividida y en tareas de rotación mental [17]. Llevándolo a la vida cotidiana, realizar este “entrenamiento” tiene varios beneficios para el individuo que van desde realizar tareas mentales con más facilidad hasta potencialmente evitar accidentes de tráfico, debido a la aguda agilidad mental necesaria para tomar decisiones rápidamente.

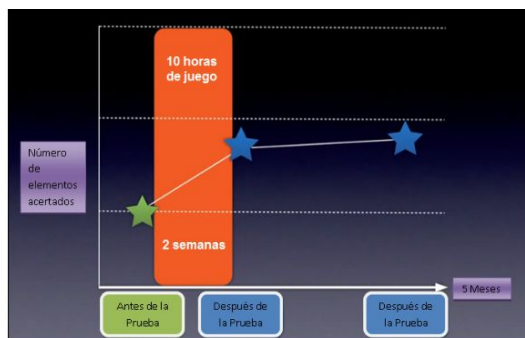


Figura 4: Gráfico mostrando la mejoría de los individuos en el ejercicio de rotación mental antes y luego del “entrenamiento” [16].

6. Cómo los videojuegos afectan al cerebro

El miedo de que los niños jueguen videojuegos es aprovechado por los medios para escribir titulares. Mientras la mayoría de los niños juegan videojuegos, la mayor parte de los jugadores son adultos.

Para analizar si existe vinculación entre los cambios cognitivos y la actividad neuronal, se hicieron mapeos cerebrales

para buscar algún patrón relacionado a los resultados positivos que se obtuvieron en los experimentos antes mencionados. Se puede observar que estos videojuegos no afectan solo el comportamiento, sino que también tienen repercusiones a nivel neuronal. Se pueden encontrar cambios en las áreas del cerebro que controlan la atención, como se observa en la figura 5. El área azul es la parte frontal, es la memoria de trabajo. El área amarilla es el habla o el lenguaje. Por último, el área rosa es la visión.

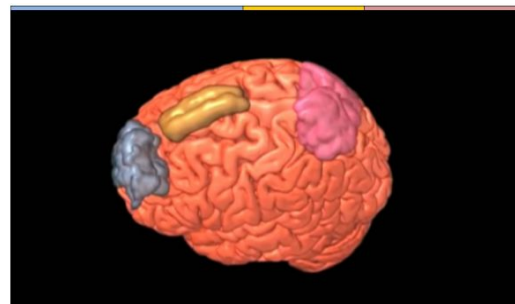


Figura 5: Áreas del cerebro que controlan la atención [18].

Estas 3 áreas demostraron ser más eficientes en personas que juegan videojuegos de acción de forma moderada, ya que las imágenes cerebrales muestran más actividad en ellas. [19]

Los jugadores habituales tienen mejor visión. Esto contradice la creencia popular anticuada de que mucho tiempo enfrente de una pantalla daña los ojos. Los jugadores pueden observar detalles más fácilmente y pueden distinguir mejor entre los distintos tonos de gris.

También, los jugadores habituales son más eficaces en enfocar su atención. Pueden seguir la pista de varios objetos al mismo tiempo y concentrarse en las pruebas por más tiempo.

Los jugadores de videojuegos son mejores “multi-taskers”: pueden cambiar de una tarea a otra con poco esfuerzo. Según el estudio que llevó a cabo Bavelier [16], actuaron mejor en los tests de “multitasking” que los estudiantes que dicen estar chateando mientras escuchan música y estudian.

Muchos de estos hallazgos se oponen a lo que comúnmente se cree y muestran que los estudios científicos son necesarios para testear conocimiento común.

7. Conclusión

Teniendo en cuenta todos los puntos que fueron expuestos en este trabajo, se puede concluir que se verifica la hipótesis, “Jugar videojuegos de acción de forma moderada es beneficioso para el cerebro y a las capacidades cognitivas”. Es un hecho importante ya que, en la sociedad, el jugar videojuegos es menospreciado y tratado como una mera distracción o forma de entretenimiento básica, generalmente pensada para niños. Tan así es el estereotipo, que cuando se piensa en una persona que suele jugar videojuegos emergen a la mente palabras como “antisocial”, “raro”, “infantil”, “ocioso”, entre otras. Pero lo que no se logra apreciar es que, en bastantes casos, estas personas tienen un mayor desarrollo y ejercitación, lo cual las pone en ventaja en muchas situaciones por sobre las personas que no juegan.

Claro que, como en todo ámbito, el exceso puede ser dañino. Es de esperarse que alguien que juega más de 20 horas semanales pueda experimentar problemas, como la obesidad, el colesterol alto, etc.

debido a los hábitos sedentarios y anti-sociales que se generan al desarrollarse su adicción por los videojuegos. Los investigadores del “Media Research Lab” en la universidad estatal de Iowa también corroboraron estas cuestiones, las cuales dan lugar a los estereotipos más comunes, causantes de la mala fama de los videojuegos en la sociedad.

Sin embargo, tal cual fue planteada la hipótesis, el jugar videojuegos de acción de forma moderada demostró:

- Una considerable mejoría en la agudeza visual.
- Distinción de un espectro mayor de grises.
- Más atención y agilidad mental al enfrentarse a conflictos visuales.
- Mayor cantidad de objetos de atención a la vez.
- Mayor capacidad para realizar más de una tarea a la vez.

Teniendo en cuenta las experiencias planteadas en este trabajo, sería razonable abandonar nuestros escepticismos sobre los videojuegos y aprovechar al máximo sus beneficios para desarrollar y potenciar las capacidades descritas. Los estereotipos son, en su mayoría, generalizaciones, y como toda generalización es injusta, intuitiva y usualmente poco fundamentada. El conocimiento popular de los efectos mencionados anteriormente permitiría ir borrando estos estereotipos negativos y valorar adecuadamente capacidades nuevas, propias de este milenio, en un mundo donde las competencias laborales se suman y cambian día a día.

Como futuras líneas de trabajo sería interesante analizar a los videojuegos como terapia medicinal. Un muy importante avance para los videojuegos en el campo de

la medicina fue el desarrollo de un software educativo diseñado por los ingenieros en sistemas de la universidad El Bosque, a través del Grupo De Investigación Osiris de la misma institución, que por medio de la captura de movimientos permite realizar terapias de motricidad a niños con Síndrome de Down.

Referencias

- [1] Przybylski, Andrew K.; Deci, Edward L.; Rigby, C. Scott; Ryan, Richard M. (2014, 03). Journal of Personality and Social Psychology, Vol 106(3), 441-457. Obtenido de: <https://goo.gl/Qty9Gjt>. Último acceso:09/08/18
- [2] Muy interesante. (2017). Así afectan al cerebro los videojuegos. Obtenido de: <https://goo.gl/E8Fm4e>. Último acceso:09/08/18
- [3] Naukas. (2013, 02). Los beneficios cognitivos de jugar a videojuegos violentos. Obtenido de <https://goo.gl/V4tUqa>. Último acceso:09/08/18
- [4] Olimpica. (2015, 07, 10). Ventajas y desventajas de los videojuegos. Obtenido de: <https://goo.gl/JwSFwy>. Último acceso:09/08/18
- [5] Revista Electrónica Teoría de la Educación. (2006, 12). ESTIMULACIÓN EMOCIONAL DE LOS VIDEOJUEGOS: EFECTOS EN EL APRENDIZAJE. Obtenido de <https://goo.gl/h82sff>. Último acceso:09/08/18
- [6] Carlos Calderón. (2014, 06, 27). ESTUDIO: videojuegos afectan cerebro de adolescentes. Obtenido de <https://goo.gl/SdxifN>. Último acceso:09/08/18
- [7] Brittany R.-L. Duff (2014, 11, 20). Seeing the Big Picture: Multitasking and Perceptual Processing Influences on Ad Recognition. Obtenido de: <https://goo.gl/CjLDCr>. Último acceso: 10/09/18
- [8] Ruíz Juan, Francisco. (2017, 08, 10). Los juegos en la motricidad infantil de los 3 a los 6 años. Obtenido de <https://goo.gl/RDHMXb>
- [9] Amanda Morin. 5 maneras en las que los niños usan la memoria funcional para aprender. Obtenido de: <https://goo.gl/CdZxez>. Último acceso: 10/09/18.
- [10] CEBRIÁN, Ruipérez. (2014). Cuidado con la adicción a los videojuegos. Revista Vanguardia
- [11] Allain Afflelou. (2014, 12, 23) ¿Afectan los videojuegos a nuestra vista? en Elvira Jimenez, tu ojo experto. Obtenido de: <https://goo.gl/aNoEUG>. Último acceso:09/08/18
- [12] Roberto Mendez (2012, 11, 24). Los 10 riesgos para la salud de los videojuegos. Obtenido de: <https://goo.gl/gQZT2Q> . Último acceso:09/08/18
- [13] 3 BALLARD, Mary, GRAY, Melissa, REILLY, Jenny y NOGGLE, Matthew (2009): Correlates of video game screen time among males: body mass, physical activity, and other media use. Eating Behaviors, n° 10 (3), pp. 161-167.
- [14] OCIO, Ultimate Magazine. (2016). Aislamiento por el uso excesivo de los videojuegos. Obtenido de: <https://goo.gl/XS6nk5>. Último acceso:09/08/18
- [15] MOLINA, Jose A. SOS. Tengo una adicción. 1° Edición. Editorial Pirámide. Madrid 2011.
- [16] BAVELIER, Daphne: Your Brain on Videogames TED talk, 2012.
- [17] DE LISI, Richard y WOLFORD, Jenifer L. (2003): Improving children's mental rotation accuracy with computer game playing. Journal of Genetic Psychology, n° 163 (3), pp. 272-282.
- [18] Anatomy and Functional Areas of the Brain. (2001, 02, 21) Nucleus Medical Media Inc. Obtenido de: <https://goo.gl/PptzPW>. Último acceso: 10/09/18
- [19] DAPHNE BAVELIER: YOUR BRAIN ON VIDEO GAMES. Obtenido de: <https://goo.gl/t11Gdq>. Último acceso: 10/09/18

El Tratamiento de Información Sensible en Hospitales y la Estructura Cloud

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires

Brian S. Lucana Delgadillo - lucanabrian@gmail.com
David Fuertes Mamani - deyvidgud@gmail.com
Ezequiel Cruz Ávila - ezecruzavila@gmail.com
Juan Ignacio Basitt Paz - jbasittpaz@gmail.com
Julieta Ayelén Romero - julieromero@est.frba.utn.edu.ar
Lucas Sorzio - sorziolucas@gmail.com

Abstract

En este artículo se desarrollan las diferentes características a tener en cuenta a la hora de tratar información en entidades de salud. Luego, se describen las características principales de una tecnología que se cree podría ser una solución para dichas instituciones, y una vez desarrollado se explica también cuál sería la forma en que implementarlo ayudaría a atender las necesidades del cliente. Por último, se concluye que si bien es una buena forma de hacer frente a algunos requerimientos, la seguridad debería tratarse de forma particular, incluso con esta solución, dada la naturaleza de la industria.

Palabras Clave

Computación en la nube. Cloud Computing. Información en hospitales. Información sensible. Seguridad Informática.

1. Introducción

La computación en la nube, también conocida como Cloud Computing, es el servicio que permite acceder con facilidad desde un dispositivo físico (ej.: Smartphone) a una gran cantidad de recursos computacionales (almacenamiento, redes, servicios, servidores y aplicaciones) bajo demanda. [1]

Aunque los hospitales tienen nuestra información privada protegida [2], es interesante presentar la posibilidad de implementar una alternativa que no sólo es más moderna sino que conlleva una serie de ventajas destacables. En la Argentina el robo de esta información se encuentra en notable aumento, y es por esta razón que se

debe conocer cuáles son los potenciales daños que podría causar el filtrado de datos sensibles, especialmente si estos acabaran en manos de personas con intenciones de sacar provecho de los mismos de forma ilícita. Un ejemplo real se ve en la creación de identidades falsas para operar con ellas y estafar a diferentes entidades [3].

En este contexto, el objetivo de este trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada), es explicar que se puede mejorar la seguridad de los datos sensibles con una estructura cloud y presentar las oportunidades que acarrea consigo esta tecnología que está ingresando al país, especialmente en el área de seguridad informática de los hospitales [4].

Para cumplir con el objetivo mencionado, el trabajo se estructura como se detalla a continuación: en la sección 2, se explican las características, ventajas y desventajas del cloud computing y el manejo de información sensible en organismos de salud; en la sección 3, se muestra la metodología que se utiliza para implementar una estructura cloud; en la sección 4, se desarrolla cómo se aplicaría esta implementación al caso del manejo de datos sensibles en hospitales. Por último, se detallan las conclusiones, y futuras líneas de trabajo en la sección 5.

2. Características de la implementación de Cloud Computing

Esta aplicación de software que atiende a diversos clientes, destaca en algunas características particularmente relevantes en el sector de salud que se desarrollan en las siguientes secciones.

2.1. Ventajas de Cloud Computing

En un estudio realizado por Deloitte en el año 2010 [6] se afirma que las empresas que apuestan por la implementación de modelos tecnológicos basados en Cloud Computing adquieren un conjunto de ventajas operacionales inmediatas en el despliegue y consumo de los servicios tecnológicos necesarios para su negocio: la eficiencia en costes (se puede llegar a lograr un ahorro del 50% en costos tecnológicos respecto del modelo tradicional), la agilidad en el despliegue de nuevos procesos, productos y servicios, y la focalización de los recursos en los procesos de valor de la compañía, son algunos de los ejemplos.

Al enfocarnos más en el área de la salud, se evidencian otras ventajas como la disponibilidad de una misma historia clínica almacenada en la nube para ser consultada por diferentes especialistas que la necesiten. De esta manera se reduce el tiempo entre el diagnóstico, el ajuste del tratamiento y (de ser posible) la sanación del paciente. Además, esta modalidad permite restringir el acceso a dichos registros de quienes no deben tener posibilidad de alcanzarlos. Por último, las copias de seguridad frecuentes que se generan de forma automática, permiten que se recupere información fácilmente en caso de que se presente una falta o interrupción repentina de suministro eléctrico u otro recurso de estas características.

Otras ventajas que Cloud Computing ofrece al sector salud son:

Colaboración. En muchos casos información específica puede ser requerida en dos lugares, por diferentes proveedores de servicio de salud al mismo tiempo. A través de la tecnología Cloud, la

información se encuentra sincronizada y puede ser compartida en tiempo real.

Movilidad. Cada aplicación móvil está respaldada por la infraestructura de Cloud. Mediante el almacenamiento de datos y el poder de cómputo en la nube, los proveedores de servicios de salud permiten a su personal tener acceso a la información en cualquier momento y lugar.

Disminución de costos. No hay necesidad de la institución y los doctores de invertir en infraestructura de hardware y mantenimiento, ya que estas tareas son atendidas por el proveedor de Cloud Computing [7] y bajo demanda.

2.2. Desventajas de Cloud Computing

Las desventajas más destacadas de esta tecnología son:

Disponibilidad. Se requiere de conexión a internet para hacer uso de la tecnología. Esto representa un problema para aplicarlo en zonas con escasa cobertura o estabilidad de señal. Se podría plantear como solución a esto, la posibilidad de un respaldo local, sin embargo, se abre la posibilidad de que los datos locales no concuerden con la versión en la nube, dando lugar a incongruencias que deriven en problemas mayores. Para el caso puntual de la salud, la rapidez y confiabilidad con la que se accede a esta información puede resultar vital.

Mantenimiento. Almacenar información en la nube implica luego el mantenimiento de los servidores en donde esta se aloja. Interrupciones o errores en el almacenamiento podrían dar lugar a la pérdida irreversible de los datos.

Seguridad. Conforme progresa el desarrollo tecnológico, se necesita reforzar los mecanismos de seguridad de los datos para evitar violaciones a los mismos.

2.3. Sobre el manejo de datos sensibles en hospitales

Los datos sensibles de los hospitales son uno de los principales blancos de ciberataques ya que en los mercados clandestinos se ofrece mucho dinero por la

información que estos tienen a su disposición. Debido a la falta de actualización en cuanto a seguridad de los datos sensibles en muchos hospitales del mundo y en especial en Argentina, los ciberataques son cada vez más comunes[8]. Un claro ejemplo es lo que ocurrió en mayo de 2017, cuando un ataque ransomware, llamado “WannaCry”, afectó a 78 países, incluido Argentina, donde afectó a muchos hospitales públicos y privados [9].

El ataque consistía en atacar a toda una infraestructura mediante las computadoras que la componían, inhabilitando el uso de las mismas. Las computadoras más afectadas fueron las que tenían instalado el sistema operativo Windows XP (dejó de dar soporte en 2008) que no podían seguir siendo utilizadas hasta que se enviase cierta cantidad de bitcoins[7]. El problema principal fue que los atacantes podían acceder fácilmente a los datos sensibles del hospital porque muchas de esas computadoras estaban directamente relacionadas con la base de datos.

Otro ejemplo notable, es el caso de un reconocido hospital de la Ciudad de Buenos Aires, en el cual la historia clínica de los pacientes se encuentra totalmente digitalizada. En este caso se resalta que la amenaza a dicha información es interna, ya que el acceso a la misma no está debidamente segmentado. Esto hace que los datos de los pacientes puedan ser accedidos por personal del hospital al cual no le corresponde hacerlo, situación que se ve agravada en el contexto de pacientes de renombre público, ya sea del ámbito político, deportivo o artístico.

3. Método de implementación de la estructura Cloud mediante Infraestructura como Servicio (IaaS)

Cloud Computing puede ofrecer una Infraestructura como Servicio (Infrastructure as a Service), que consiste en la entrega de hardware y software como servicio. La entrega de hardware incluye todo lo que necesita una infraestructura

sanitaria estable, como almacenamiento, servidores, supercomputadora, y redes. En cuanto a los software asociados, puede ofrecer un sistema operativo, tecnología de virtualización, sistema de archivos y automatización de tareas [10].

En la Figura 1, se puede visualizar lo desarrollado anteriormente.

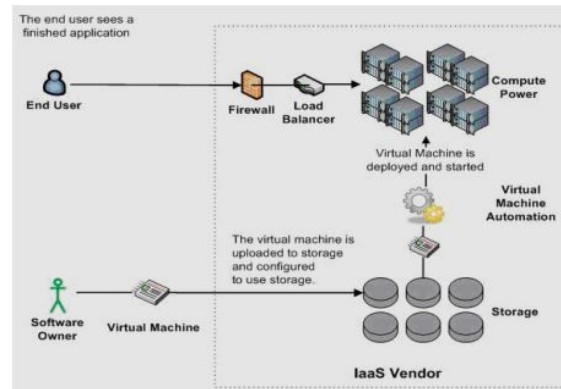


Figura 1: Infraestructura como Servicio (IaaS)

Software Owner es el desarrollador que posee la capacidad de crear productos bajo licencia y alta profesionalidad. *Virtual Machine*, un software especializado donde se incluyen varias aplicaciones que eventualmente funcionarán en la nube. Esta máquina virtual es entregada a *IaaS Vendor*, quienes poseen todo el almacenamiento, la seguridad y poder computacional para ejecutar la máquina virtual automatizada (un entorno en el cual el usuario final pueda crear sistemas virtualizados). Estos últimos son los que entregan el servicio IaaS. Los “*End User*” representado en la figura, serían uno o varios hospitales, dependiendo de la administración de los mismos.

Contrastando con el ejemplo nombrado en el punto 2.3, una solución de esta naturaleza podría ayudar a evitar futuros ciberataques por varios motivos: en primer lugar, los datos sensibles estarían almacenados en la nube, por lo cual si se bloqueara la computadora, no se vería afectado el acceso a la base de datos. Por otra parte, no habría problemas con los

macrodatos porque IaaS ofrece servidores propios y supercomputadoras, lo cual ahorra espacio en la infraestructura sanitaria. Además, esta implementación disponibiliza un propio sistema operativo que está soportado 24 horas al día los siete días de la semana.

Por último, cabe destacar como punto importante, que cloud computing ofrece un gran respaldo en cuanto a seguridad informática y firewall en la red [10].

4. La Nube Privada (Private Cloud) como modelo de implementación en hospitales

La nube privada ofrece muchos servicios, pero el fin principal de este documento es explicar cómo afectaría la seguridad en la infraestructura de un hospital, en caso de que se implementara.

Toda la información exclusiva de un hospital, que puede ser gestionada por terceros, depende de la decisión de la administración del hospital. Esta estructura garantiza un mecanismo de detección y recuperación en caso de fallos en la información almacenada, mediante *hooks* (serie de funciones que incluye cloud computing). A su vez, integra el mayor número de sistemas de almacenamiento y de sistemas de ficheros en red, siendo la única solución con soporte para la Interfaz de Gestión de Datos de la Nube (CDMI, *Cloud Data Management Interface*), estándar de la DMTF [11].

5. Discusión

Si bien la implementación de este servicio en los hospitales puede mostrar una notable mejora en su seguridad, siendo el proveedor del servicio el que pone a disposición a sus especialistas para ocuparse de ella, también es verdad que se brinda la información privada a terceros. Un caso que ejemplifica los riesgos que esto puede implicar, se dio cuando Google entregó información privada a NSA sin permiso de los usuarios, según los relatos de Edward J. Snowden[12].

6. Conclusión

El potencial de Cloud Computing es enorme y aún no se ha explotado en su totalidad. Brinda una gran accesibilidad a la información e implica una nueva forma tanto de difusión como de almacenamiento de la misma. La posibilidad de unificar y compartir de forma inter-hospitalaria el historial clínico de un paciente resulta una herramienta de gran valor para el sector salud. Asimismo, es un potencial riesgo. Cloud Computing debe crecer de la mano del desarrollo de una nueva generación de seguridad informática para resguardar los datos que se almacenen. El peligro de la fuga de datos sensibles está latente. La difusión de información privada de los pacientes puede resultar en consecuencias graves, y de mucha repercusión en el caso de personajes públicos. De esta manera, Cloud Computing resulta un terreno en el que todavía se puede explorar muchas posibilidades de aplicación en el área de la salud.

Actualmente existe una organización sin fines de lucro llamada *The Joint Commission*, la cual acredita organizaciones de salud en Estados Unidos. Su principal objetivo es elevar los estándares de calidad de atención al paciente y su seguridad.

En Argentina, únicamente dos entidades de salud cumplen sus parámetros. Estas son el Hospital Italiano de la Ciudad de Buenos Aires y el Hospital Austral.

Basados en el espíritu de *The Joint Commission*, proponemos entonces la colaboración con este proyecto, participando activamente en la difusión de la información disponible, y acercando así a diferentes entidades la posibilidad de desempeñarse bajo los estándares antes mencionados. En consecuencia, se optimizaría no sólo el manejo interno de información en el hospital, sino también la comunicación inter-hospitalaria en pos de acrecentar el beneficio para el paciente.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Referencias

1. The NIST definition of Cloud Computing.
<https://goo.gl/2w8bmQ> Último acceso: Abril de 2018
2. Hugo E. Arce. Organización y financiamiento del sistema de salud en la Argentina.
<https://goo.gl/5YxgmT> Último acceso: Abril de 2018
3. Cristian Sanchez. *La seguridad en los hospitales: tu salud y tus datos, ¿en peligro?*
<https://bit.ly/2xxr9o0> Último acceso: Mayo de 2018
4. Enhanced Hospital Information System by Cloud Computing: SHEFA'A, <https://goo.gl/3u7976>
Último acceso: Mayo de 2018
5. Recuperación de desastre
<https://aws.amazon.com/es/disaster-recovery/>
Último acceso: Junio de 2018
6. Deloitte. *What Cloud Computing means for business, and how to capitalize on it.*
<https://bit.ly/1UExnnE> Último acceso: Junio de 2018
7. *5 Cloud Computing Advantages for the Healthcare Industry.*
<https://bit.ly/2MG3sRq> Último acceso: agosto de 2018
8. *Ataques cibernéticos, la nueva amenaza de muerte en los hospitales del mundo,*
<https://goo.gl/Z2bHNn> Último acceso: Julio de 2018
9. Joana Oliveira. *El ataque "ransomware" se extiende a escala global*
<https://goo.gl/KoZ9TX> Último acceso: Julio de 2018
10. *Cloud computing: A study of Infrastructure as a Service*
http://www.academia.edu/1181740/Cloud_computing_A_study_of_infrastructure_as_a_service_IAAS
Último acceso: Julio de 2018
11. *A Private Cloud's Reference Architecture Proposal*
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282015000100001&lang=pt
Último acceso: Julio de 2018
12. *Lo que Snowden ha revelado hasta ahora del espionaje de EE.UU.*
<https://goo.gl/qKgtYT> Último acceso: Agosto de 2018

Implementación de sistema de reconocimiento facial para combatir el *grooming*

Fernando Galeano Adúriz; Emerson Javier Davenheimer; Andrea Zumárraga; Cristian Romero; Nicolás Dias
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El crecimiento y la popularidad de las Redes Sociales en los últimos años ha sido exponencial y ha facilitado la interacción de millones de usuarios alrededor del mundo. Sin embargo, no todas las personas las utilizan con el fin para las cuales fueron desarrolladas. En estas plataformas es donde, hoy en día, se lleva a cabo el grooming, una actividad criminal en la cual se busca contactar, atraer y abusar de un menor. Esta actividad se puede realizar gracias al anonimato que brinda Internet y al desconocimiento y/o falta de medidas de privacidad eficaces para combatirlo. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es dar a conocer la problemática del grooming, cuáles son sus metodologías más utilizadas y las medidas de privacidad actualmente disponibles. Asimismo, se plantea la implementación de un sistema de verificación de perfiles en las Redes Sociales mediante el uso de tecnologías biométricas para reducir la cantidad de perfiles falsos dentro de las mismas.

Palabras Clave: *grooming*, reconocimiento facial, Redes Sociales, tecnologías biométricas

Introducción

Hoy en día la presencia en Internet es permanente con el crecimiento y la gran popularidad de las Redes Sociales [1]. Éstas permiten a sus usuarios relacionarse, compartir información, coordinar acciones y mantenerse en contacto [2]. El mal uso de este tipo de tecnologías de la información y la comunicación también brinda la posibilidad de escudarse en el anonimato y trae consigo malos usos como el ciberacoso, sexting, entre otros [3]. Un lugar destacado entre estas actividades es el *grooming*, el cual Juliane A. Kloess lo define como “un conjunto de estrategias que una persona adulta desarrolla para ganar la confianza del/la joven a través de Internet [4], con el fin último de abusar sexualmente de él/ella”.

Este tema es de interés debido a que un estudio realizado a jóvenes chilenos, respecto del uso y hábitos en las Redes Sociales, establece que un 74% de los jóvenes encuestados recibe solicitudes de amistad de desconocidos sin amigos en común [5]. Dada su inocencia y falta de conocimiento y de manejo en las opciones de privacidad, los niños son más susceptibles de ser engañados por esta práctica. Mediante el uso de tecnología ya existente de reconocimiento facial, estas prácticas pueden ser disminuidas.

En este contexto, los objetivos del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada), son proponer la implementación del reconocimiento facial como medida para la verificación total del perfil, comparar la propuesta del reconocimiento facial con otras medidas de seguridad biométricas actualmente disponibles, y añadir una opción en las Redes Sociales que permita únicamente la interacción con usuarios verificados.

Para cumplir con dichos objetivos, el trabajo consta de cinco secciones: en la primera se define el concepto de *grooming*, sus estrategias y metodologías, llevadas a cabo por sus perpetradores. En la segunda sección, se desarrollan las medidas de seguridad actualmente disponibles por las Redes Sociales para combatir este tipo de abusos. En la tercera, se define el concepto de tecnologías biométricas y se da una breve descripción de las más utilizadas en seguridad. En la cuarta sección, se detalla una solución alternativa a la hora de la verificación del perfil mediante el uso de reconocimiento facial y se establecen sus ventajas y desventajas en comparación con los sistemas de seguridad biométricos. En la

quinta y última sección, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Metodologías y estrategias utilizadas en el *grooming*

El crecimiento de la utilización de dispositivos electrónicos que permiten la comunicación y el envío de archivos, sumado al incremento de niños y adolescentes que utilizan Redes Sociales, foros y juegos, permite que personas mal intencionadas puedan sacar provecho de ello bajo un anonimato [6]. Una de las malicias que realizan estas personas se conoce como *grooming*. Este se define como la acción deliberada de un adulto para acosar sexualmente a un menor a través del uso de tecnologías de comunicación o utilizando las mismas para lograr encuentros sexuales [7]. En la Argentina este tipo de delito se encuentra penado bajo la ley 26.904, artículo 31, desde noviembre de 2013 [7].

No todos los acosadores llevan a cabo las mismas estrategias para intentar acceder al menor, pero sí existen generalidades. Al principio, investigan y analizan a los menores para poder adaptarse a lo que ellos necesitan, sus códigos, y llegarles de forma más fácil a la hora de iniciar la comunicación, creando una identidad acorde a toda la información recolectada [8]. Cuando los agresores tienen a sus víctimas seleccionadas, utilizan su perfil falso (adaptado a la situación del menor) para recabar más información: conflictos familiares, necesidades afectivas, problemas o elementos que les gustaría conseguir, y de esa forma saben si continuar o elegir una nueva víctima [8]. Algunos deciden no relacionarse demasiado, por lo que al momento de conseguir contenidos íntimos del menor, mediante el uso de softwares y compra de objetos, utilizan amenazas para lograr encuentros sexuales o más contenido pornográfico. Por otro lado, están los agresores que sostienen relaciones duraderas en el tiempo para poder obtener contenidos íntimos y encuentros sexuales

únicos, por medio de la confianza conseguida. Tratan de capitalizar los problemas familiares que tienen las víctimas y/o el afecto que los haga sentir seguros. Las personas que llevan a cabo este tipo de delito suelen acosar a más de una víctima al mismo tiempo [9].

Las dos metodologías más implementadas a la hora de conseguir lo que busca el agresor son el engaño y el chantaje [10]. El engaño lo utilizan para llegar a la víctima bajo un perfil irreal, como puede ser el de un famoso. De esta forma el menor cree estar interactuando con un posible amigo, un personaje reconocido o una futura pareja, pero jamás se imagina que está ante un abusador [10]. El chantaje consta en conseguir algún tipo de información que comprometa al menor (fotos, videos, audios), y así poder amenazarlo y/o extorsionarlo. Este método también se utiliza como complemento del anterior ya que a través del engaño se puede conseguir contenido comprometedor y avanzar con éste [10].

2. Identidad digital y medidas de privacidad actualmente disponibles

El acto del *grooming* presenta como parte de su metodología la suplantación de la identidad digital del perpetrador por una acorde a la del menor que desean acosar [11]. Rosa Maricela Quishpi define la identidad digital como el vestigio personal que se deja plasmado en el ciberespacio, que contiene en su interior información básica, real y ficticia de nuestra vida que es expuesta a comentarios y aprobaciones de los demás, tomando en cuenta las diferentes políticas de privacidad que posee cada red social [11]. Según Freire, si bien la identidad digital no es un peligro para la seguridad de las personas en sí misma, si un individuo no construye su identidad digital, otra persona podría suplantarla y eso sería perjudicial [11]. Por ello, algunas medidas para proteger la identidad digital y hacer de la navegación en Internet y las Redes Sociales un entorno seguro son el uso de

herramientas y estrategias para restringir e-mails no deseados, comprobar que la página es segura, cambiar la configuración de seguridad del navegador [12], añadir como amigos sólo a las personas que se conoce, clasificar la lista de amigos, consultar las políticas de uso del servicio, elegir quién puede ver nuestros datos y así configurar las opciones de privacidad, tener responsabilidad al de momento de publicar algo, reclamar al proveedor de servicios y denunciar a la policía cuando se ve que algo está mal, entre otros [11].

3. Tecnologías biométricas

La biometría se refiere a la aplicación automatizada de técnicas biométricas, a la certificación, autenticación e identificación de personas en sistemas de seguridad. Estas técnicas biométricas se utilizan para medir características corporales o de comportamiento de las personas con el objeto de establecer una identidad [13].

Para que las características físicas puedan ser utilizadas para la identificación deben cumplir con los siguientes requisitos:

- **Universalidad:** todas las personas deben poseer esa característica.
- **Singularidad:** dos personas cualesquiera deberán ser distintas una de la otra en base a sus características.
- **Estabilidad:** no deben cambiar los rasgos físicos durante el tiempo.
- **Cuantificable:** la característica debe poder calcularse cuantitativamente.
- **Aceptabilidad:** las personas deben acceder a usar ese rasgo para que sea considerado como parte del sistema de identificación biométrico.
- **Rendimiento:** debe contar con un nivel de exactitud elevado para que la característica sea aceptable.
- **Fraude:** establece la complejidad del sistema para resistir a técnicas fraudulentas [14].

Entre las técnicas biométricas más utilizadas en seguridad, se encuentran las siguientes:

- **Huella dactilar:** es un rasgo biométrico y se lo usa como método de seguridad debido a que cada persona posee una huella distinta, incluyendo a personas gemelas o familiares, y no cambia a lo largo del tiempo. Se compara una huella digital con los modelos almacenados en una base de datos, tanto para identificar como para autenticar a un usuario.
- **Iris:** es usado como método de seguridad debido a que es altamente distinto para cada ojo de cada persona. Para la captura del iris, el usuario debe situarse a una determinada distancia del sensor.
- **Geometría de la mano:** la mano es un rasgo no muy distinto para cada individuo. Para el uso de esta técnica biométrica, se requiere adquirir la imagen de la mano del usuario en un escáner u otro dispositivo de captura.
- **Voz:** la voz es un rasgo biométrico muy aceptado para ser usado en la seguridad ya que su obtención no es de gran dificultad.
- **Características faciales:** el rostro es un rasgo biométrico muy aceptado en seguridad, debido a que es el que más se usa entre las personas para reconocerse. Una ventaja de esta técnica biométrica es que para obtener el rasgo sólo se necesita una fotografía [13].

4. Solución alternativa

Un estudio realizado a más de 25000 jóvenes de entre 6 y 18 años, concluyó que a partir de los 10 años el 90% accede a Internet desde su casa y, entre los más pequeños (6-9 años), 8 de cada 10 también

suelen utilizar Internet de forma constante u ocasional [15]. Otro estudio indica que el 76.9% de los jóvenes en una escuela de educación media en México tiene celular y, entre las actividades para los que se utiliza, se encuentran el uso de la web para chatear y platicar en Messenger [16]. Los resultados de estas investigaciones indican que niños y niñas están expuestos a situaciones de riesgo, las cuales incluyen el enganchamiento en línea con el fin de explotarlos sexualmente y la exposición a material sexual para uso exclusivo de los adultos [16]. Según lo establece Villacampa Estiarte, el Departamento de Justicia de Estados Unidos estima que en 2007 cerca de 50.000 predadores buscaban a sus objetivos a través de las redes y la misma autora, junto a Gómez Adillón, extraen de un estudio realizado en el año 2015 el dato de que el primer contacto en los casos de *grooming* tiene lugar en un 54% en Redes Sociales, en un 23% en los chats y en un 10% a través del correo electrónico [17].

En este contexto, se propone la implementación de un sistema de reconocimiento facial para la verificación de perfiles en las Redes Sociales. El mismo consiste en que al momento de crear un perfil, el usuario suba un mínimo de tres fotografías en las que se lo pueda identificar claramente y, acto seguido, la aplicación le solicite acceso a su cámara para que se tome una foto en ese instante, preferentemente en un entorno iluminado (Figura 1).



Figura 1. Pantalla de verificación de rasgos faciales

Luego, la aplicación debe realizar una comparativa entre las fotos subidas por el usuario y la tomada en ese instante. En caso de estar todo correcto, se le indica al usuario que la verificación se realizó con éxito y una insignia que indique que su perfil es verificado aparece junto a su nombre en su perfil (Figura 2).

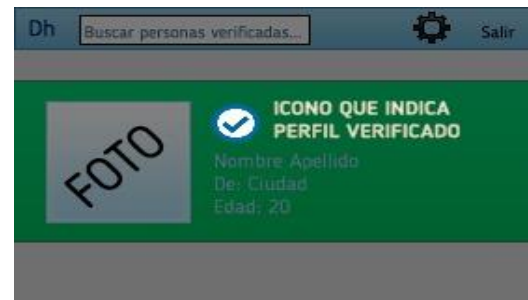


Figura 2. Insignia de verificación en el perfil

También se le brinda la posibilidad de habilitar una opción para recibir mensajes y solicitudes únicamente de perfiles verificados (Figura 3).

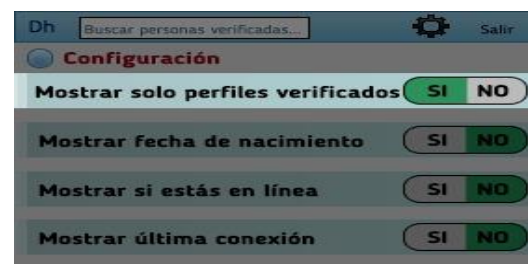


Figura 3. Opción para recibir mensajes de perfiles verificados

En caso de dar una respuesta negativa, la aplicación pide al usuario intentar nuevamente o brinda la posibilidad de continuar sin verificar y sin recibir la insignia (Figura 4).



Figura 4. Pantalla para verificar el perfil

La utilización de este tipo de tecnología biométrica por sobre otras, se debe a su bajo costo y alta aceptabilidad, ya que no tiene implicaciones legales, es fácil de usar y no es invasivo [18]. Además, algunas Redes Sociales ya cuentan con tecnologías de reconocimiento de rostros, como es el caso de Facebook a la hora de etiquetar amigos, y de seguimiento de rostros, que Instagram y Snapchat utilizan para sus filtros dentro de la aplicación. Otra ventaja que presenta es que no requiere de sensores especiales como los utilizados en otras técnicas biométricas como las de huella dactilar y geometría de la mano. Sólo es necesaria una cámara frontal en el celular o una webcam en el caso de un ordenador. Entre sus desventajas se encuentran la necesidad de imágenes de buena calidad, ya que la iluminación, las poses y expresiones que haga la persona pueden afectar el rendimiento del sistema [18]. Además, la cámara debe poder reconocer cierto grado de profundidad para evitar el uso de una fotografía de otra persona en el proceso de verificación del perfil. Otra desventaja consiste en que debe actualizarse en el tiempo debido a que la persona envejece y por lo tanto cambian sus rasgos faciales, a diferencia de las técnicas biométricas que utilizan las huellas dactilares o el iris, que no varían a lo largo de los años.

5. Conclusiones y futuras líneas de trabajo

En este trabajo se presenta al *grooming* como un tipo de actividad criminal que crece por su facilidad para perpetuarse en las Redes Sociales y que consta de diversas estrategias para contactar, atraer y abusar de un menor.

Asimismo se define el concepto de identidad digital con la intención de comprender mejor el *grooming* y dar a conocer las medidas de privacidad actualmente disponibles para defender nuestra identidad digital.

En este contexto, se plantea la utilización de tecnologías biométricas, en particular el

reconocimiento facial, como método de verificación del perfil en las redes con el objetivo de combatir el *grooming*. Si bien esta tecnología presenta ciertas desventajas, luego de compararla con otras alternativas se destaca por su alta aceptabilidad y bajos costos, además de no requerir de sensores especiales para su correcto funcionamiento. Como futuras líneas de trabajo se prevé, en primera instancia, el desarrollo completo del sistema de reconocimiento junto con todas las pantallas necesarias para la verificación del perfil. De esta manera se busca integrar el sistema dentro de las diversas Redes Sociales. Por otro lado, se busca capacitar a padres sobre esta nueva medida de seguridad, a fin de transmitir la importancia de su utilización a sus hijos.

Bibliografía de referencia:

- [1] PUJOL, F. A., JIMENO, A., PERTEGAL, M. L., GIMENO, E. *Detección automática de ciberbullying a través del procesamiento digital de imágenes* [en línea]. Alicante, España: Universidad de Alicante. 2016 [fecha de consulta 7 de mayo de 2018]. ISBN: 978-84-608-8714-0. Disponible en: <http://cor.to/LgSi>
- [2] ORIHUELA, J. L. *Internet: la hora de las redes sociales* [en línea]. Nueva Revista de Política, Cultura y Arte. 2008 [fecha de consulta 24 de abril de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LgBQ>
- [3] GONZÁLEZ, L; HERNÁNDEZ, N. *Menores y redes sociales: los riesgos de un mal uso* [en línea]. Facultad de Ciencias Políticas, Sociales y de la Comunicación de la Universidad de La Laguna. Julio 2017 [fecha de consulta 7 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LgBa>
- [4] KLOESS, JA; BEECH, AR; HARKINS, L. *Online child sexual exploitation: prevalence, process, and offender characteristics* [en línea]. Trauma Violence Abuse. 2014 Apr; 15(2):126-39 [fecha de consulta 16 de abril de 2018]. PMID: 24608540. Disponible en: <http://cor.to/LgB3>
- [5] ARAB, Elías; DÍAZ, Alejandra. *Impacto de las redes sociales e internet en la adolescencia: aspectos positivos y negativos* [en línea]. Santiago de Chile, Chile. Clínica Las Condes. 13 de marzo de 2015 [fecha de consulta 24 de abril de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LgyJ>

[6] VIAÑA, Graciela. *La Importancia de la Incorporación de la Figura Delictiva Denominada "Grooming"* [en línea]. Santiago del Estero, Argentina. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 2016 [fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LPK0>

[7] Senadores y Diputados de la República Argentina. Código penal [en línea]. CABA, Argentina. 13 de noviembre de 2013 [fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/Lx6X>

[8] SANTISTEBAN, P., GÁMEZ-GUADIX, M. *Estrategias de persuasión en grooming online de menores: un análisis cualitativo con agresores en prisión* [en línea]. Madrid, España. Universidad Autónoma de Madrid. 2 de abril de 2017 [fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LPKV>

[9] UNICEF. *Grooming: guía para adultos* [en línea]. Abril de 2014 [fecha de consulta: 28 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/Lx6J>

[10] GARCIA, J.O. *Seguridad y Riesgos: Cyberbullying, Grooming y Sexting* [en línea]. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. Diciembre de 2017 [fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/Lx6q>

[11] QUISHPI, R.M. *Elaboración y validación de una guía de manejo de la identidad digital, para prevenir cyberbullying entre adolescentes de 12 a 14 años de edad en la escuela de educación básica físcomisional "la consolidación"* [en línea]. Cuenca, Ecuador. Universidad de Azuay. 2017 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LxII>

[12] DÍAZ SÁENZ, J.R. *Factores críticos en la adopción de las medidas de seguridad utilizadas por los alumnos de los Centros formativos universitarios de tecnologías TIC al usar herramientas 2.0* [en línea]. Valencia, España. Universitat Politècnica de València. Junio de 2015 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LxIO>

[13] LEÓN P., SUSAN K. *Avances en técnicas biométricas y sus aplicaciones en seguridad* [en línea]. Carabobo, Venezuela. Universidad de Venezuela. 2016 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LxhC>

[14] PRÓ L., GONZÁLES J. C., CONTRERAS W., YAÑEZ C. *Tecnologías biométricas aplicadas a la seguridad en las organizaciones* [en línea]. Lima, Perú. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática Universidad Nacional Mayor de San

Marcos. Mayo de 2014 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/Lxhd>

[15] BRINGUÉ, X., SÁDABA, CH. *La generación interactiva en Iberoamérica. Niños y adolescentes ante las pantallas* [en línea]. Colección Fundación Telefónica, Ariel. Barcelona. 2008 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LxNO>

[16] GUTIÉRREZ, R., VEGA, L., RENDÓN, A.E. *Usos de la Internet y teléfono celular asociados a situaciones de riesgo de explotación sexual de adolescentes* [en línea]. Dirección de Investigaciones Epidemiológicas y Psicosociales del Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz, México. 2012 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LxNH>

[17] SAÑUDO UGARTE, M. I. *El Grooming (art. 183 ter 1 y 2 CP): Análisis típico y propuesta interpretativa* [en línea]. Leioa, Bizkaia, España. Universidad del País Vasco. 2016 [fecha de consulta: 4 de julio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2tZ2vIA>

[18] SÁNCHEZ ÁVILA, C. *Aplicaciones de la Biometría a la Seguridad* [en línea]. Madrid, España. Universidad Politécnica de Madrid. 2012 [fecha de consulta: 20 de junio de 2018]. Disponible en: <http://cor.to/LxNs>

Datos de contacto:

Galeano Adúriz, Fernando. UTN-FRBA.
feraduriz@yahoo.com.ar

Davenheimer, Emerson Javier. UTN-FRBA.
ejdavenheimer@gmail.com

Zumárraga, Andrea. UTN-FRBA.
zumarragaandrea@gmail.com

Romero, Cristian. UTN-FRBA.
romero.cristiangabriel99@gmail.com

Dias, Nicolás. UTN-FRBA.
nicolasezdias@gmail.com

Neutralidad de la Red

Herasimiuk, Alexis Ezequiel; Tacza Ibarcena, Juan Sebastián; Caneda, Franco Ezequiel; Ferchero, Juan Francisco; Felpeto, Ramiro Joaquín; Croce, Lucas Lihueel.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La Neutralidad de la Red es un principio que asegura la igualdad de trato a todo tipo de tráfico en Internet. Es importante ya que asegura la libertad, la transparencia, la competencia, y la igualdad en internet. Por otra parte, esta regulación reduce significativamente los ingresos de los dueños de la infraestructura de la red, factor determinante en la calidad final del servicio. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es analizar la importancia de la neutralidad de la red, cómo ésta afecta al mercado, a la política y al usuario final.

Palabras Clave

Neutralidad, Red, Regulaciones, Internet.

Introducción

La “Neutralidad de la Red” es un conjunto de normas que regula el contenido o servicios de Internet de forma equitativa en cuanto a accesibilidad y disponibilidad. Los Proveedores de Servicios de Internet (ISP) así como los estados, deben garantizar la igualdad de trato a los datos o “bienes informacionales” (circulando en forma de BITS) [1]. El cumplimiento de este principio afecta de manera directa a los usuarios, el ISP debe asignar el mismo ancho de banda a todos los sitios de Internet y la facturación debería ser solo por el producto, no por el tipo de uso que se le dé [2]. En ausencia de dicho principio, las primeras consecuencias a destacar son la posibilidad de que los proveedores de servicios de Internet cobren una comisión a servicios como Netflix, a cambio de un tratamiento preferencial por sobre sus competidores, trasladándose así en un costo extra hacia los consumidores [2]. De la misma forma, se puede exigir a los usuarios el pago de un plan “Premium” para contar con la posibilidad de acceder a diversos sitios como puede ser el uso del buscador “Google” [2]. Los estados también deben respetar este principio. Organizaciones internacionales tales como la Organización de Naciones

Unidas (ONU) [5], u Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) [6], han dado a conocer la necesidad de considerar el acceso a la red como un derecho fundamental [3].

Los gobiernos de los países tienen intereses en controlar la red dado que implica tenerlo sobre la información que ella comprende. [3]. A su vez, también tiene la capacidad de impartir justicia en cuanto al material presente en Internet, por ejemplo, con la clausura de página de descarga de contenido ilegal (libros, películas, música, juegos), así como servicios de sicarios, o venta de armas y drogas [1].

Recientemente, Estados Unidos rescindió las regulaciones impuestas por la Comisión Federal de Comunicaciones (FFC) durante el mandato de Barack Obama en 2015, las cuales impedían que los Proveedores de Servicios de Internet traten de manera preferencial el tráfico de la red [4].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar la importancia de la neutralidad en la red, y cómo ésta afecta al mercado, a la política y al usuario final. Para ello es necesario estudiar el impacto de la rescisión de las regulaciones de neutralidad de la red en los Estados Unidos, y analizar el caso particular de Argentina y su legislación actual. Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: la primera parte procede a explicar cómo funciona la distribución de Internet, definir el concepto de neutralidad de la red, y su influencia en los distintos ámbitos. La segunda parte, se focaliza en el análisis de la situación en Estados Unidos y Argentina. En la última parte, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Arquitectura de la Red

En el siguiente apartado se explica la distribución y funcionamiento de la red, así como su efecto en las regulaciones. En la subsección 1.1 se describe brevemente la historia de la red; en la subsección 1.2 se explica su estructura. Finalmente en la subsección 1.3 se detallan los diferentes motivos por los cuales se puede estar, o no, de acuerdo con las regulaciones.

1.1 Historia de Internet

El origen de Internet se remonta a la década del 50, en el marco de la guerra fría, cuyos máximos exponentes fueron la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, y los Estados Unidos de Norteamérica [7]. En este contexto de temor y desesperación en EE.UU se buscaba desarrollar una red de telecomunicaciones descentralizada, con el objetivo de disminuir los riesgos posibles ante un ataque soviético y perder toda la comunicación [7]. Por tal motivo, se ha desarrollado una red de comunicaciones que no tiene un centro único, donde la información puede recorrer caminos alternativos, con el único fin de llegar a su destino. Para conseguir tal objetivo se dividen los bloques de información en bloques más pequeños (denominados paquetes), y reensamblan en el punto de llegada, prepara caminos alternativos posibles para la información. Luego de un largo proceso de crecimiento y expansión, se fueron adoptando nuevas formas de transmisión de información [7], como el correo electrónico (E-Mail), y nuevos protocolos de transmisión (Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet: TCP/IP, Sistema de nombres de dominios: DNS, Protocolo de transferencia de hipertexto: HTTP) [8], y la World Wide Web (W.W.W.), hasta ser lo que hoy conocemos como Internet. Como resultado de la separación de esta red de las manos de los militares, se fue privatizado su distribución y concluyó con la formación de lo que son los Proveedores de Servicios de Internet (ISP), de la misma forma las empresas privadas

dueñas de los tendidos de cables y satélites son directamente responsables del funcionamiento del Internet, puesto que depende de la infraestructura la cantidad de información que se puede transmitir en un instante de tiempo a través de estos medios. [7].

1.2 Estructura de la Red

Según Zukerfeld [7], la estructura de la red se puede dividir en 5 capas fundamentales: Infraestructura, Hardware, Software, Contenidos y Red Social.

- **Infraestructura:** comprendida por los tendidos de fibra óptica continentales, cables submarinos y satélites.
- **Hardware:** Computadoras, Smartphones, modems/routers, servidores de los ISP, servidores de empresas basadas en la web.
- **Software:** pueden ser buscadores, navegadores, World Wide Web, E-Mail, TCP/IP, software de cada página web y software de los niveles de infraestructura y hardware.
- **Contenidos:** imágenes, audios, textos, etc.
- **Red Social:** comprendida por comunidades, usuarios y moderadores.

La información digital (paquetes) circula por los medios que se han mencionado en la capa de infraestructura, cuyos artefactos son sumamente caros y se encuentran en manos de unos pocos capitalistas [7]. Por otro lado, el ancho de banda que se define como la cantidad de información que se puede transmitir en un instante de tiempo [9], está limitado físicamente por el despliegue de la infraestructura [7]. El direccionamiento de los bits desde la capa de infraestructura a cada uno de los terminales es realizado por los Proveedores de Servicios de Internet, también formando un oligopolio [1]. Por lo tanto, la información que circula en la red es accesible gracias al Software, que se define como un conjunto de instrucciones que permite al usuario interactuar con el hardware [10]. Esta información circulando en forma de bits, es el contenido, que se puede interpretar como un nuevo tipo de mercancía, llamados Bienes Informacio-

nales (BI) [1]. Los BI tienen una particularidad y es que son fácilmente replicables con un costo tendiente a cero. [1]. “Cada vez que un usuario realiza una acción en Internet a través de un dispositivo digital, esta sale de su dispositivo, pasa por un ISP, viaja en miles de fracciones a través de la red de infraestructura hasta el servidor destino, previa relación con el servidor DNS. Según la acción ejecutada, el servidor destino genera una respuesta, la cual puede volver al usuario original o ser retransmitida a otro/s usuario/s según cuál sea la acción deseada” [1].

El desarrollo a través del tiempo de lo que hoy se conoce como Internet, dio lugar a que la infraestructura de la red sea gestionada de forma casi monopólica, por algunos capitalistas, por lo que la base, el elemento limitante de su estructura en el recorrido de los bits depende principalmente de ellos, de la inversión y el mantenimiento, cuyos exorbitantes costos son absorbidos indirectamente por los consumidores finales.

1.3 Neutralidad de la Red

Sin las regulaciones de Neutralidad de la Red, el Proveedor de Servicios de Internet, puede influenciar en lo que se ve, y que tan rápido se lo ve [11]. En el momento que se accede a ver un video en la plataforma Youtube, se navega en Facebook o se leen las noticias, es necesario un ISP para acceder a su contenido y el principio de Neutralidad de la Red demanda que el ISP trate de manera equitativa a toda la información que por ella pasa [11].

A continuación, se detallan los motivos por los cuales es posible no estar de acuerdo con las regulaciones sobre la red:

- Bloqueo de páginas y aplicaciones “peligrosas” o violadoras de derechos de autor. El ISP tiene la capacidad de identificar cuando un flujo de bits se trata de descargas ilegales, Torrent, aplicaciones Peer to peer (P2P), o simplemente contenido ilegal. [1] Algunos autores califican a los ISP como responsables de las infracciones de

propiedad intelectual cometidas por sus usuarios [12].

- Cancelar la tarifa plana y brindar conexión “Premium”. Cobrar extras a los usuarios según los contenidos que pretende visitar [1]. Se prefiere cobrar extras a aquellos consumidores o entidades que usen un ancho de banda desproporcionado (por ejemplo, servicios de transmisión de video) [13].
- La neutralidad de la red reduce la inversión en servicios de Internet. La imposibilidad de los ISP de cobrar extras por servicios baja significativamente las ganancias y no permiten nuevas inversiones con el fin de mejorar el servicio a modo de mantener la competitividad con otros proveedores [13], así como combatir la obsolescencia y deterioro de la infraestructura de la red.
- Relacionado con el punto anterior, un estudio de Universidad de Wisconsin-Madison explica que en los próximos 15 años el nivel del mar aumentará como consecuencia del cambio climático, afectando así parte de la infraestructura de la red [20]. Para el año 2033 más de 4000 millas de conductos enterrados de fibra óptica estarán bajo el agua y más de 1100 centros de tráfico también estarán rodeados de ella, principalmente en las ciudades de la costa este de los Estados Unidos [20]. Los cables de fibra óptica enterrados son resistentes al agua, mas no son impermeables debido a su gran costo. Por lo tanto, es necesaria la reinversión en lo que a infraestructura respecta [20].

A continuación, se detallan los motivos por los que se puede estar de acuerdo con las regulaciones sobre la red:

- Preserva la libertad de expresión. El principio evita que los ISP tomen el control de lo que los usuarios consumen a través de Internet [13].
- Sin bloqueos ni estrangulamiento. El contenido de una página no se debe bloquear o modificar su velocidad siempre que el mismo sea legal [14].

- Sin priorización pagada. Siguiendo con el comunicado del expresidente, ningún servicio debe quedar desfavorecido por no pagar una tarifa que impone el ISP, esto es esencial para el crecimiento de Internet [14].
- Promueve la competencia. En una carta al presidente de la FFC, se anuncia que es vital que el acceso a Internet sea igual para todos, especialmente para las pequeñas organizaciones y empresas que operan fuera de los Estados Unidos. Sin el principio de Neutralidad de la Red, los ISP pueden interferir en la competencia impidiendo a las empresas extranjeras exponer su contenido y que sea accesible para la gente, interfiriendo en la capacidad de que todos tengan las mismas posibilidades de crecer en el mercado, sin barreras ni en desventaja. [15].
- Privacidad y Seguridad. Según Martin Gendler, *“Al tener la capacidad el ISP de discriminar contenidos y de potenciar o prohibir el acceso del usuario a los mismos, está en conocimiento constante de los destinatarios de las acciones, por ende, en conocimiento de sus datos de tráfico. Esto les permite en muchas ocasiones almacenarlos y crear un historial de cada usuario acerca de sus acciones en la red, el cual puede ser solicitado por el Estado, por empresas de marketing o publicidad online, por organizaciones delictivas o por cualquier interesado en obtenerlos.”* [1].

2. Situación en cuanto a la Neutralidad de la Red en EE. UU. y Argentina

En este apartado, se detalla la situación actual, respecto de las regulaciones sobre la Neutralidad de la Red en Estados Unidos y Argentina. Para ello, en la subsección 2.1 se explican los puntos clave de la Orden de Restauración de la Libertad En Internet de la FFC de Estados Unidos, y en la subsección 2.2 se explica la situación en Argentina según el Presidente de la Cámara Argentina de Internet, y se detalla cómo se encuentra

actualmente la distribución de la infraestructura en Argentina.

2.1 Estados Unidos

El 11 de junio de 2018 ha entrado en vigencia la Orden de Restauración de la Libertad en Internet de la FFC [16].

Según la FFC, para proteger la libertad de Internet tiene en cuenta tres puntos clave [16]:

- Protección al consumidor: se protegerá a los consumidores ante cualquier actividad anticompetitiva o prácticas desleales o engañosas [16].
- Transparencia: la FCC impuso que los proveedores de servicios de Internet deben difundir públicamente la información relacionada al manejo de red, el rendimiento y condiciones comerciales del servicio. Esta difusión se debe realizar a través de páginas web. Esto evitará practicas dañinas [16].
- Elimina regulaciones innecesarias para promover la inversión de banda ancha. Según la FFC, al momento de imponer las regulaciones, limitaron la inversión en redes de alta velocidad y la implementación de banda ancha, y la inversión en redes de banda ancha cayó un 5,6%. [16]. El presidente de la FFC, Ajit Pai declaró: *“Creo firmemente en una Internet libre y abierta. Nuestras reglas garantizarán que tengamos una Internet libre y abierta, y los estadounidenses tendrán acceso a una banda ancha mejor, más rápida y más barata”.* [16]

2.2 Argentina

Actualmente en Argentina se encuentra vigente la ley que garantiza de Neutralidad de la Red [17].

Ariel Graizer, presidente de la Cámara Argentina de Internet [18], sostiene que para que estas regulaciones no estén presentes, primero debe haber disponible por zona más de un prestador de servicios de Internet, con el objetivo de evitar el monopolio y quedarse sin poder consumir determinado tipo de contenido por simple decisión de un único operador disponible. Refiriéndose a

Argentina “*Todavía no hay que preocuparse*”, aunque asegura que al igual que en Estados Unidos, se han hecho negocios entre empresas como Netflix y los ISP, poniendo su contenido en sus servidores y así poder beneficiarse a pesar de las regulaciones impuestas. [18].

Argentina se encuentra en un proceso de crecimiento en cuanto a la infraestructura [18], actualmente el 51,51% de los argentinos reciben su conexión vía ADSL, el 44,32% vía cablemódem y el 2,22% por fibra óptica, como principales tecnologías de acceso [19]. El 64% de los argentinos accede a una conexión de entre 1 y 6 Megabits por segundo (Mbps), el 3% aún no llega a 1 Mbps, solo el 14% accede a una conexión entre 6 y 10 Mbps y un 16% entre 10 y 20 Mbps. Aproximadamente un 4% superan los 20 Mbps de velocidad. [19]

Los videos son indiscutiblemente los principales componentes del tráfico de la web en Argentina. El 78% son películas [19]. Los videos son tipo de contenido que más tráfico conlleva, siendo un motivo por el cual las empresas deben comenzar a invertir en infraestructura. [18].

Conclusión

La importancia de la Neutralidad de la Red radica principalmente en la posibilidad de acceder a todo contenido sin importar su clase u origen para cualquier persona. El único factor determinante en la formación del costo de servicio de Internet no debería ser más que la velocidad en Megas (Megabits por segundo), y no costos trasladados al usuario final, producto de acuerdos entre empresas, con el objetivo de establecer prácticas monopólicas en cuanto al acceso a cierto contenido en Internet para aumentar sus beneficios. Estas regulaciones aseguran el correcto desarrollo de la competencia, la transparencia y libertad en el acceso a la información, evitando así que agrupaciones políticas decidan a qué contenido se accede en beneficio propio, así como también evita que empresas de mayor trayectoria, con mejor situación económica y mejor capacidad de negociación, limiten el crecimiento de

las nuevas empresas y servicios que nacen en el hostil mundo del Internet. Por otra parte, a las empresas proveedoras de servicios de Internet, estas regulaciones limitan sus ingresos, ya que se prohíbe no solo cobrar tarifas extras por el acceso a cierto contenido, sino también la negociación y acuerdos con las grandes empresas; como consecuencia, se reduce la inversión en infraestructura que, sumándose a facilidad con la que se accede a Internet, produce un deterioro en la calidad del servicio, ofreciendo un limitado ancho de banda a un creciente público que desea acceder a contenidos cada vez más “pesados”. Además se debe tener en cuenta la obsolescencia natural de la infraestructura, siendo que en Argentina, más del 50% de las conexiones son vía ADSL, que en el caso de Movistar (empresa de Telefónica S.A.) el máximo ancho de banda disponible es de 15 Mbps a \$1170 disponible en gran parte del territorio Argentino[21], comparado con el caso de IPLANLIV (NSS S.A.) que por el precio de \$1200 ofrece una conexión de 250 Mbps a través de Fibra Óptica, pero a diferencia del caso de Movistar, ésta solo opera en tres barrios de la Ciudad de Buenos Aires [22]. Sumándose a las condiciones naturales a las que se enfrentará el tendido de fibra óptica en los próximos años, es necesario que las empresas dueñas de la infraestructura cuenten con los recursos necesarios para el mantenimiento e inversión en el tendido.

Tal y como dijo Ariel Graizer, es importante que los dueños de las redes tengan el manejo y control de su red, obteniendo los beneficios correspondientes por su trabajo con los tendidos, con el objetivo de que los usuarios finales tengan la mejor calidad de servicio posible, pero también es importante que exista más de un ISP por cada localidad, para evitar el monopolio causado por las negociaciones entre las grandes empresas [18]. Es así como se puede lograr que no se retrasen las necesarias inversiones en lo que a infraestructura respecta, promoviendo la competencia entre los distintos proveedores y asegurando que todos tengan posibilidad de acceder a todo el contenido

disponible ya que cada localidad tendría más de un posible proveedor para contratar. Solo queda esperar que el Estado facilite y promueva esta situación de competencia en lugar de aprovechar la ausencia de regulaciones para censurar a otras agrupaciones opositoras o contenidos que sean distintos a sus intereses. Como futuras líneas de trabajo se estudiará cómo han afectado estas regulaciones en el desarrollo y crecimiento de Internet, si la derogación de las regulaciones en Estados Unidos ha contribuido a una mejora en la calidad de los servicios y cómo afectó al usuario final.

Referencias

- [1] GENDLER, Martín. ¿Qué es la Neutralidad de la Red? Peligros y potencialidades. *Capitalismo, Técnica y Sociedad en debate*, [en línea] 2015, 2(4). 137-166 [Fecha de consulta 24 abril 2018] ISSN 2314-3916
- [2] TREVIÑO, Julissa. Five Things to Know About Net Neutrality. [Fecha de consulta: 25 abril 2018]. Disponible en: goo.gl/Nkmpw
- [3] MONTERDE, Arnau; DE ALÒS-MONER, Adrià Rodríguez; PEÑA-LÓPEZ, Ismael. Neutralidad de la Red, ética hacker, cultura digital, crisis institucional y nueva institucionalidad. *La Reinención de la democracia en la sociedad red*. 2013 WP13-004 1-35 [Fecha de consulta: 26 abril 2018] ISSN 2013-8644.
- [4] The Economist: What may happen to the internet in America [en línea] [Fecha de consulta: 26 abril 2018]. Disponible en: goo.gl/oxSpGs
- [5] Organización de las Naciones Unidas [en línea] [fecha de consulta: 20 de junio 2018]. Disponible en: <http://goo.gl/3YVbpb>
- [6] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [en línea] [fecha de consulta: 20 de junio 2018]. Disponible en: <http://goo.gl/cNLw3m>
- [7] ZUKERFELD, Mariano. Todo lo que usted quiso saber sobre Internet pero nunca se atrevió a googlear. *Revista Hipertextos*, 2014, vol. 1, no 2, 1-40. ISSN: 2314-3924
- [8] IBM Knowledge Center [en línea] [fecha de consulta: 20 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/3koavr>
- [9] Cambridge Dictionary [en línea] [fecha de consulta: 20 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/5cndUi>
- [10] Computer Hope [en línea] [fecha de consulta 20 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/wxf8L6>
- [11] What is net neutrality and how could it affect you? En: Youtube. BBC News 14-12-2017 [fecha de consulta 20 Junio 2018]. Disponible en: <http://goo.gl/VEq1Jd>
- [12] XALABARDER, Raquel (2006). «La responsabilidad de los prestadores de servicios en Internet (ISP) por infracciones de propiedad intelectual cometidas por sus usuarios» [en línea]. IDP. *Revista de Internet, Derecho y Política*. N.º 2. UOC. [Fecha de consulta: 20 de junio 2018]. ISSN 1699-8154 Disponible en: <http://goo.gl/HA9CZT>
- [13] ProCon [en línea] [Fecha de consulta 20 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/AEUTRw>
- [14] The White House: Statement by the President on Net Neutrality [en línea] [Fecha de consulta 21 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/n9iLzN>
- [15] European Digital Rights: Letter to the FCC: The world is for net neutrality [en línea] [Fecha de consulta 21 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/XLX4S9>
- [16] Federal Communications Commission: Restoring Internet Freedom [en línea] [Fecha de consulta 21 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/tpvAiC>
- [17] InfoLEG: Ley 27.078 [en línea] [Fecha de consulta 21 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/cPUc2W>
- [18] Cámara Argentina de Internet, Audio: Neutralidad de la red y el futuro de internet 12-1-2018 [en línea] [Fecha de consulta 21 de junio 2018]. Disponible en: <http://goo.gl/j7aei1>
- [19] Cámara Argentina de Internet: Estado de Internet en Argentina y la Región, Segundo Semestre 2017 [en línea] [Fecha de consulta 21 de junio 2018] Disponible en: <http://goo.gl/4RQGNH>
- [20] Sciencedaily: Buried Internet infrastructure at risk as sea levels rise [en línea] [Fecha de consulta: 16 julio 2018]. Disponible en: <http://goo.gl/oqx8RG>
- [21] Movistar: Plan Movistar Banda Ancha [En línea] [fecha de consulta: 22 de agosto 2018] Disponible en: <http://goo.gl/FJhb55>
- [22] IPLANliv: Internet por fibra óptica directa [En línea] [fecha de consulta: 22 de agosto 2018] Disponible en: <http://goo.gl/gH8vX4>

Desarrollo de las telecomunicaciones en Argentina

Santos Ajax - Pérez Diego - Díaz Lucas – Panozzo Jeremías – Shimabuku Gabriel

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El objetivo del presente artículo es brindar una breve descripción del desarrollo de las telecomunicaciones en Argentina y ver cómo se posicionan éstas con respecto al resto de los países de mundo, poniendo énfasis en las redes de banda ancha y tecnologías móviles, como también las problemáticas que acontecen a las mismas. Todo esto, en busca de concientizar y buscar una mejoría y evolución persistente en el tiempo.

Palabras claves:

Telecomunicaciones, Argentina, Tecnologías móviles, Evolución, Banda ancha, Enacom, Ley Argentina Digital.

Introducción

Hoy en día las telecomunicaciones ocupan un papel fundamental en la infraestructura y el desarrollo de un país. Esta área incluye varios aspectos de la transmisión inalámbrica, como lo son: Internet, Telefonía celular, Telefonía fija, Televisión, Comunicación militar, entre muchos otros [1], los cuales permiten el traspaso de información a velocidades y distancias que hacen de los mismos indispensables en cualquier ámbito de la actualidad.

“La relación entre las telecomunicaciones y el crecimiento económico ha sido por largo tiempo del interés tanto para científicos sociales como para hacedores de políticas públicas” [2]. En el caso del estado argentino, se observa la existencia de varios factores que impiden un desarrollo en el área de las telecomunicaciones, desde marcos regulatorios, altos costes, bajo acceso a altas velocidades de conexión por parte de la población, entre otros [3, 4]. Debido a esto, el territorio argentino se encuentra subdesarrollado en comparación con las

redes de otros países del mundo [5]. Un ejemplo evidente de dicha problemática, es que mientras varias potencias mundiales ya han comenzado a implementar el uso de las redes “5G”, cuyas velocidades de conexión a Internet superan los 100 Mbps de descarga y subida, Argentina se encuentra en el puesto 93 y 82 en velocidades de Internet móvil y fija, respectivamente, según un informe del mes de abril de 2018 del sitio SpeedTest; dada su causa a que todavía se utilizan redes “3G” y “4G” en gran parte del territorio desde hace ya algunos años [6].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es evaluar el progreso de las telecomunicaciones en Argentina, realizando especial énfasis en las redes móviles y de banda ancha fija, junto con sus impedimentos, y los marcos regulatorios actuales, para lo cual se tienen en cuenta dos de las medidas más importantes que fomentaron el desarrollo de las telecomunicaciones en los últimos 5 años: por un lado, la sanción de la ley 27.078 “Argentina Digital” (2014) [7] y la creación del Ente Nacional de Comunicaciones (2016) [8]. Dichas medidas se describen con profundidad en la primera sección. En la segunda sección, se procede a realizar una comparación de las redes de telecomunicaciones en Argentina con respecto a las de países líderes en las mismas. En la sección 3, se profundiza en el ámbito de las redes celulares y su evolución. Finalmente se presentan las conclusiones y futuras líneas de trabajo en la cuarta sección, resaltándose las expectativas respecto al desarrollo de la

Argentina en esta área, así como un conjunto de recomendaciones para optimizar su avance.

1. Antecedentes

En esta sección se procede a dar una referencia histórica que abarca tanto la sanción de la ley argentina digital como la creación del Ente Nacional de Telecomunicaciones, dos hechos que repercutieron en gran medida en el estado actual del territorio argentino en materia de telecomunicaciones.

1.1 Ley Argentina Digital

Anterior a su sanción, la regulación del mercado de las telecomunicaciones en Argentina estaba estructurada a partir de la Ley Nacional de Telecomunicaciones 19.798 del año 1972, con sus respectivos decretos modificatorios [9].

La ley "Argentina Digital" fue sancionada por el Congreso de la Nación Argentina en diciembre de 2014 [10].

De acuerdo con el artículo 1, el objeto de esta ley es "posibilitar el acceso de la totalidad de los habitantes de la República Argentina a los servicios de información y las comunicaciones en condiciones sociales y geográficas equitativas, con los más altos parámetros de calidad" [7]. Por otra parte, su finalidad es garantizar el acceso de todos los habitantes de la Argentina a los servicios de la información y las comunicaciones en condiciones sociales y geográficas imparciales, e impulsar el rol del Estado Argentino como planificador [11].

Es a partir de esta ley que se crea la Autoridad Federal de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (AFTIC), cuya función consiste en la "regulación, el control, la fiscalización y verificación en materia de las TIC en general, de las telecomunicaciones en particular, del servicio postal y todas aquellas materias que se integren a su órbita conforme el texto de la presente ley, la normativa aplicable y las políticas fijadas por el Gobierno nacional"[7].

1.2 Ente Nacional de Comunicaciones

En diciembre de 2015, a partir del decreto de necesidad y urgencia (DNU) 267/15, se reemplaza a la Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual (AFSCA) y la Autoridad Federal de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (AFTIC) y se las fusiona dando lugar al Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM). Se trata de un ente autárquico y descentralizado que depende del ministerio de Comunicaciones de la República Argentina [12].

Desde entonces, el ENACOM se ha dedicado a otorgar licencias de radio y telecomunicaciones, realizar controles sobre la calidad de los servicios de telefonía móvil y fija, realizar mediciones de radiaciones (no ionizantes) en múltiples localidades y atender denuncias de usuarios de servicios TIC [13].

2. Situación de la Argentina respecto del resto del mundo

"En mayo de 2018, Speedtest, un servicio mundial para medir la conexión a internet de redes WiFi o móviles, se ha dedicado a listar un total de 133 países en todo el planeta dependiendo de su velocidad de conexión a internet. En promedio la mayoría de países cuentan con una velocidad de descarga de unos 20 megabits por segundo (Mbps), aunque las mejores velocidades se encuentran alrededor de los 150 Mbps" [6]. El estado argentino, se encuentra ubicado en el puesto 80 en cuanto a banda de ancha fija (Fig. 1), y en el 85 en redes móviles, debido a sus velocidades de 19.49 y 16.19 megabits respectivamente (Fig. 2). Argentina se sitúa por debajo de países como Uruguay, Ecuador, Brasil, Perú y Chile en territorio sudamericano, y por debajo de casi todos los países europeos y de la mayoría de los asiáticos [6].

Esta tendencia sugiere, basándose en actualizaciones realizadas mensualmente, que el país referido no posee grandes velocidades en cuanto a redes de telecomunicación, y se encuentra un tanto subdesarrollado en este aspecto.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

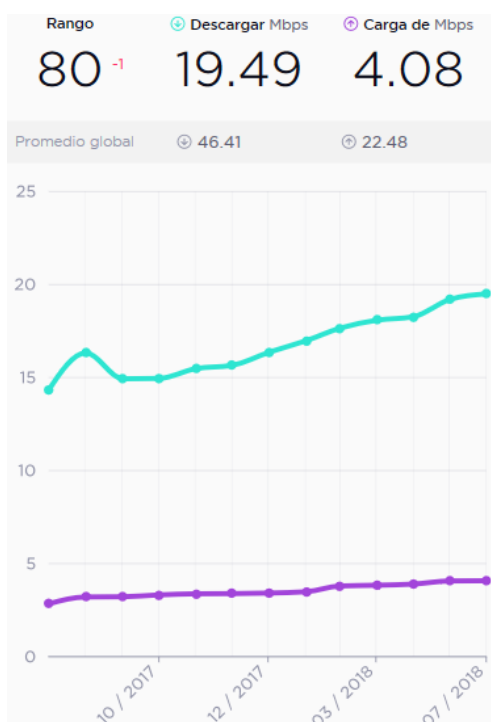


Figura 1. Velocidades de carga y descarga en banda ancha fija

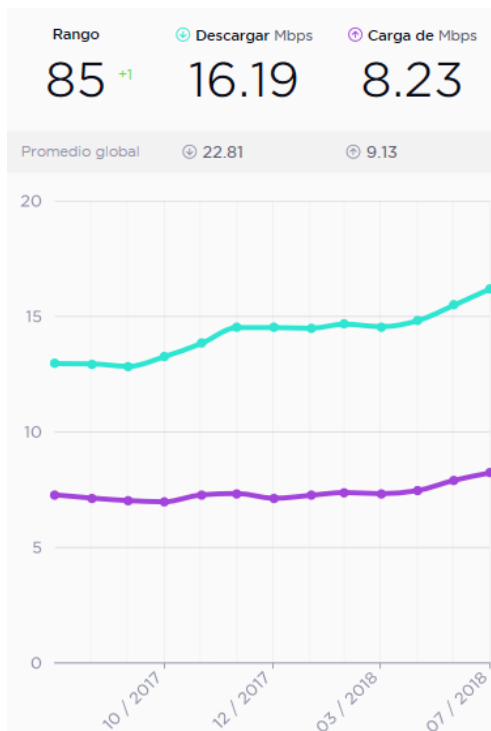


Figura 2. Velocidades de carga y descarga en redes móviles

De acuerdo con Mario Farina, director del Departamento de Electrónica y

Comunicaciones de la Universidad de Palermo, “hoy en día el 50% de los hogares tiene acceso a internet, prácticamente el doble que en 2008, enfatizando la ampliación de la cobertura como uno de los desafíos que se tienen en un futuro inmediato” [14].

Héctor Alonso, Presidente de CenturyLink en América Latina y el Caribe señala en la ExpoEfi 2018, que “el objetivo planteado es llevar las telecomunicaciones en territorio argentino al nivel de los mejores países en este ámbito; sin embargo, se requiere de tiempo y capital para proyectar esta imagen, pues si bien la inversión en los últimos 20 años ha mejorado significativamente, el déficit de infraestructura es muy grande”.

Luis Quinelli, Presidente de Sion Internet en Argentina indica en la misma exposición, que “este déficit se debe mayoritariamente a políticas que no se rigen del todo bien, a pesar de que en el año 2011 Argentina fue condecorada por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) como la mejor política de telecomunicaciones a nivel mundial gracias al lanzamiento de la fibra óptica ARSAT, la cual recorre miles de kilómetros en territorio celeste [15]. A partir de estos datos, se observa un claro avance y énfasis en el desarrollo de las telecomunicaciones en el país; sin embargo el mismo se ve afectado debido a una mala gestión a nivel político y regulatorio, así como un atraso en la infraestructura.

3. Evolución de las Tecnologías Móviles en Argentina

En el mundo, los principales países desarrollados fueron pioneros en la comunicación telefónica móvil, durante los años 60 y 70 ya que utilizaban dispositivos totalmente analógicos y de gran peso, que pocos adquirían debido a su coste y poca practicidad. Esta época es conocida como “Generación Cero” [16]. Durante los años 80, se implementó el estándar de tecnología inalámbrica analógica de primera generación, generando un avance

tecnológico con respecto a la anterior, abaratando el coste de los equipos [17].

Además, durante la década del 80 se desarrolló la comunicación móvil en Argentina, específicamente en el año 1989, cuando comenzaron a operar los primeros equipos en el país, tales como el Motorola MicroTAC, lanzado al mercado en ese mismo año, y el Motorola StarTAC, lanzado en 1996. La empresa Movicom, fue quien ganó la licitación, en ese mismo año, para comenzar a operar. La mayoría de los equipos de primera generación transmitían de forma analógica y solo parte de la comunicación era digital. El alcance del servicio era la Ciudad de Buenos Aires, el Conurbano y La Plata [18]. Con el paso de los años, se fue profundizando y demandando el uso, y por lo tanto el desarrollo de la red misma.

A nivel global, en el año 1991, se implementa la tecnología GSM y es adoptada por la mayoría de proveedores [16]. Es utilizada en simultáneo con la 1G por un tiempo, pasando a estar obsoleta esta última tiempo después [16]. En Argentina, durante el año 1993, junto con la implementación de la segunda generación de equipos y a su vez la transmisión totalmente digital GSM, aparece la licitación de la empresa Miniphone (Telefónica - Telecom) y junto a CTI móvil comienza a expandirse al interior de Buenos Aires [19]. En el transcurso del año 1996, tanto Telecom como Telefónica comienzan a operar de forma independiente, en el norte y el sur respectivamente [20]. El avance y el crecimiento de usuarios continuo, y en el año 1999 con Nextel ya abordada en el país con un servicio de radio, ocurre la licitación de una nueva frecuencia de operación, a partir de la cual las empresas podían operar a nivel nacional [19].

Ya en el año 2000, en Argentina se utilizan tecnologías GSM correspondientes a la segunda generación (2G) de tecnologías móviles [19]. A su vez, en el mismo año, la República de Corea es la primera en introducir la comunicación 3G utilizando tecnología IMT-2000, que es el estándar

mundial utilizado para este tipo de comunicaciones [22]. Surge debido a la necesidad de mejorar las velocidades de internet y calidad de la comunicación de la red 2G y todas sus variantes [21]. En Argentina, durante los años siguientes se continúa utilizando la red 2G, con soporte a dispositivos que permiten la conexión a internet a través del 2.75G mejorando el servicio original. Fue en el año 2006, que recién desembarcó la tecnología 3G al país, por parte de las 3 principales proveedoras a nivel nacional [23]. Debido al evidente atraso tecnológico de los últimos 10 años, las conexiones son siempre inferiores en cuanto a calidad y velocidad, y se acentúa más la diferencia en los últimos años: En 2007, tanto en Estados Unidos, países europeos y potencias asiáticas ya utilizaban el 3.5G como mejora al 3G que parecía un modelo anterior; sin embargo la empresa Movistar, en el mismo año presta servicio bajo tecnología 3.5G, siendo la primera de toda Latinoamérica en hacerlo [24]. En los próximos años, el estándar mundial evoluciona al 3.75G, hasta el año 2009 que se comienza a utilizar una nueva tecnología, estrenada en el mercado de Estocolmo: 4G LTE [25].

El estándar 4G LTE, se basa a diferencia de los anteriores estándares en el protocolo TCP-IP, orientado al consumo multimedia masivo y la calidad óptima de comunicaciones a través de VOIP, obteniendo velocidades de conexión a internet superiores a los 100mbps [26]. Su implementación fue masiva, en los principales polos tecnológicos y países subdesarrollados, a menor nivel. Este último es el caso de Argentina, que debió esperar hasta el año 2014 para poder utilizar esta nueva tecnología, siendo muy grande en atraso con respecto a otros países, como por ejemplo Uruguay (2011), Colombia y México (2012), Paraguay, Chile y Venezuela (2013) [27]. Hoy en día, con la presente red 4.5G, ya se comienza a trabajar tanto en Argentina como en países del exterior en la implementación de una nueva red 5G, de cara al futuro, tendiendo a la

comunicación en tiempo real, la IoT (internet de las cosas), la Inteligencia Artificial, entre otros [28].

Resultados

Tras estudiar y analizar el desarrollo de las telecomunicaciones en Argentina desde sus inicios, se pueden vislumbrar los principales problemas que han afectado a las mismas, impidiendo un potencial avance que le permita al país tener mejores velocidades y conexiones en redes. Estos problemas, como lo indican con anterioridad los ingenieros Héctor Alonso, y Luis Quinelli son debidos a la gran falta de infraestructura que posee el territorio, y por más que a esto se le ha invertido capital en los últimos años la problemática permanece a su vez por políticas que no han beneficiado un posible desarrollo.

Otra dificultad que han presentado las telecomunicaciones en la región, es el retraso que se ha venido llevando desde su surgimiento, puesto que la Argentina a lo largo del tiempo le ha costado significativamente adaptarse a los avances que acontecen en el mundo de la tecnología informática, así como a la constante evolución de las redes fijas y móviles.

Sin embargo, a través de las gráficas en las figuras 1 y 2, se puede destacar un aumento considerable en las velocidades de descarga fija y móvil dada en los últimos meses. También se observa en contraste, que las velocidades de carga casi no han sufrido cambios y se mantienen todavía en un nivel muy bajo. Finalmente, a partir de la Ley Digital, se pretende posibilitar el acceso a los servicios de información y comunicación de manera equitativa en todo el territorio Argentino, proyectando esta política en un modelo descentralizado que verifique la calidad conexión en localidades donde actualmente las telecomunicaciones poseen un nivel bastante pobre y poder mejorar últimamente esta problemática.

Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos de la investigación realizada sobre las

telecomunicaciones en Argentina, se llega a la conclusión que existe un significativo atraso, tanto en velocidad de banda ancha fija como móvil, con respecto a otros países del mundo. Esto se debe principalmente a una pobre infraestructura, la cual está ligada a la situación económica del país, y a una mala gestión en el desarrollo de las telecomunicaciones tanto a nivel político como regulatorio.

A pesar de esto, cabe destacar los aciertos al sancionar la Ley “Argentina Digital” y en la creación del Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM), debido a que ambas medidas ayudan a brindar una mejor calidad de servicio, como también una mejor regulación de estos. Como futuras líneas de trabajo, sería óptimo realizar un estudio exhaustivo sobre las políticas que pudiesen llegar a mejorar las redes de información en el estado argentino, así como profundizar la investigación en hechos recientes de importante impacto como ARSAT y SAOCOM.

Referencias

[1] VALERIA JORDÁN. *Acelerando la revolución digital: banda ancha para América Latina y el Caribe* [en línea]. Santiago de Chile, noviembre de 2010. [Fecha de Consulta: 20 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2GK7L6G>

[2] Katz, Raul L. y Callorda, Fernando Martin y Rentería Marín, César, *Evaluation of the economic impact of Telecommunications in argentina (2004-2015)*. 30 de noviembre de 2016. CPRLATAM Conference. Extraído el 22 de abril de 2018 de la página web: <https://ssrn.com/abstract=2877570>

[3] ASIET. *Argentina: reforma regulatoria para la era de la convergencia* [en línea]. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2kkmvAr>

[4] CAMMISA, A. *Análisis del status de los servicios de telecomunicaciones y proyección de la inversión para el período 2016-2025* [en línea]. Junio de 2015. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2IF2uD3>

[5] Guido Luciana Mónica, Versino Mariana Selva. *Las políticas públicas en la constitución de las redes de información y comunicación en la*

Argentina reciente (1995-2015). Septiembre 2016. Fecha de consulta: 22 abril 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/56065>

[6] Speedtest Global index - Abril 2018 [en línea] [fecha de consulta: 17 abril 2018]. Disponible en: <http://www.speedtest.net/global-index>

[7] *Ley Argentina Digital* [en línea] [fecha de consulta: 6 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2fDLTfS>

[8] Enacom (Ente Nacional de Comunicaciones). *Qué es Enacom* [en línea] [fecha de consulta: 6 mayo de 2018]. Disponible en: https://www.enacom.gob.ar/que-es-enacom_p33

[9] Esteban Lescano. *Análisis de la Ley 27.078 "Argentina Digital", reguladora de los Servicios de Telecomunicaciones* [en línea] [fecha de consulta: 3 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JHUhdL>

[10] Argentina Digital en detalle: qué cambios plantea la nueva ley de telecomunicaciones [en línea] [fecha de consulta: 4 de septiembre de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2wIhLLO>

[11] Ley Argentina Digital – 15134 [en línea] [fecha de consulta: 4 de septiembre de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2oI7876>

[12] *Decreto DNU 267/2015* [en línea] [fecha de consulta: 3 junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2bTkrIU>

[13] Enacom (Ente nacional de Comunicaciones). *Resumen ejecutivo 2017* [en línea] [fecha de consulta: 3 de junio de 2018]. Disponible en: https://www.enacom.gob.ar/multimedia/noticias/archivos/201708/archivo_20170815101729_145.pdf

[14] Farina Mario. *Actualidad de las telecomunicaciones en Argentina* [en línea] [fecha de consulta: 10 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.telecomunicaciones-mario-farina.html>

[15] El Cronista, Alonso H. Quinelli L. Abril 2018 [en conferencia] [fecha de consulta: 10 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MqmlnH>

[16] La evolución de las redes móviles hasta el 5G [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JMEFWJ>

[17] Generación 1 (1G) [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2sVEhyE>

[18] Bibiano R. Cuando no existía el teléfono, éramos más felices [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2LMt1vj>

[19] Breve historia de la Telefonía Móvil en la Argentina [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1E8y7ZD>

[20] Hace 20 años llegaba el celular a la Argentina [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HNhCsS>

[21] LI PATRICIA. El negocio 3G en el mercado argentino [en línea] [fecha de consulta: 4 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PD1kqR>

[22] NECESIDADES DE ESPECTRO PARA LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000) [en línea] [fecha de consulta: 12 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2l8J1g5>

[23] Llega la tercera generación de telefonía celular a la Argentina [en línea] [fecha de consulta: 13 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2y91d2x>

[24] Movistar inauguró en Argentina la primera red 3.5G de Latinoamérica [en línea] [fecha de consulta: 13 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2l6qalB>

[25] 4G: historia de una revolución celular [en línea] [fecha de consulta: 13 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2Jlcn51>

[26] PÉREZ F. Redes Móviles Terrestres: 4G. Escuela Técnica Superior de Ingeniería-ICAI Universidad Pontificia Comillas, Asignatura Comunicaciones Industriales Avanzadas, 2009-2010 [en línea] [Consultado 13 de junio de 2018] Disponible en <https://bit.ly/2t5zTw3>

[27] América Latina: 19 países ya cuentan con redes 4G LTE [en línea] [fecha de consulta: 13 de junio de 2018] Disponible en <https://bit.ly/2Mse96m>

[28] La red 5G prepara su desembarco en Argentina [en línea] [fecha de consulta: 13 de junio de 2018] Disponible en <https://clar.in/2wq1q0a>

Seguridad amigable: Seguridad utilizando Emojis

Carlos Schenone - Olivera, Lucas.

Universidad Nacional Arturo Jauretche, Instituto de Ingeniería y Agronomía

Abstract

Se llevo a cabo un trabajo final para la asignatura "Seguridad de aplicaciones" correspondiente al 4to año de la carrera de ingeniería informática de la universidad nacional Arturo Jauretche. El trabajo realizado consiste en promover una novedosa forma de autenticación de usuarios. Básicamente la idea principal es utilizar los Emojis [1] como contraseña con el fin de facilitarle al usuario el hecho de tener que recordar una contraseña larga y sin sentido para que su cuenta sea lo suficientemente segura. Se desarrollo una pequeña pagina web en donde el usuario puede ingresar, registrarse y logearse simplemente para poder demostrar que esta técnica es posible de implementar además de poder ver como impactarían los Emojis en las base de datos.

Palabras Clave

Seguridad – Pagina Web - Emojis.

Introducción

En el presente trabajo describe el desarrollo de un modelo de pagina web, la cual cuenta con un sign in y un login, Para realizar una autenticación más segura se propuso autenticar utilizando contraseñas basadas en Emojis. El usuario se dará de alta con un Username y Password basado en 4 Emojis, luego podrá logearse y acceder. La motivación por la cual se realiza este trabajo de investigación es para resolver una problemática común que vivimos día a día con el olvido de nuestras contraseñas y lo vulnerable que pueden ser.

Hoy en día existen diversos tipos de autenticación (por redes sociales, biométricas, entre otras). En este trabajo se comparo la forma de autenticación de una clave alfanumérica utilizando mayúsculas, minúsculas y números contra una conformada solo de Emojis. El objetivo de este trabajo es demostrar de manera práctica una mejor y más segura forma de autenticar y validar el acceso de un usuario a un sitio web.

Marco Teórico

Las contraseñas han sido siempre objeto de debate. Se trata de un método de seguridad que, con el paso del tiempo y la expansión de internet, ha demostrado ser insuficiente para proteger datos sensibles como las cuentas bancarias o incluso nuestras cuentas de correo y redes sociales.

Las contraseñas con Emojis pueden solventar tres problemas de las tradicionales alfanuméricas:

1. **Son más fáciles de recordar:** gracias a que los Emojis son imágenes amigables, se pueden recordar más fácilmente que una combinación de letras sin sentido.
2. **Son más seguras:** en una contraseña de 4 caracteres alfanuméricos con la combinación de mayúsculas, minúsculas y números se puede conseguir 16.777.216 combinaciones posibles, en cambio con la combinación de 4 Emojis, se pueden conseguir 1.330.863.361, es decir, 1.314.086.145 combinaciones de diferencia. En el desarrollo de este trabajo se utilizan 191 Emojis pero en la actualidad existen 772 Emojis dentro de Unicode [2], esto quiere decir que si utilizamos todos los Emojis registrados legalmente conseguiríamos 355×10^9 posibles combinaciones.
3. **Son más robustas:** en la codificación los caracteres se representan utilizando 1 Bytes (8 bits) es decir que una contraseña de 4 caracteres utiliza 4 Bytes (32bits), los Emojis al ser imágenes de 12x12 pixeles utilizan 4 Bytes (32 bits) para su codificación por

lo tanto una contraseña de 4 Emojis utilizaría 16 Bytes (128 bits), es decir, 4 veces más robustas que las hechas de letras.

Unicode:

“Unicode es un set de caracteres universal, es decir, un estándar en el que se definen todos los caracteres necesarios para la escritura de la mayoría de los idiomas hablados en la actualidad que se usan en la computadora. Su objetivo es ser, y, en gran medida, ya lo ha logrado, un súper conjunto de todos los sets de caracteres que se hayan codificado “[3]

Implementación

Herramientas:

Para la realizar este trabajo se utilizaron diversas herramientas. Como Framework se utilizo Symfony 3 [4], Symfony es un framework en el cual entre otras cosas nos permite manejar la vinculación y las consultas hacia la base de datos, además de que nos permite manejar la autenticación. Se monto la pagina en un servidor local con la herramienta Xampp.

Para la visualización de los Emojis se utilizo librería JS Emoji-Picker[5] la cual permitió utilizar las imágenes de los Emojis.

Vistas:

Se desarrollo 3 vistas para poder demostrar este método.

1. **Vista Sign in:** en esta vista el usuario dispone de 3 campos para poder completar con su Username y Password de Emojis, el campo de las contraseñas está configurado para poder ingresar solo 4 Emojis, aunque se podrían agregar muchos más, luego de la carga de sus datos se envía el formulario y se da de alta al usuario impactando en la base de datos el registro.

2. **Vista Login:** en esta vista el usuario ingresara su Username y Password, se validara y autenticara y se le dará acceso a la página principal de caso contrario el usuario no podrá acceder a la ventana principal.
3. **Vista principal:** esta vista es solo de prueba para poder verificar si la seguridad de autenticación de Symfony funciona correctamente.

Base de Datos:

1. Estructura

La base de datos utilizada es SQL con paradigma relacional, para la cual utilizamos PHP MyAdmin como interfaz grafica y el motor es un InnoDB. La BD cuenta con una única tabla llamada usuario en la cual almacenara el Username, Password, rol (User, Admin) y si esta activo o no. Estas dos ultimas columnas no se utilizaron para el trabajo pero es un requisito para la autenticacion solicitada por el framework.

2. Conexión:

Para la conexión con la base de datos el Framework elegido trabaja con Doctrine el cual es un mapeador de objetos-relacional (ORM) que proporciona una capa de persistencia para objetos básicamente se encarga de las consultas y de la vinculación con la base de datos.

3. Configuración:

La base de datos se crean por defecto con UTF8 el cual es un codificador de carácter, su función es convertir los caracteres en byte. La codificación UTF8 permite codificar hasta un carácter de 3 Bytes. Por lo cual los caracteres que abarca esta codificación son:

- 1 Bytes caracteres ASCII.
- 2 Bytes los cuales son los signos diacrítico ([~][`] [^]),

alfabeto griego ([Δ][ε][θ]), etc.

- 3 Byte corresponde al grupo de caracteres CJK: chino, japonés y coreano ([尷]/[尷][マ]).

Por lo tanto como ya se menciona los Emojis se codifican con 4 Bytes por lo que la codificación por defecto UTF8 no sirve para realizar este trabajo. Para solucionar este problema se configuro la base de datos con una codificación utf8mb4 el cual permite la codificación de hasta 4 Byte. Para cambiar a la nueva codificación se crea una BD y las respectivas tablas con cotejamiento utf8mb4_unicode_ci, para ser mas especifico, también se puede establecer columnas con esta codificación.

Para finalizar la configuración también se tuvo que modificar el doctrine ya que por defecto también viene con utf8 por lo tanto una vez cambiado a utf8mb4 los Emojis se almacenan perfectamente en la base de datos.

Lógica Sign in

Para el registro de usuario se utilizo un formulario básico de alta y utilizamos doctrine para generar el INSERT dentro de la base de datos. El password de los usuarios esta encriptado con el algoritmo bcrypt la cual es una función de hashing utilizado para contraseñas basado en el cifrado de Bolwfish. El mismo posee un valor llamado "salt", que es un fragmento aleatorio que se usara para generar el hash asociado a la password, y se guardara junto con ella en la base de datos. Asi se evita que dos passwords iguales generen el mismo hash. Este algoritmo es el que recomienda la documentación de Symfony para trabajar.

Lógica Login

Para la autenticación y validación de los usuarios, el framework nos provee de herramientas automáticas para resolver todos estos problemas. Symfony maneja las

secciones y las autenticaciones internamente.

Trabajos Relacionados

Al investigar sobre trabajos relacionados solo encontré uno similar.

El 15 de junio del 2015, ingenieros de la empresa Intelligent Environments, empresa de tecnología radicada en Gran Bretaña, diseñaron el primer sistema de autenticación con Emojis el cual fue nombrado como "Emoji Passcode"[6], el cual es utilizado para desbloquear el celular. La idea surgió después de analizar los resultados de un estudio en Gran Bretaña de la cantidad de personas que se olvidaban el PIN del celular. Por lo cual estos ingenieros vieron un problema y encontraron una solución más segura y funcional que es desbloquear el celular utilizando 4 Emojis en vez de 4 números.[7]

Resultados

La figura 1 muestra la ventana principal que cuenta con dos botones, los cuales nos permiten dirigirnos hacia las vistas de Sign in y login.

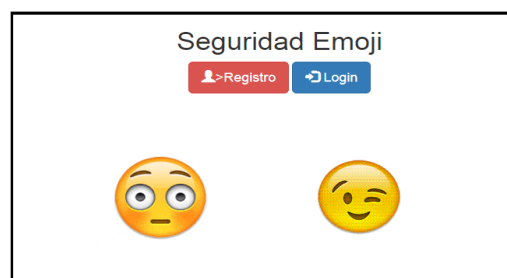


Figura 1

Primero creamos un usuario cuya Password queda sin encriptar para poder visualizar como se almacenan los Emojis en la BD. (Un usuario sin encriptar no puede iniciar sección debido a que la configuración de la autenticación de Symfony no lo permite)



Figura 2

Se genera un usuario llamado “PruebaSeguridad” (Figura 3), se realiza el login (Figura 4) y podemos visualizar como la ventana principal cambia ya que hay un usuario activo, muestra el Username y un botón de logout para cerrar la sesión (Figura 5).

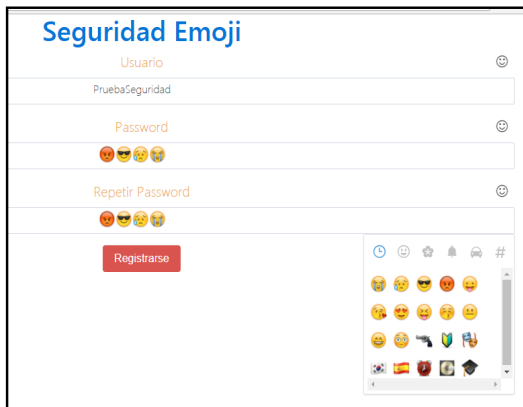


Figura 3

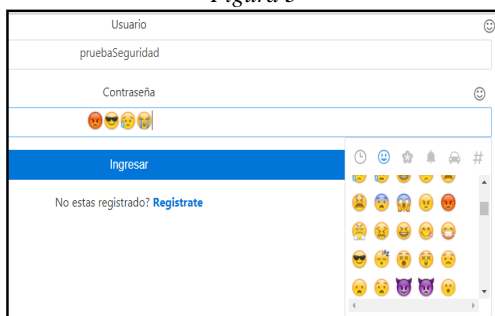


Figura 4

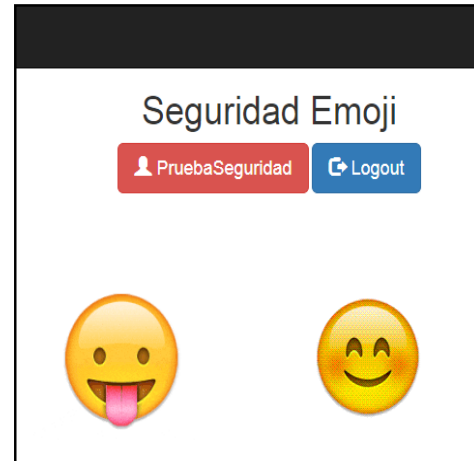


Figura 5

La codificación de este tipo de autenticación también nos permite realizar Username y Password combinando caracteres y Emojis o simplemente utilizar exclusivamente Emojis para ambos.



Figura 6

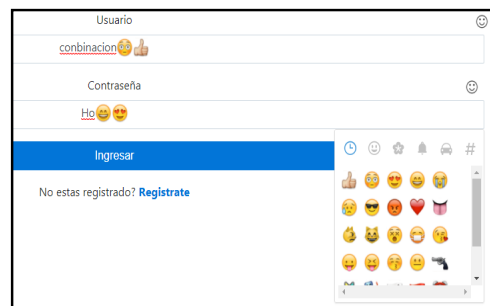


Figura 7

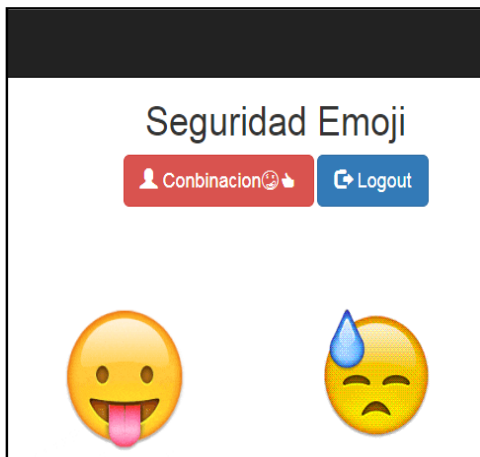


Figura 8

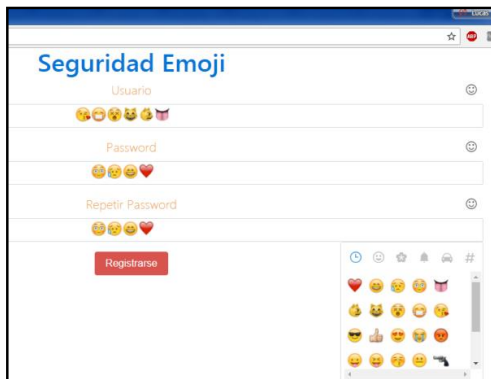


Figura 9

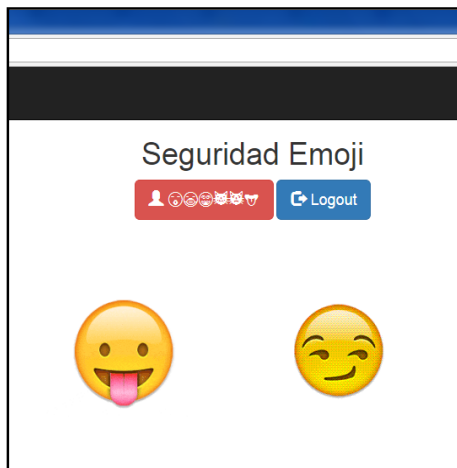


Figura 10

Para finalizar se muestra la estructura de la tabla usuario (figura 12) y como quedan almacenados los usuarios creados en la base de datos en la cual se pueden ver los Emojis y la encriptación de las contraseñas (Figura 13).

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos Nulo	Predeterminado	Comentarios	Extra
1	id	int(11)		No	Ninguna		AUTO_INCREMENT
2	usuario	varchar(191)	utf8mb4_unicode_ci	No	Ninguna		
3	password	varchar(191)	utf8mb4_unicode_ci	No	Ninguna		
4	roles	varchar(255)	utf8mb4_unicode_520_ci	No	Ninguna		
5	is_active	tinyint(1)		Si	1		

Figura 11

id	usuario	password	roles	is_active
42	PruebaSeguridad	\$2y\$13\$LCfySDN.rVnuxHKzRSwneeogNBsAf2DdQ.xipFAqD3G...	ROLE_ADMIN	1
43	sinEncryptar	👉👉👉👉👉👉	ROLE_ADMIN	1
45	👉👉👉👉👉👉	\$2y\$13\$I04vyZr0eZyHVczE/lemYI.M4LY7IQ7RpJcZLHd5Gof...	ROLE_USER	1
48	Combinacion	\$2y\$13\$T3v46FMjgBLvygRPFzHkwuWT636fc0oKL43y1D5gOUG...	ROLE_USER	1

Figura 12

Conclusión

Se Parte de un objetivo, que es intentar mostrar que los Emojis son mejores que las letras, lo cual conlleva gran parte de investigación y de desarrollo de una página web que admita a los Emojis. Se propuso esta solución para solventar una problemática común que existe en el mundo digital.

Analizando el trabajo realizado desde diferentes puntos de vista se puede resaltar que: Desde el punto de vista del profesional de la seguridad, Se muestra que los Emojis pueden ser mejores que las letras ya que lo que se busca en una contraseña es que sea fácil y segura, con lo cual los Emojis tienen la particularidad de cumplir ambos requisitos ya que pueden ser fáciles de recordar y la codificación que contienen es más robusta que las letras.

Desde el punto de vista del desarrollador, implementar Emojis en un sistema de autenticación no implica un esfuerzo mayor, simplemente configurar las codificaciones de la base de datos e implementar una gráfica para que los

usuarios puedan elegir sus Emojis favoritos, por lo que se puede proponer utilizar los Emojis como autenticación sin que este cueste un mayor esfuerzo por parte de los desarrolladores.

Desde el punto de vista de los usuarios, varios estudios demuestran que el cerebro humano recuerda mejor las imágenes, esto no tienen porque saberlo los usuarios pero los Emojis al ser imágenes se le es más fácil de recordar, además que las personas utilizan cada vez más los Emojis en las conversaciones y publicaciones en las redes [9]. Pero no solo se utilizan estos para el ámbito tecnológico sino que también se consumen Emojis en otros artículos, por ejemplo hoy en día existen almohadas, tazas, calzado, vestimenta, etc. con Emojis en ellos. Por lo tanto no hace falta aclarar que los Emojis son muy utilizados por las personas, entonces sí a la gran mayoría de la población le gusta o utiliza Emojis se puede decir que usar Emojis en contraseñas podría ser bien aceptado por la comunidad. Obviamente para comprobar si la afirmación anterior es correcta se debe realizar pruebas empíricas con los usuarios las cuales puede ser simplemente con una pequeña encuesta.

Para finalizar, la propuesta de utilizar los Emojis para la autenticación se analizo desde diferentes puntos de vista. Con lo

cual se puede decir que es altamente probable que las contraseñas con Emojis sean mejores que su par basado en letras y números, sin embargo en vez de reemplazar una técnica a la otra, puede usarse la autenticación con Emojis como una mejora a los tipos de contraseñas que se usan en la actualidad.

Referencias

- [1] Significado de la palabra Emoji <https://es.wikipedia.org/wiki/Emoji> fecha de consulta 21/08/2018
- [2] Pagina oficial de UNICODE <http://www.unicode.org/emoji> Fecha de consulta 25/11/2017
- [3] Codificación de caracteres <https://www.w3.org/International/articles/definitions-characters/index.es> Fecha de consulta 25/11/2017
- [4] Framework Symfony, <https://symfony.com/doc/current/index.html#gsc.tab=0> Fecha de consulta 21/8/2018
- [5] Repositorio utilizada para los Emojis, <https://github.com/OneSignal/emoji-picker#emoji-picker> Fecha de consulta 25/11/2017
- [6] Emoji Passcode <https://www.intelligentenvironments.com/now-you-can-log-into-your-bank-using-emoji> Fecha de consulta 25/11/2017
- [7] Video sobre Emoji Passcode <https://www.youtube.com/watch?v=ol0peUcydJM> Fecha de consulta 25/11/2017
- [8] Mas información sobre Emojis, <https://www.xatakandroid.com/sistema-operativo/android-y-los-emojis-todo-lo-que-querias-saber> Fecha de consulta 25/11/2017
- [9] Contador de Emojis enviados en redes sociales. <http://www.emojitracker.com/> fecha de consulta 21/8/2018

Seguridad en Internet de las Cosas

ANGEL, Ignacio
ODRIOZOLA, Matías
LARRART, Rodrigo
LEGUIZAMON, Rocío
PROIETTI, Matías
SEIJAS, Lucas
GEORGOPULOS, Alexis

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La tecnología conocida como Internet de las Cosas aparece para cambiar los paradigmas conocidos en materia de comunicación, facilitando las tareas cotidianas y las interrelaciones humanas. Como toda tecnología en expansión, con el uso aparecen nuevos inconvenientes, los cuales deben ser analizados y mitigados para garantizar la integridad, seguridad y confiabilidad de la infraestructura IoT y su continuidad en el tiempo. La constante expansión, evolución y sofisticación de los elementos que componen el mundo de IoT obligan a los especialistas en materia de seguridad a mantener las medidas necesarias para la protección de los datos en constante actualización para así, no estar en desventaja contra los tipos de ataques más modernos. El objetivo del presente trabajo es analizar la seguridad en las redes conformadas por dispositivos IoT, sus vulnerabilidades, y ver de qué manera pueden ser protegidas de ataques externos.

Palabras Clave

Internet, Internet de las Cosas, seguridad informática, botnet.

Introducción

Los dispositivos considerados parte de Internet de las Cosas (Internet of Things o IoT), son aquellos tales que posean la capacidad de realizar una transmisión de datos a través de Internet, sin necesidad de la interacción humano-humano o humano-máquina [1]. Un ejemplo podría ser un auto inteligente. El auto posee sensores, los cuales analizan el estado de los componentes del vehículo. En caso de que exista alguna falla, o que algún componente deba ser reemplazado, el auto envía la información a través de Internet de manera detallada, de los posibles costos de reparación y el taller más cercano, a

diferencia de los automóviles de hoy en día. Aplicado a una escala mayor, el automóvil podría enviar la información de la falla al fabricante, para así poder corregir la falla en futuros modelos [2]. El funcionamiento de estos aparatos dependería casi exclusivamente de la utilización de direcciones IP. El problema con ello es que las direcciones IPv4 no serían suficientes para soportar el aumento exponencial de dispositivos conectados a Internet. Es por ello que la única opción para el desarrollo de una red global de Internet de las Cosas sería el uso de direcciones IPv6 [3]. Internet de las Cosas se encuentra en la mira de grupos de hackers, los cuales lo utilizan para crear BotNets o Redes de Bots. Los BotNets están conformados por cientos de miles de computadoras infectadas por un virus, el cual utiliza el hardware para un fin determinado por el atacante, por ejemplo: realizar ataques de denegación de servicio o DDoS, usualmente para extorsionar a empresas o propietarios de sitios pidiendo una recompensa monetaria a cambio de recuperar el control de su red [4]. Estos ataques colapsan la red de servidores, causando que sus servicios no se encuentren disponibles, provocando así grandes pérdidas monetarias. Uno de los ataques más conocidos es el llevado a cabo por el virus Mirai, en octubre de 2016 a la empresa Dyn. Este ataque denegó el acceso a varias páginas de Internet, efectivamente cortando el acceso a la red durante varias horas, y creando un alto costo financiero a la empresa proveedora de servicios DNS [5].

En este contexto, el objetivo del artículo (realizado para la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de estudio) es realizar un análisis comparativo de los ataques a dispositivos y la formación de BotNets aplicados en el contexto de Internet de las Cosas. Para ello, se debe tener en cuenta los tipos de ataques, como fueron realizados y a quién estaban dirigidos.

Para cumplir con dicho objetivo, el artículo se estructura de la siguiente forma: en la sección 1 se desarrolla la historia del Internet de las Cosas; en la sección 2 las aplicaciones de Internet de las Cosas hoy en día y su posible desarrollo en los próximos años; en la sección 3 se discuten los problemas y vulnerabilidades de seguridad presente en Internet de las Cosas; en la sección 4 se explican los malwares y BotNets desarrollados para atacar al Internet de las Cosas. En la sección 5 se proponen posibles soluciones a aplicar a los problemas de seguridad presentes en Internet de las Cosas. Finalmente, en la sección 6 se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Historia del IOT

En Internet de las Cosas (IoT) se define a una “cosa” como un dispositivo u objeto al que se le puede asignar una dirección IP y la capacidad de transferir datos a través de una red. IoT comenzó con el desarrollo de las redes inalámbricas y se presenta por primera vez por Kevin Ashton, cofundador y director ejecutivo del Auto-ID Center de MIT en 1999 [1]. A medida que esta tecnología se desarrolla, comienzan a crearse más dispositivos conectados a Internet. En 2003 existían aproximadamente 6,3 mil millones de personas en el planeta, y se tenían 500 millones de dispositivos conectados a Internet. Esta cantidad se la considera muy escasa comparada con la que existe hoy en día [2].

En 2007 (como se muestra en la Figura 1) comienza el crecimiento en IoT con el lanzamiento de smartphones y tablets llevando la cantidad de dispositivos de 3.6 mil millones de dispositivos conectados a

internet a 12.5 mil millones en 2010 (por lo cual el número de dispositivos conectados a Internet superó a la cantidad de personas). Una empresa llamada Internet Business Solutions Group (IBSG) experta en avances tecnológicos y en dispositivos conectados a internet, estima que el IoT nació entre 2008 y 2009 ya que el estar conectados a un dispositivo a través de Internet se volvió parte de la sociedad [3].

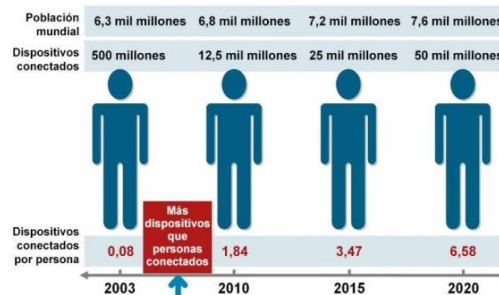


Figura 1. Evolución del crecimiento de IoT

IoT puede aplicarse en muchas áreas y con múltiples usos, dependiendo del ingenio de los desarrolladores. Puede tener uso en el hogar, en ciudades, automotores, salud, agricultura y ganadería, comercio, entre otros. Como se observa, IoT se puede aplicar en cualquier área beneficiando a la sociedad como por ejemplo los cajeros automáticos de un banco conectados por internet para una mejor administración de datos [4].

2. IoT en la actualidad

Hoy en día, IoT se encuentra presente en millones de dispositivos en todo el mundo, y su uso varía desde controlar la temperatura de un hogar, hasta el manejo automatizado de vehículos.

En los últimos años ha surgido el concepto denominado “domótica”. Este término encapsula todas las técnicas que pueden ser utilizadas para controlar y automatizar los hogares, convirtiéndolos así en “Viviendas Inteligentes” [5]. Estas viviendas inteligentes poseen diferentes electrodomésticos que se encuentran conectados a Internet, permitiendo al usuario el control remoto de los mismos

mediante un teléfono celular o computadora portátil. Algunos ejemplos incluirían: controlar las luces del hogar, una heladera con la capacidad de listar los alimentos que posee y brindar al usuario la opción de reponer víveres mediante compras on-line, parlantes que permiten la reproducción de música en cualquier parte de la casa e incluso lavarropas) [6]. La domótica brinda al usuario una mayor eficiencia eléctrica, al activar los dispositivos cuando sea realmente necesario, así como permitir una mejor comunicación [7]. Según un estudio realizado en [8], se espera que el mercado de la domótica llegue a unos aproximados 53.45 billones de dólares estadounidenses en el año 2022.

Con respecto al área automotriz, ya existen automóviles con la capacidad de medir sus niveles de aceite, estado del motor, presión de aire en los neumáticos, gracias a IoT. Un automóvil que posee conexión a Internet es capaz de enviar información sobre el estado del vehículo tanto al usuario como a los fabricantes, permitiendo así brindar un mejor servicio a los clientes y poder desarrollar mejores generaciones de automóviles [9].

Otro de los beneficios que IoT proporciona a la industria, es la incorporación de automóviles con la capacidad de manejarse a sí mismos. Aunque todavía es una idea en desarrollo estos tipos de vehículos existen, manejándose mediante la utilización de dispositivos GPS y obteniendo información del tránsito a partir de Internet [10]. Los automóviles sin conductores brindan beneficios por sí mismos, claros ejemplos serían la disminución de accidentes de tránsito, ya que todas las rutas de viaje se encontrarían pre-programadas; además permiten el aumento de productividad, ya que el tiempo ahorrado al no estar conduciendo puede ser invertido en otras tareas [11]. Recientemente, un prototipo de vehículo autónomo desarrollado por la compañía de transportes Uber sufrió una falla, causando la muerte de un peatón en Arizona [12]; un claro recordatorio de que

esta clase de tecnología aún se encuentra en sus primeros años de desarrollo.

A pesar de este suceso, los automóviles inteligentes se encuentran en auge, con reportes de ventas aumentando de 10.5 millones de unidades en 2015 hasta más de 14.8 millones en 2018 en Norteamérica; mientras que la región de Asia del Pacífico alcanzó a vender 10.3 millones en 2018 [13].

3. Problemas y vulnerabilidades presentes en IoT

Al ser IoT parte de Internet tradicional, no se encuentra exenta de sus vulnerabilidades y problemas. En la subsección 3.1 se trata el tema del agotamiento de direcciones IPv4 y el pasaje a IPv6 y, en la subsección 3.2, se ahonda sobre la problemática conocida como Zero-Day.

3.1 Problemáticas con el formato IPv4

El formato IPv4 es la cuarta versión del internet protocolo IP, cuya función radica en la interconexión de redes para la comunicación de datos a través de Internet. Este estándar es el sistema de protocolo de Internet más utilizado en la actualidad, un sistema de identificación que utiliza Internet para enviar información entre dispositivos, el cual tiene una cantidad de direcciones limitadas de aproximadamente de 4.000 millones o 2^{32} , lo cual en principio no parecería un problema pero, con el avance del Internet y la implementación del IoT el estándar IPv4 podría no ser suficiente para la gran demanda de direcciones IP [14].

Por otro lado, el estándar IPv6 fue creado para ser el sucesor del IPv4, a diferencia del anterior, está diseñado para soportar una cantidad mayor de direcciones IP, en disimilitud del anterior que estaba basado en 32 bits el IPv6 está basado en 128 bits, por lo que tiene la cantidad de 2 elevado a 128 direcciones.

IPv6 cuenta con la implementación del IPsec como método de seguridad, si bien el IPv6 es más seguro que IPv4, el problema radica en la migración desde el IPv4 al

IPv6, ya que durante su migración pueden ocurrir fallos en la seguridad de los datos [15].

3.2 Vulnerabilidad zero-day

Las vulnerabilidades zero-day son aquellos errores en la seguridad de un sistema que puede producir un comportamiento extraño. Puede ser utilizado para crear una falla por donde se puede ingresar y ejecutar un código malicioso. Se la considera una vulnerabilidad zero-day hasta el momento en el que el fabricante arregla por primera vez un defecto del sistema [16]. Estos fallos pueden derivar en grandes problemas, como el ocurrido en 2015, en el cual investigadores demostraron que con el uso de estas vulnerabilidades se pueden convertir en un gran problema, ya lograron tomar control de un vehículo jeep cherokee [17].

4. Seguridad de los dispositivos IoT

Para comprender acerca de la seguridad de los dispositivos IoT se debe conocer el funcionamiento y la composición de estos dispositivos:

-Funcionamientos de los dispositivos IoT
Todos los dispositivos de IoT tienen una forma de procesar los datos, de almacenarlos localmente (si es necesario) y de brindar potencia de computación que haga que el dispositivo funcione. Si es necesario que se coordinen los datos de varios sensores, o si los datos tienen que almacenarse en una memoria flash (por cualquier razón), esto lo realiza el componente que procesa datos del dispositivo de IoT [18].

-Composición de los dispositivos IoT
Los dispositivos de IoT están compuestos por sensores, accionadores, o ambos. Los sensores adquieren datos y los accionadores controlan los datos o actúan en base a ellos. Los sensores supervisan el objeto y brindan datos acerca de él, puede ser la temperatura, la intensidad de la luz o el nivel de batería. Los accionadores

controlan el objeto a través del hardware del dispositivo, como los controles de un termostato inteligente, el interruptor de regulación de intensidad de una bombilla inteligente o los motores reductores de una aspiradora robótica., los accionadores también representan la interfaz física hacia el objeto que la hacen "funcionar" [18].

En la subsección 4.1 se habla acerca de los problemas más comunes de la implementación de los dispositivos de IoT. En la subsección 4.2 se detalla acerca de los mecanismos posibles utilizados para invadir a un dispositivo, como funciona su implementación y las posibles consecuencias de dicha invasión.

4.1 Problemas más comunes de IoT

Uno de los problemas más comunes con respecto a IoT es que las personas poseen tiempo, atención y precisión limitada, lo que significa que no poseen una notable capacidad para capturar datos sobre cosas en el mundo real. Esto lleva a que se generen los problemas más cotidianos al implementar estos dispositivos [19].

La existencia de demasiados datos: la cantidad de datos que los dispositivos inteligentes pueden recopilar, almacenar y generar por ellos mismos es sorprendente. Estas características que poseen los dispositivos IoT genera disgusto a las empresas ya que no les agrada la idea que estos dispositivos puedan abarcar tal magnitud a la hora de recolectar información [20].

4.2 Malware y Botnets

Los Malware y Botnets son programas informáticos diseñados por ciberdelincuentes para causarle algún daño o perjuicio al usuario [20]. Son mecanismos que se utilizan para vulnerar la seguridad de las computadoras de varios usuarios de esta manera al acceder a los ordenadores podrán:

-Capturar contraseñas y datos personales.

- Enviar spam y propagar virus.
- Hacer que una página web deje de estar disponible.
- Manipular encuestas y abusar de los servicios de pago por publicidad.
- Llevar a cabo desde tu ordenador otro tipo de fraudes.

Estos mecanismos son utilizados por los cibercriminales para establecer una gran red de máquinas infectadas y vender el acceso a otros cibercriminales, ya sea a modo de alquiler o como venta directa [21].

5. Soluciones a los problemas presentes en IOT

Ya planteados los inconvenientes existentes en IOT, se exponen diversas soluciones para que la seguridad e integridad de una infraestructura basada en IOT pueda funcionar de manera óptima. Los dispositivos IOT recopilan una gran cantidad de información sensible de los usuarios que los utilizan [22]. El usuario promedio puede sentirse monitoreado por lo que se generaría una paranoia y miedo a que algún dato privado pueda ser propagado por la red. Las medidas más básicas de prevención de la información son la medida y la conciencia a la hora de utilizar los dispositivos [23]. Una gran cantidad de ataques se llevan a cabo por descuidos de los usuarios [24]. Algunas medidas básicas que se pueden aplicar para protegerse de los posibles intrusos son: no incorporar dispositivos extraños en la red, limitar las conexiones sólo a aquellos dispositivos conocidos, filtrar correos de contactos extraños, entre otras.

En relación con los estándares de direccionamientos IP, se sabe que la gran demanda de nuevas conexiones a nivel global, en algún momento hará que la totalidad de direcciones IPv4 disponibles se agoten, ya que son acotadas. Inclusive en redes privadas, donde se utilizan ciertos rangos de IP que no están

disponibles para su distribución global, se puede llegar a encontrar con que la cantidad de direcciones IP no alcanza a cubrir la demanda [25]. Por ejemplo, en una gran empresa, al aumentar la cantidad de computadoras, impresoras y también de dispositivos IOT como cámaras de vigilancia, controles de acceso biométricos, entre otros. Tarde o temprano se deberá migrar hacia una red más amplia. Cuando se alcanza el límite impuesto por la topología IPv4 disponible, se debe comenzar con la migración a una infraestructura compatible con el estándar IPv6 [26]. Con la cantidad de direcciones IP que ofrece el estándar IPv6 se extiende la posibilidad de expansión de la red, ya sea privada o global. Pero la migración de IPv4 a IPv6 no es sencilla ni rápida. Se requiere gran cantidad de mano de obra humana para adaptar cada uno de los dispositivos a la nueva infraestructura de red [27]. Mientras más grande sea el parque informático, más compleja será la migración [27]. Esto se puede hacer más sencillo con el uso de diversos mecanismos de configuración de la red, como son los redireccionamientos de IP, es decir, que los dispositivos en la red, en lugar de “apuntar” el tráfico a una dirección obsoleta (una IPv4) a una del nuevo estándar IPv6. Otra manera de facilitar este trabajo es a través de las facilidades que ofrece un servicio de DHCP, las siglas del inglés Dynamic Host Configuration Protocol [28]. Un servidor DHCP es aquel que otorga una dirección IP automáticamente a cada dispositivo en la red. Con esto, se evita tener que migrar uno por uno los dispositivos de la red y tan solo se necesita ajustar el servidor DHCP en funcionamiento para que se adapte a la nueva norma.

En cuanto a una de las vulnerabilidades propia de los dispositivos IOT conocida como vulnerabilidad zero-day, la corrección del inconveniente no se

encuentra al alcance del usuario, ya que en la gran mayoría de casos no se tiene acceso a la falla en sí, ó, solucionarla implica problemas de garantía con el equipo. La mejor manera de tratar este tipo de problemas es incorporar algún equipo anti-intrusos en la misma red de los equipos que tengan el inconveniente. Estos equipos se conocen como Sistemas de Detección de Intrusos, IDS por sus siglas en inglés (Intrusion Detection System) [29]. Con ellos se puede detectar anomalías en la red e identificar al instante si algún atacante intenta penetrar nuestros dispositivos IOT para hacerse de alguna información importante o para tomar el control remotamente de los mismos. La protección con equipos IDS es necesaria pero no suficiente, y por ellos es conveniente instalar un potente firewall para detener las amenazas existentes [29]. Con el IDS se identifica el tráfico potencialmente peligroso y con el firewall se procede al filtrado de estas solicitudes para que no afecten la red interna y la información sensible que los dispositivos IOT almacenan.

6. Conclusión

Durante este artículo se presentan las temáticas de IoT, un nuevo paradigma que presenta el avance de dispositivos interconectados, así como las posibilidades y vulnerabilidades que trae. Se describen los problemas que plantea Internet de las Cosas, tanto los esquemas actuales de direccionamiento, como las tecnologías de código abierto y sus presentes vulnerabilidades. Se analiza el uso de herramientas para contrarrestar el avance de intrusos en el sistema, como el uso de IDS y firewalls. También se consideran diferentes alternativas para solucionar la falta de direcciones IP que los dispositivos IoT necesitan para funcionar, como la implementación del nuevo estándar de direcciones IPv6. En conclusión, el avance de Internet de las Cosas al punto de que forme una parte íntegra de nuestra vida diaria parece

inevitable. Es por ello la necesidad de que la gente sea informada, tanto de los beneficios como de las consecuencias. Además, es imperativo que se implementen nuevos estándares tecnológicos para asegurar que estas ventajas puedan ser desarrolladas, e intentar mitigar lo máximo posible todas aquellas vulnerabilidades que se presenten a futuro.

Como futuras líneas de trabajo, se propone el estudio de los efectos adversos que IoT puede tener en la sociedad, tales como sedentarismo, excesiva comodidad, como también un análisis de la posible falta de competencia ante la completa satisfacción de nuestras necesidades gracias a esta tecnología.

Referencias:

- [1] ROUSE, Margaret. Internet de las cosas (IoT) [en línea][consultado el 22 de mayo de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2GRzqDo>
- [2] HEREDIA VARGAS, Carola. INTERNET DE LAS COSAS [en línea][consultado el 23 de mayo de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2JCMq1h>
- [3] EVANS, Dave - CISCO. The Internet of Things [en línea][consultado el 23 de mayo de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2b6Wm55>
- [4] ALCARAZ, Marcelo. Internet de las Cosas [en línea][consultado el 24 de mayo de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2ltyoVQ>
- [5] ¿Qué es domótica?, CEDOM [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/1J1269t>
- [6] How Prevalent Is Smart Technology In U.S. Homes?, statista [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2JMqfEx>
- [7] Your Smart Home Explained, Bitdefender BOX (video) [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2jiMw1i>
- [8] Forecast market size of the global smart home market from 2016 to 2022 (in billion U.S. dollars), statista [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2DaBgO3>
- [9] Alcaraz, Marcelo. Internet de las Cosas. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción) [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2ltyoVQ>

[10] Los seis niveles de clasificación de los coches autónomos, 20 Minutos [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2IN6nrJ>

[11] How IoT is Driving the Autonomous Vehicle Revolution, iot for all [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2Hx0N5f>

[12] Un atropello y el futuro de los vehículos autónomos, The New York Times (versión española) [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://nyti.ms/2sL6YOK>

[13] Connected Cars – Exploring the Automotive aspect of IoTs, Emberify [en línea][consultado el 10 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2Mccthg>

[14] CASTILLO MERCHAN, Henry Alexander. Análisis de la gestión de seguridad y fallos en Internet de las cosas [en línea][consultado el 22 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2GRzqDo>

[15] GUTIERREZ AMAYA, Camilo. IPv6 y todo lo que debes saber antes de su implementación [en línea][consultado el 22 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2K7okPs>

[16] MYERS, Lisa. ¿Qué es un 0-day? Explicando términos de seguridad [en línea][consultado el 23 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2ics9D2>

[17] LEGEZO, Denis – NIKISHIN, Andrey. Vulnerabilidades 0-day: ahora en automóviles [en línea][consultado el 23 de junio de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2taPKdC>

[18] Seguridad de los dispositivos IoT [consultado el 10 de Julio de 2017] disponible en: <https://bit.ly/2PbwRkj>

[19] Grandes problemas de seguridad en la implementación de iot ¿cómo prevenirlos? [consultado el 19 de Agosto de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2CLTl0l>

[20] El Internet de las Cosas, el famoso Internet of Things o IoT [consultado el 16 de enero de 2017] disponible en: <https://bit.ly/2w3Fd12>

[21] ¿Qué son los Botnet y Malware? y ¿Cómo pueden afectar? [consultado el 18 de Septiembre de 2017] disponible en: <https://bit.ly/2Fwn8ni>

[22] TOWNER, Ben: How IoT Data Collection and Aggregation with Local Event Processing Work [en línea][consultado el 17 de Junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2zEeWup>

[23] Ingeniería social: explotar por medio de la manipulación y el engaño el eslabón más débil de la cadena de la seguridad: el factor humano [en línea][consultado el 17 de Junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2JU7RuS>

[24] La Ingeniería Social: El Ataque Informático Más Peligroso [en línea][consultado el 11 de junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2aiXM7U>

[25] IEEE-USA: IPv4 Address Exhaustion, Mitigation. Strategies and Implications for the U.S. [en línea][consultado el 11 de junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2HWXJQ6>

[26] WILKINS, Sean: The IPv6 Transition [en línea][consultado el 11 de junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2y1lm5i>

[27] HOGG, Scott. ARIN Finally Runs Out of IPv4 Addresses [en línea][consultado el 11 de junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2y2sAuR>

[28] DONALDSON, Richard. DHCP for IPv4 vs. IPv6 - What You Need to Know [en línea][consultado el 11 de junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/215quBk>

[29] GUTIERREZ, Camilo. IDS, Firewall y Antivirus: ¿qué debes tener instalado? [en línea][consultado el 11 de junio de 2018] disponible en: <https://bit.ly/2JBoLOA>

Datos de Contacto:

Ignacio Angel. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. iangel@est.frba.utn.edu.ar.

Matías Odriozola. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. odriozolamatias@outlook.com.

Rodrigo Larrart. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. rodrigolarrart@gmail.com.

Rocío Leguizamón. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. rociogui1998@gmail.com.

Proietti Matías. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. mtsproietti@gmail.com.

Lucas Seijas. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. lucasgabrielseijas@gmail.com.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

*Alexis Georgopulos. Universidad Tecnológica
Nacional – Facultad Regional Buenos Aires.
Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A.
alexgeo683@gmail.com.*

Peligro en las Redes Sociales por “Términos y Condiciones de Uso”

Ferreya, Lucas; Morales Iglesias, Joshua Dante; Rocha Mariscal, Miguel Ángel; Vilca, Matías

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Las Redes Sociales, son un buen medio de comunicación (a distancia) entre personas, tanto para jóvenes y adultos. En el presente trabajo, se realiza una explicación de los “Términos y Condiciones de Uso”, de tres Redes Sociales, los cuales, la mayoría de los usuarios no leen, provocando así que se desconozca la realidad sobre la privacidad y el uso de la información que se le brinda.

Además, se presentan ejemplos sobre algunos riesgos que se corren a la hora de aceptar, sin leer, estos “Términos y Condiciones de Uso”.

Palabras Clave

Redes Sociales. Términos y Condiciones de Uso. Privacidad. Información.

Introducción

En la actualidad, los medios de comunicación son herramientas muy utilizadas en todo el mundo. Permiten una fácil intercomunicación entre las personas [1].

Las redes sociales son servicios en línea que permiten a sus usuarios relacionarse, compartir información, coordinar acciones y lo más importante, mantenerse en contacto [2]. Cuando un usuario se registra en una red social (tales como Facebook, Twitter e Instagram) autoriza la recopilación de un gran abanico de información personal que es compartida a terceros [3]. Lo que generalmente sucede es que los usuarios no saben qué y cuándo dan permiso a compartir su privacidad [4]. Esto se debe, ya que no se leen los “Términos y Condiciones de Uso” proporcionados por la página web o aplicación. En la mayoría de los casos, debido a la extensión del documento, se omite la lectura y se procede a aceptarlos [6].

El no leerlos tiene una serie de riesgos, los cuales por ejemplo van desde que la empresa cancele sus servicios (lo cual es frecuente), hasta una posible venta de la información de los usuarios (sin su consentimiento) [7].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es realizar un análisis sobre los peligros que corre la privacidad al no leer los términos y condiciones de aplicaciones de uso masivo de comunicación como: Facebook, Twitter e Instagram. Para ello, se debe tener en cuenta cada documento de dichas aplicaciones y se debe efectuar un trabajo analítico y comparativo.

Para cumplir con el siguiente objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se explica qué es y qué funciones cumplen los términos y condiciones de uso en las redes sociales; en la sección 2, se explica el tipo de información que las personas aceptan compartir indirectamente a ellas; en la sección 3, se detallan los términos y condiciones de Facebook, ; en la sección 4, se detallan los términos y condiciones de Twitter, ; en la sección 5, se detallan los términos y condiciones de Instagram ; en la sección 6, se compara cada uno de los términos y condiciones de redes sociales ; en la sección 7, se muestra un estudio hecho por un organismo para ver cuál es la mejor Red Social para los jóvenes ; y en la sección 8, se presentan las conclusiones del

artículo realizado y se describen las futuras líneas de trabajo.

1. Los “Términos y Condiciones de Uso” en las Redes Sociales

Los “Términos y condiciones de uso” es uno de los pocos “apartados” que los usuarios leen antes de ingresar en una aplicación, red social o soporte a cualquier tipo en Internet [4]. Esto puede perjudicar, en algunos casos, la privacidad o datos del usuario.

El acuerdo de términos y condiciones de un software o de un negocio digital, es un contrato “firmado” entre el usuario y la empresa, ya que contiene todos los elementos legales relacionados con el uso del software, los derechos sobre contenidos y en general toda la relación entre empresa y usuario [8].

El usuario, generalmente, no lee los términos y condiciones de uso ya que éstos son ininteligibles para él, haciendo que se dirija directamente al final del contrato [4]. Por estos motivos se corren varios riesgos a la hora de aceptarlos, por ejemplo: “[...] Purple, un proveedor de Wi-Fi de Reino Unido ha querido poner a prueba a sus usuarios, incluyendo una 'trampa' en sus condiciones legales. 'Picaron' [*i.e.* Cayeron] en ella un total de 22.000 personas que aceptaron despegar chicles del suelo o recoger excrementos de perro en los parques sin saberlo.

Tan sólo uno de los usuarios se dio cuenta de esa cláusula [...] [9].

La empresa Purple demostró que nadie lee las condiciones legales y la facilidad para engañar a los ciudadanos ya que ni siquiera camuflaron esta cláusula con términos legales incomprensibles para el público en general, sino que lo indicaban de una manera clara [9].

Purple ha aclarado que, lógicamente, sólo querían concienciar a la ciudadanía y que no obligará a cumplir esos términos a las 22.000 personas que los aceptaron de manera inconsciente. [...]” [9]. Gracias a esto, se demuestra que muchos de los

usuarios corren riesgo a posibles problemas que pueden llegar a perjudicarlo.

Algunos problemas que son mucho más graves, pueden ser: desde la cancelación de un servicio hasta la venta de la información del usuario, sin el consentimiento del mismo, a las demás empresas [7].

En la Figura 1, se muestra el panorama de uso de las Redes Sociales, teniendo como el más dominante a Facebook.

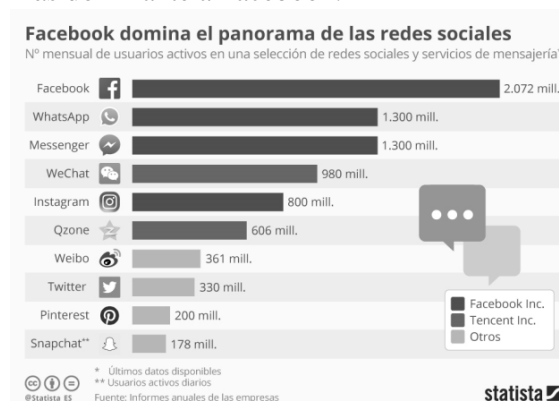


Figura 1. Panorama de las “Redes Sociales” [10].

2. Tipo de información que las personas aceptan compartir indirectamente con las Redes Sociales

El objetivo de las Redes Sociales es ganar dinero, sobre todo mediante la publicidad. Y para los anunciantes el valor de una red aumenta conforme se une más gente a ella [11].

Al registrarse y utilizar el servicio, los usuarios vuelcan sus datos particulares, por ejemplo: domicilio, lugar de trabajo, edad, estado civil, fotos, comentarios de toda índole relacionados con su vida, etc. [11]. Por lo que, a cambio de un “servicio gratuito”, las Redes Sociales, lo “canjean” por parte de la privacidad del mismo habilitando así el intercambio de información que se da entre las dos partes.

“Por ejemplo, cuando uno ingresa a un juego con su usuario de Facebook, el juego le pedirá a la Red Social que le brinde datos como la dirección de correo electrónico del usuario o su lista de contactos, mientras que la Red Social pedirá a cambio cuánto tiempo jugó a ese juego el usuario o con cuántos amigos lo compartió u otro tipo de

información.” [12]. Por esto, se debe de tener cuidado de la información que se publica o comparte en ellas, ya que pueden correr varios riesgos como, por ejemplo: acoso, mal uso de la información, etc.

3. “Términos y Condiciones” de Facebook

Aunque Facebook indique que el usuario es el propietario de los derechos de los contenidos que sube, la Red Social se auto-atribuye una “licencia de uso” que permite que pueda usar el contenido o los que genere en aplicaciones conectadas con Facebook, mientras sea usuario de dicha Red Social [13].

Por ejemplo, cuando se inicia sesión en una computadora, Facebook tiene acceso a información como el tipo de navegación, la dirección IP o las páginas que se visiten desde un determinado terminal. Si se tiene activado, por ejemplo, el GPS, también queda registrada la posición geográfica del usuario [14].

Cuando el usuario elimina un contenido de Facebook, ésta avisa que, aunque borremos algo, puede que no desaparezca del todo ya que guarda copias de seguridad de sus bases de datos y contenidos y los retiene durante un tiempo para poder recuperar información [13].

Al registrarse, se acepta que Facebook use la foto de perfil, el nombre o el contenido del usuario para sus campañas publicitarias; de esta forma, usan los datos para modelar la publicidad que se ve o, la que puedan ver otros usuarios [13].

Aunque, Facebook utilice la información de sus usuarios, también provee seguridad y protección de los usuarios, informando al mismo si se presentan “conflictos” como usuarios maliciosos, o contenidos violentos. Además, tiene como requisito, para registrarse, que los usuarios sean “mayores de 13 años”.

Facebook puede cambiar las condiciones del servicio cuando quiera. Si bien es cierto que avisará a los usuarios, en el momento que se apliquen los cambios y éste siga

usando el servicio, la Red Social asumirá que los han aceptado [13].

4. Términos y Condiciones de Twitter

Según Twitter, el usuario es "responsable del uso de los servicios y de cualquier contenido que proporcione, incluyendo el cumplimiento con las leyes, reglas y normas aplicables" [15]. Esto quiere decir, que el usuario es responsable de lo que publica en la plataforma, corriendo por su propia cuenta riesgos.

La plataforma se reserva el derecho a eliminar, sin previo aviso, contenido que integre "violaciones de derechos de autor o de marcas comerciales, suplantación de identidad, conducta ilícita o acoso" [15]. Al mismo tiempo, "al enviar, publicar o mostrar contenido en Twitter, se otorga una licencia mundial, no exclusiva, libre del pago de derechos para usar, copiar, reproducir, procesar, adaptar, modificar, publicar, transmitir, mostrar y distribuir dicho contenido en todos y cada uno de los medios de comunicación o métodos de distribución posibles (conocidos ahora o desarrollados con posterioridad)" [15].

Con respecto a la seguridad, Twitter, no se hace responsable de esto, ya que, según la plataforma, “es responsabilidad del usuario de usar una contraseña “fuerte” y no se hace responsable de ninguna pérdida o daño” [15].

5. Términos y Condiciones de Instagram

Cuando un usuario se registra en esta Red Social, concede una licencia no exclusiva, gratuita, transferible y mundial para utilizarlo, por ejemplo, con fines publicitarios. La cláusula que hace referencia a este uso comercial de su contenido ya estaba en los documentos legales de la plataforma mucho antes de la compra por parte de Facebook [16]. Además de que Instagram, no reclama la propiedad de ningún Contenido que el usuario publique.

Cuando un usuario publica una foto o un video en la Red Social, ésta es pública para todo el mundo, con excepción de las

historias, es decir, que cualquier usuario en el mundo, puede observarlo (a no ser, que el usuario decida lo contrario, lo cual puede hacerse desde las opciones o ajustes que presenta la plataforma).

Instagram puede utilizar la información para ahorrarle tiempo al usuario, para personalizar los contenidos y la publicidad, para mejorar el servicio. Lo que no harán es venderla o compartirla sin su consentimiento con terceros excepto si se trata de proveedores o “empresas que sean legalmente parte del mismo grupo empresarial que Instagram” [16].

Al igual que “Facebook”, Instagram comparte varias cosas con la misma, posee requisitos para que el usuario la utilice; uno de estos requisitos es: “Ser mayor de 13 años”.

Los términos pueden ser cambiados por cualquier razón, sin necesidad de avisar, en cualquier momento y sin incurrir en responsabilidad alguna, se pide que el usuario esté atento a los documentos. El hecho de seguir utilizando Instagram después de que se apliquen, significa aceptarlas [15].

6. Comparación entre cada uno de los Términos y Condiciones de Redes Sociales

Una vez presentados los “Términos y Condiciones” de las mencionadas Redes Sociales más famosas y usadas de Internet, se puede remarcar todas aquellas normas que resultan similares, comparándolas.

Todas las aplicaciones investigadas utilizan la información que se le ingrese para, por ejemplo, fines publicitarios, con el fin de ganar dinero con ello. Aunque, estos servicios utilicen la información, lo hacen de diferentes formas, aunque muy similares. Poseen una protección con el fin de evitar el contenido violento o contenido indebido.

Un claro ejemplo de Redes Sociales más utilizadas y que poseen “Términos y Condiciones de Uso” similares son por ejemplo Facebook e Instagram, ya que, además de que una (Facebook) compró a la otra (Instagram) en el 2012 [17], permiten

que el usuario pueda conectar y sincronizar ambas plataformas, compartiendo así el contenido entre ellas.

7. La mejor Red Social para los jóvenes

Según un estudio realizado en una organización británica “Royal Society for Public Health y el Young Health Movement”, Youtube es la Red Social con un impacto más positivo en la salud mental de los jóvenes, mientras que Instagram es la que ejerce una influencia más negativa. En este estudio se entrevistó a 1.479 jóvenes de entre 14 y 24 años residentes en Reino Unido sobre el impacto psicológico del uso de las plataformas sociales. Aspectos como la sensación de soledad, el concepto sobre uno/a mismo/a, la evaluación sobre el propio cuerpo, la depresión y los vínculos emocionales fueron tomados en consideración [18].

En la figura 2, se muestran las Redes Sociales según su influencia en la salud mental de los jóvenes según una encuesta realizada a principios de 2017 en Reino Unido.

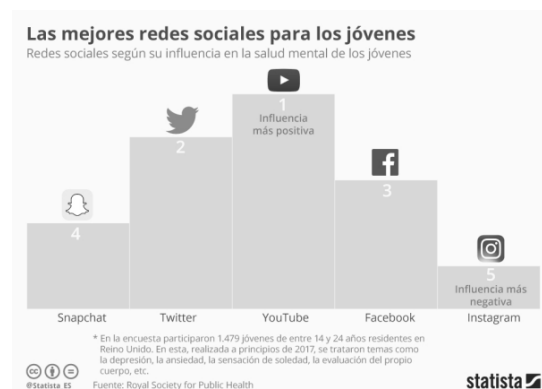


Figura 2. Las mejores Redes Sociales para los jóvenes [18].

8. Conclusiones

Si bien, las Redes Sociales son un medio útil para la comunicación entre personas, tienen su riesgo, ya que la mayoría de ellas, utilizan la información del “usuario” para fines económicos (en la mayoría de los casos). Esto está redactado en los “Términos y Condiciones de Uso” de cada plataforma, pero el usuario, cuando se

registra en alguna de ellas, no las lee, haciendo que se utilice dicha información sin su consentimiento. De esta forma, corre distintos riesgos, los cuales pueden ser graves, por ejemplo, la publicación de contenido que no se desea que sea público.

Por esto, se debe de tener cuidado, a la hora de ingresar datos de suma importancia, sobre todo, teniendo cuidado de los menores de edad al utilizar las distintas plataformas de comunicación o internet en sí.

Como futura línea de trabajo a implementar, teniendo presentes las ventajas y desventajas de la utilización de las Redes Sociales, así como las consecuencias que pueden provocarse por la no lectura de sus “Términos y Condiciones de Uso”, se pretende investigar métodos de prevención en las Redes Sociales, enfocándolo especialmente hacia el público de menor y mayor edad, ya que son uno de los tipos de usuarios más vulnerables.

Agradecimientos

Este trabajo fue promovido y guiado por el equipo a cargo de M. Florencia Pollo-Cattaneo, con la ayuda de Cinthia Vegega y Ezequiel Diaz pertenecientes a la cátedra de Sistemas y Organizaciones de la UTN-FRBA

Referencias

[1] Enrique Echeburúa. Adicción a las nuevas tecnologías y a las redes sociales en jóvenes: un nuevo reto [En línea]. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2vonkLS>

[2] José Luis Orihuela. Internet: la hora de las redes sociales [En línea]. [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2roby7c>

[4] Anónimo. La letra pequeña (términos y condiciones) en las redes sociales [En línea]. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KuPDAJ>

[3, 5] Anónimo. Terms of Service Didn't Read [En línea]. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1IcRFjk>

[6] Badilla, Jorge – Carrillo Goyenaga, Alberto. Protección efectiva del consumidor costarricense en

el comercio electrónico: una propuesta basada en el derecho comparado [En línea]. Tesis (licenciatura en derecho). Universidad de Costa Rica. Facultad de Derecho. 2015. [Fecha de consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rIpfea>

[7] Canal Nueve: Los riesgos de no leer “Términos y Condiciones”. En Canal Nueve, TL9 al amanecer. 25/06/ 2018 [Fecha de consulta: 28 de junio del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KALVs1>

[8] Mantilla Martínez, Elizabeth. Términos y Condiciones de USO de Software [En línea]. [Fecha de consulta: 28 de junio del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2I4aAAM>

[9] El Comercio. El peligro de no leer los términos y condiciones de uso. [En línea]. [Fecha de consulta: 28 de junio del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2tYBxQK>

[10] Orus Gallego, Abigail Sharon. El dominio de Facebook Inc. continua. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wCqjTj>

[11] Aequitas Virtual. Las Redes Sociales y su incidencia en la sociedad actual. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2LSHGVq>

[12] La Nación. ¿Cuánta información tuya comparten las Redes Sociales? [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2oAHcKs>

[13] Hipertextual. Condiciones de Facebook: todo lo que aceptas sin leer, explicado de forma clara. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2xiHuNe>

[14] Oviedo, Eva María. He leído y acepto los términos y condiciones de Facebook. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2qBngr>

[15] Expansión. Twitter actualiza sus términos de servicio para protegerse de las noticias falsas. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2gDydp>

[16] Tecnoexplora. Esto es lo que firmas (y no lees) cuando te das de alta en Instagram. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wDUMBc>

[17] El comercio. Facebook, Whatsapp y las otras empresas que compró. [En Línea]. [Fecha de

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en:
<https://bit.ly/2LUFP2C>

[18] Moreno, Guadalupe. Statista. Instagram, la Red Social más perjudicial para la salud mental de los jóvenes. [En Línea]. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2018]. Disponible en:
<https://bit.ly/2wNICEW>

Datos de Contacto:

*Lucas Ferreyra. Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires.
lucasferreyra@est.frba.utn.edu.ar*

*Joshua Dante Morales Iglesias. Universidad
Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos
Aires. moralesjoshua@hotmail.com*

*Miguel Ángel Rocha Mariscal. Universidad
Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos
Aires. miguel_rocha18@hotmail.com*

*Matías Vilca. Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires.
Matiasrvilca@hotmail.com*

Web Scraping, la profundidad en la recolección de la información

Blasco Nicole; D'Antoni Priscila; León Francisco; Margni Camila; Martinez Romina; Musacchio Lautaro

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La información que circula a través de la Web es de uso potencial para todo aquel que acceda a ella, la misma es manipulada y recolectada a través de una técnica llamada Web Scraping. Este fenómeno se ha vuelto de suma importancia dentro de la sociedad actual, sin embargo, la utilización de esta técnica conlleva posibles vulnerabilidades en la privacidad de los datos. Por ello, el objetivo de este trabajo es investigar en profundidad el Web Scraping, analizar su desarrollo en los últimos años y las repercusiones en la actualidad. Asimismo, asegurar que los usuarios estén conscientes del conjunto de métodos y consejos de seguridad disponibles para que su información sea tratada de la mejor manera posible.

Palabras clave

Web Scraping, manipulación de información, recolección de datos.

Introducción

El incremento masivo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) a lo largo de los últimos años trajo aparejado la manipulación de enormes cantidades de información volcadas, intencionalmente o no, por los usuarios en las redes [1]. Es sabido que la información de la red puede ser -y es- aprovechada por empresas, tanto es así que Febles Díaz [2] señala: “Para las empresas de hoy, Internet representa un canal que ofrece infinitas oportunidades de éxitos en sus operaciones comerciales que van evolucionando junto a la Web”. Para esto, existe una técnica llamada Web Scraping, que se ha vuelto de suma importancia, debido a que facilita el acceso a grandes cantidades de información específica de cualquier tipo. Este sistema de recolección de datos, a través de un proceso de rastreo y descarga de la información pasa de un formato no estructurado a uno estructurado mediante la simulación de la exploración humana, adquiere cada vez más

funciones que repercuten directamente en la población [1]. Tal es así que se presentan acusaciones a las altas esferas del poder político mundial, tal como dijo Torres Esteban [3;4] “Como Internet se está convirtiendo en un medio esencial de comunicación y organización en todos los ámbitos de la actividad, es obvio que los movimientos sociales y los agentes políticos lo utilizan y lo utilizarán cada vez más, transformándolo en una herramienta privilegiada para actuar, informar, reclutar, organizar, dominar y contra dominar. El ciberespacio se está convirtiendo en un terreno disputado”.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones” del primer año de cursada) es investigar la técnica del Web Scraping, analizar su desarrollo en los últimos años y sus repercusiones en la actualidad.

Para llevar a cabo los objetivos descritos anteriormente el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se explica la técnica de Web Scraping: se describe su función e impacto; en la sección 3, se exponen los riesgos que puede presentar la técnica, las causas de dichos aumentos y cómo prevenirlos; en la sección 4, se presentan las ventajas y desventajas del empleo de la técnica en cuestión y la legalidad del mecanismo en sí mismo. Finalmente, se detallan las conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo.

Web Scraping

El Web Scraping es un proceso de extracción y combinación de contenidos de

interés de la Web, pasando de un formato no estructurado, a uno estructurado. En tal proceso, un software, también conocido como robot Web, imita la navegación de un humano entre los distintos servidores de la World Wide Web. Paso a paso, el robot accede a tantos sitios Web como sea necesario, analiza sus contenidos para encontrar y extraer datos de interés, los cuales son establecidos previamente y estructura esos contenidos como desee, es decir, los transforma los contenidos extraídos en una representación ordenada, para que sea adecuada para su posterior análisis y almacenamiento [5]. Para realizar correctamente esta técnica, es necesario tener bien definidos los elementos a buscar, así como también se deben analizar ciertos factores antes de la construcción del robot con el objetivo de buscar la vía óptima para obtener los datos. Los factores a tener en cuenta son: la accesibilidad de los datos de origen, el análisis de patrones de los datos y la frecuencia de extracción de los datos. En resumen, esta técnica realiza el mismo proceso que haría un ser humano buscando en la red, copiando el texto, y poniéndolo en, por ejemplo, una planilla de cálculo; con una diferencia que radica en que el robot web procede de forma automatizada, y logra ordenar los datos de forma más eficiente que un humano.

Muchos son los expertos que consideran que el mayor problema que trae el enorme crecimiento de Internet radica en la excesiva cantidad de información que contiene, cuyo tratamiento exige una enorme cantidad de tiempo y energía a fin de clasificar la calidad de los datos sumergidos en esta fuente de información [6]. Por lo cual, una herramienta de recolección de datos, como lo es el Web Scraping, es clave para este momento de la “era de la información”, ya que sin ella se perdería el acceso a una enorme cantidad de datos que pudieran ser aprovechados con distintos fines.

La recolección de datos es casi tan antigua como el Internet mismo [7], sin embargo, en los últimos tiempos, se

encuentran cada vez mayor relevancia en su uso. Debido al aumento de la cantidad de información y, sobre todo, a la diversificación de la misma, esta herramienta posee cada vez más utilidades en campos cada vez más variados, desde las empresas que venden bienes o servicios, hasta los medios de comunicación, pasando por la política, cada vez es más necesario conocer lo que pasa en Internet para poder usarlo, y para ello, el Web Scraping es uno de sus medios más útiles. Ejemplo de esto, es lo que nos relata Alexis Hernández: “, en los Estados Unidos, los republicanos en el Congreso se opusieron al recorte del impuesto sobre la nómina, que obligaría a los estadounidenses a que en cada pago de su sueldo le fueran recortados, en promedio, unos 40 dólares.[...] la Casa Blanca reaccionó con una estrategia en la que invitaban a los ciudadanos a enviar por Twitter, Facebook o YouTube qué significaban para ellos 40 dólares y después Barack Obama tomó ejemplos de cómo 40 dólares menos al mes afectan a las familias estadounidenses logrando que el Congreso de los Estados Unidos rechazara el recorte” [1] Por esta razón es que el Web Scraping impacta en la sociedad mucho más de lo que la misma sociedad es consciente: las empresas utilizan la herramienta para conocer opiniones sobre productos o servicios, para direccionar la publicidad hacia los consumidores más probables o analizar la competencia; la política cada vez más se acerca a Internet para armar perfiles de posibles votantes, para poder mejorar y adaptar sus campañas; mismo Google utiliza el Web Scraping para dar mejores resultados, como es ejemplo su traductor, que traduce mediante texto almacenado en la web [5].

Riesgos del Web Scraping

La técnica del Web Scraping ha sido, al tener una vasta capacidad de obtención y extracción de la información, un método que se ha vuelto notorio y popular en los últimos tiempos. La valoración de los datos se incrementó año

tras año y esto, por supuesto, conlleva sus riesgos cuando se toma por organismos y grandes empresas para intereses propios [8]. Los riesgos se basan puntualmente en la legalidad, o ilegalidad, del Web Scraping. Son riesgos que conllevan a conductas particulares, las cuales no pueden ser categorizadas como “legal” o “ilegal”, sino que deben ser analizadas con precisión.

Entre los peligros que se pueden generar se presentan [9]:

- El potencial incumplimiento de la normativa en protección de datos personales y vulneración de los derechos de aquellos individuos o masa de ellos quienes se convierten en objeto de scraping.
- La violación de los términos legales y condiciones de uso establecidos por los dueños de websites objeto de scraping, cuando el usuario que navegue y tenga acceso a la información acepte dichos términos.
- Vulneración de los derechos de propiedad intelectual de los titulares de la página web.
- Aprovechamiento injusto o incorrecto por parte de quienes aplican las técnicas de Web Scraping (scrapers) sobre la página web objeto de ella, ya que se podría considerar una imitación de sus prestaciones y así correr riesgo de confusión del usuario.

En muchos casos, la falta de información de los titulares de páginas web o de los mismos usuarios que comprometen sus datos personales en la red sin antes ser conscientes de los permisos que aceptan, es la causa por la cual se producen tantos riesgos y la filtración de los datos. Es difícil restringir el uso y apropiación de la información con lo rápido que han crecido y lo refinadas que se han vuelto las herramientas de scraping.

Quienes pueden sufrir estos riesgos son principalmente cualquier sitio web que contenga grandes cantidades de información organizada ya que la propiedad intelectual, nombrada anteriormente, no es

completamente conocida, interpretada, implementada o aplicada.

Existe la posibilidad de prevenir una mala utilización del Web Scraping. Dentro de las prevenciones, una de las mejores maneras de proteger globalmente los datos accesibles en una página web es a través de la “protección copyright”, así se preserva legalmente la propiedad intelectual del sitio en cuestión. Aunque también, existen otras maneras, algunas de ellas son [10]:

- Limitación de Acceso: A la información que el usuario verá, limita el acceso entregando su contenido de manera cada vez más lenta a medida que el scraper acelere sus operaciones, y así, frenando esta actividad.
- Limitación geográfica: Ocurre cuando las páginas web tienen una región a la que atienden y cuando se detectan múltiples accesos provenientes de otras regiones, la página puede redirigir las peticiones para entrar al sitio en la región designada para estos usuarios.
- Limitación por CAPTCHA: Consiste en la seguridad de que el usuario que ingresa sea un humano, a través de preguntas sencillas o textos deformados pero que contengan complejidad para los robots que intenten ingresar.
- Limitación por dispositivo: Identificando cuales son los posibles dispositivos que se utilizarán para acceder a la página y así impedir el ingreso de aquellos que no son los preseleccionados.
- Uso de Content Delivery Networks: O redes de entrega de contenido, las cuales distribuyen la información en diferentes áreas geográficas para que no se afecte a la totalidad de los datos a la hora de sufrir un ataque.

Ventajas y desventajas de la técnica Web Scraping

Internet posee muchas fuentes de información de las cuales extraer datos. La web “trabaja” viendo esta información,

página por página, a través de la ventana del navegador. Esto resulta poco práctico y demora mucho tiempo.

Una de las ventajas que posee esta técnica es la facilidad que dispone y, en general, la rapidez para extraer y recompilar grandes cantidades de datos de diversos sitios web en una misma página, evitando así la impracticidad de la visión de un usuario común sobre la web [7].

Otra ventaja del Web Scraping respecto de la búsqueda humana es su persistencia; como la técnica es llevada a cabo por un programa, esta puede seguir funcionando por tiempo indefinido, manteniendo así una base de datos repleta de información que se actualiza prácticamente en tiempo real. También, se puede mencionar, desde la perspectiva del usuario común de la web, la posibilidad de recibir publicidad mejor direccionada, esto refiere a que, por ejemplo, si un usuario que constantemente busca computadoras en los distintos sitios de red, una empresa que utiliza scraping, puede detectarlo y enviar una oferta de un producto que interese al susodicho usuario. A su vez, desde el punto de vista de la empresa, la técnica permite redireccionar de forma más eficiente los recursos a la hora de hacer publicidad; permitiendo gastar menos, con más probabilidades de concreción de ventas.

En cuanto a las desventajas, la primera que surge es la que también es vista como ventaja; de la misma forma que una empresa puede acceder a datos de diversas fuentes, también otros podrían acceder a los datos propios. Otra desventaja tiene que ver con la lentitud cuando la cantidad de información es demasiado grande. Además, esta técnica presenta ciertas limitaciones legales por las cuales las empresas que la utilizan deben asegurarse de cumplir la normativa de protección de datos y cuidar la vulnerabilidad de los derechos de los titulares de los datos personales objeto de scraping. En otras palabras, Web Scraping debe de ser utilizado de forma tal que no viole la Ley de Propiedad Intelectual que declara el derecho del autor a la explotación

y disposición de la obra por él creada, y por supuesto a determinar a qué personas pertenece este derecho, la forma de su ejercicio y el tiempo de su duración [10]. Un ejemplo de cómo se respetan los términos legales y condiciones de uso de las páginas de donde se extrae la información a la hora de utilizar la técnica del Web Scraping es demostrando su estructura original para así mantener a la obra protegida [8].

También, otra desventaja que se desprende de la persistencia del método es la posibilidad de redundancia de datos, ya que, al extraer información de Redes Sociales, es posible que usuarios tengan más de una cuenta, tanto en la misma red, como en distintas, lo que provoca que varias fuentes de información que provienen del mismo usuario generen un gran volumen de trabajo con resultados poco eficaces.

Conclusión

La realización del presente trabajo permite comprender la importancia del manejo de grandes volúmenes de datos dentro del mundo actual y de las técnicas que lo permiten, con principal eje en el Web Scraping.

La investigación deja en claro lo relevante que es el Web Scraping para la vida cotidiana, a pesar de su desconocimiento popular, y cómo lo es cada vez más, con protagonismo creciente en la publicidad, la utilización dentro de empresas y en el mundo de la política.

Se concluye que, con las técnicas de recolección de información en auge, es necesario generar un marco para su utilización, es decir, regular su uso, para no caer en ilegalidades, así como también instruir en su uso, tanto en empresas como en establecimientos educativos con el doble fin de evitar conflictos legales y de mejorar la implementación y el conocimiento de las técnicas, cuya utilidad a la hora de buscar un trabajo en el área irá en aumento.

Como futuras líneas de trabajo se plantea investigar la incurrencia de

diferentes empresas argentinas en hechos ilícitos relacionados con la extracción de datos de la web, teniendo como fin la implementación de un marco regulatorio común que deje en claro lo que está o no permitido, así como investigar el rendimiento y los posibles errores en la utilización de las técnicas. Asimismo, se prevé investigar, con más profundidad, el impacto de esta técnica en la recolección de datos respecto de la política argentina, sus repercusiones en los últimos escenarios electorales, y, aún más, en los futuros.

Referencias

- [1] HERNÁNDEZ, Alexis Tadeo, et al. Metodologías para análisis político utilizando Web Scraping. *Research in Computing Science*, 2015, vol. 95, p.113-121. Disponible en: <http://cor.to/Lg4S> (Consultado en mayo de 2018)
- [2] FEBLES DÍAZ, Orestes, et al. Los Mashups: aplicaciones compuestas de la Web 2.0, exposición de caso. *Ciencias de la Información*, 2012, vol. 43, no 3. Disponible en: <http://cor.to/Lg4s> (Consultado en mayo de 2018)
- [3] BECERRIL, Javier Isidro, et al. La web 2.0: Un análisis de su impacto en lo social, político, cultural y económico. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria: Revista de Investigación de la Universidad Simón Bolívar*, 2012, no 11, p. 23-34. Disponible en: <http://cor.to/Lg4B> (Consultado en mayo de 2018)
- [4] TORRES, Esteban. El Estado, la comunicación y el espacio público en Manuel Castells (2004-2009). *Utopía y praxis latinoamericana*, 2014, vol. 19, no 66. Disponible en: <http://cor.to/L4O8> (Consultado en mayo de 2018)
- [5] GLEZ-PEÑA, Daniel, et al. Web scraping technologies in an-API world. *Briefings in Bioinformatics*, 2014, vol 15; p. 788-797. Disponible en: <http://cor.to/L4OL> (Consultado en junio de 2018)
- [6] SÁNCHEZ CARBALLIDO, Juan Ramón. Perspectivas de la información en Internet: ciberdemocracia, redes sociales y web semántica. *Zer-Revista Estud. Comun*, 2011, vol.13; no 25, p. 61-81. Disponible en: <http://cor.to/LxOv> (Consultado en junio de 2018)
- [7] MITCHELL, Ryan. Web scraping with Python: collecting data from the modern web. O'Reilly Media, Inc, 2015. Disponible en: <http://cor.to/L4OG> (Consultado en junio de 2018)
- [8] VÁZQUEZ, Sonia. Web Scraping: ¿legal o ilegal? The Law Clinic. Disponible en: <http://cor.to/LIsI> (Consultado en julio 2018)
- [9] NEUMAN, Alex, ¿Qué es el Web Scraping o Screen Scraping y por qué nos debe importar?, *Vida Digital*, 2018. Disponible en: <http://cor.to/LHrp> (Consultado en julio de 2018)
- [10] FERNÁNDEZ, María Serrano, et al. Constitución y propiedad intelectual. Editorial Reus, 2018. Disponible en: <http://cor.to/LIsK> (Consultado en julio de 2018)

La Economía Sostenible ¿Funcional o Utópica? Matías Berardi, Nicolás Gómez, Matías Laye, Mariano Marasco Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Economía sustentable, al utilizar este término nos referimos a un modelo económico, el cual permite unir el crecimiento económico con la sustentabilidad ecológica. Este trabajo tiene como objetivo el análisis de este modelo económico, sus distintas variantes, como así también las implicaciones y consecuencias de su utilización.

Palabras Clave

Economía Sustentable, Desarrollo Sostenible, Energía, Desecho, Viabilidad.

1. Introducción

Desde el inicio de la actividad económica organizada del hombre, este ha generado cambios en el medio que lo rodea, pero sólo recientemente, este ha podido reconocerlo. Esto se puede observar en cómo han evolucionado los diversos procesos productivos en el corto tiempo al que consideramos como historia contemporánea [1].

Al referirnos al proceso productivo, nos disponemos a hablar de todas aquellas etapas que se llevan a cabo, una vez que se posee la materia prima, para transformar dichos insumos en un producto que tenga algún uso para la sociedad, lo que le otorga un valor agregado. Desde los inicios de la revolución industrial y el nacimiento de la producción centralizada, estos procesos han ido incrementando su efecto en el medio ambiente, esto fue así, hasta que como con todos aquellos puntos de inflexión en la historia, el cambio de mentalidad de la sociedad generó un sentimiento de lucha contra estas prácticas[2].

Uno de los cambios más evidentes que encontramos es el nacimiento del concepto de responsabilidad medioambiental el cual se define como que las empresas y organizaciones integran en su toma de decisiones y en su operativa diaria las preocupaciones y regulaciones por el medioambiente[3][4].

Por su parte, la confluencia de actores e intereses implica que las empresas hayan incorporado esta responsabilidad por motivos heterogéneos, no necesariamente contradictorios, donde se entremezclan la concienciación corporativa con el deseo de obtener ventajas competitivas o el cumplimiento de las exigencias de los grupos de interés o los organismos reguladores.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”; segundo año de cursada), es estudiar aquellos cambios que se han llevado a cabo hasta el momento, como así también aquellos posibles cambios del futuro cercano. Para ello, es necesario tener en cuenta, el desarrollo de la tecnología como un posible factor que haya influenciado dichos cambios.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se explica el nacimiento y las distintas escuelas de pensamiento de la responsabilidad medioambiental; en la sección 3, se detallan los cambios más notorios que se han logrado hasta el momento, como así también el hito tecnológico responsable de los mismos; en la sección 4, se mencionan las consecuencias de algunos de los cambios que mencionamos anteriormente; en la sección 5, se detallan las predicciones de posibles desenlaces futuros, la sección 6 tratara acerca de los resultados de la investigación, y finalmente la sección 7 será la conclusión del trabajo.

2. Escuelas de Pensamiento de la responsabilidad medioambiental

La esencia de la economía responsable reside en diseñar productos sin desechos, productos que faciliten su

desmontaje y su reutilización, así como en definir modelos empresariales para que los fabricantes puedan ser incentivados económicamente para recoger, volver a fabricar y distribuir los productos que hacen. Sus aplicaciones prácticas, tanto a sistemas económicos como a procesos industriales, ha ido en aumento principalmente como resultado de los esfuerzos de un pequeño número de académicos y líderes empresariales y de opinión [5].

Algunas de las escuelas de pensamiento de la economía responsable son:

► **Diseño Regenerativo:** El término Diseño Regenerativo llegó a ser asociado con esta idea: que todos los sistemas, a partir de la agricultura, podrían ser organizados de forma regenerativa. En otras palabras, que los procesos por sí mismos se renueven o regeneren las fuentes de energía y de materiales que consumen. [6]

► **Economía de Rendimiento:** Persigue cuatro objetivos principales: la extensión de la vida del producto, los bienes de larga duración, las actividades de reacondicionamiento y la prevención de residuos. Además, insiste en la importancia de la venta de servicios en lugar de productos, una idea conocida como la economía de servicios funcional.[7]

► **Cradle to Cradle:** Esta filosofía de diseño considera todos los materiales involucrados en los procesos industriales y comerciales como nutrientes, de los cuales hay dos categorías principales: los técnicos y biológicos. El paradigma Cradle To Cradle (de la Cuna a la Cuna) se centra en el diseño de la ecoeficacia en lo relativo a que los flujos de productos tengan un impacto positivo, a diferencia de los enfoques tradicionales que se centran en la reducción de los impactos negativos. El diseño Cradle to Cradle se inspira en el comportamiento de la tierra y los sistemas que la componen, al pensar a la industria y al proceso productivo como un organismo.. En algunos casos, la

durabilidad no es la estrategia óptima de algunos bienes de consumo, que terminan en la basura o son muy difíciles de recuperar con procesos de reciclaje. Por eso es preferible diseñar los productos de tal manera que la pureza del material se mantenga y sea fácil extraer sus componentes para su regeneración como también su devolución a la tierra [8].

► **La Ecología Industrial:** La Ecología Industrial es el estudio de los flujos de materiales y de la energía a través de sistemas industriales. Centrándose en las conexiones entre los operadores dentro del ecosistema industrial, este enfoque tiene como objetivo crear procesos de circuito cerrado en el que los residuos sirven de entrada para otro proceso, eliminando la noción de un subproducto no aprovechable. La ecología industrial adopta un punto de vista sistémico, diseñando los procesos de producción atendiendo a las restricciones ecológicas, mientras mira su impacto global desde el principio, y trata de darles forma para que se puedan realizar lo más cerca posible de los sistemas vivos. Este marco de trabajo es conocido como la ciencia de la sostenibilidad, por su carácter interdisciplinario y porque sus principios pueden aplicarse también para los servicios. Con un énfasis en la restauración del Capital Natural, la Ecología Industrial también se centra en el bienestar social [9].

► **Economía Azul:** Impulsado por el empresario belga Gunter Pauli, la Economía Azul es un movimiento de código abierto que reúne una serie de casos de estudio, inicialmente recopilados en un informe del mismo nombre entregado al Club de Roma. Como dice el manifiesto oficial, utilizando los recursos disponibles en los sistemas en cascada, los residuos de un producto se convierte en la entrada para crear un nuevo flujo de caja. La Economía Azul insiste en soluciones que están determinadas por su entorno local y

las características físicas y ecológicas. [10].

3. Acontecimientos y logros más notorios de la economía sustentable

Se presenta un breve resumen de los principales hitos de consenso a nivel internacional que impulsan el cambio hacia el desarrollo sostenible.

1972 - Conferencia de Estocolmo.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Como resultado se publicó una declaración con 26 principios comunes para preservar y mejorar el medio humano.

1982 - Carta mundial de la naturaleza

En la Asamblea general de las Naciones Unidas de 1982 se adoptó la Carta Mundial de la Naturaleza de la que se pueden destacar los siguientes principios [11]:

- Respetar a la naturaleza sin perturbar sus procesos esenciales.
- Garantizar la supervivencia y viabilidad de todas las especies de la Tierra y de sus hábitats.
- Mantener la productividad de ecosistemas y organismos utilizados por el ser humano sin poner en peligro su integridad o la de otros ecosistemas y especies con los que coexistan.

1983 - La Comisión Brundtland

La Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo se creó para hablar del deterioro acelerado del ambiente humano y de los recursos naturales y sus consecuencias para el desarrollo social y económico. Su reporte "Nuestro futuro común" se publicó en 1987, promoviendo ampliamente el uso del concepto de "desarrollo sustentable", el consiste en una economía sustentable, la cual no genera desechos y hace un uso más eficiente de los recursos.

1992 - Cumbre de la Tierra

Se celebró en Río de Janeiro, Brasil. En esta reunión la comunidad internacional acordó adoptar un enfoque de desarrollo en el que se protegiera el medio ambiente al mismo tiempo que se asegurara el desarrollo económico y social.

La aceptación del concepto de desarrollo sostenible se estableció a través de la aprobación de dos documentos:

- Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que tuvo por objetivo establecer una guía de apoyo para el logro del desarrollo sostenible.
- Agenda 21, que es un plan de acción en el que se establecieron metas ambientales y de desarrollo. Significa un consenso político a escala global para el logro del desarrollo sostenible.

En la Cumbre de la Tierra se crearon tres instrumentos internacionales de gran importancia en materia ambiental:

- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD)
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)[12]
- Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD)[12]

2002 - Conferencia de Johannesburgo

Tuvo por objeto renovar el compromiso político manifestado en la Cumbre de la Tierra de 1992 en pro del desarrollo sostenible. Las discusiones en la reunión se enfocaron en la manera en la cual se podría asegurar el desarrollo sostenible, por lo que se abordaron diversos temas como la erradicación de la pobreza, desarrollo social y económico, desertificación, agua, energía, salud, biodiversidad, empleo, educación, entre otros [13].

2012 - Río+20

Las discusiones de Río+20 se centraron en dos temas principales: la construcción de una economía verde para lograr el desarrollo sostenible y erradicación de la pobreza, así como la manera en que se puede mejorar la coordinación internacional para el desarrollo sostenible [14].

Los países se comprometieron a seguir trabajando en pro del desarrollo sostenible y promoción de un futuro económico, social y ambientalmente sostenible para el planeta y para las generaciones presentes y futuras.

Como resultado de las distintas organizaciones y países firmantes en los convenios, al día de hoy tenemos estadísticas [15] que respaldan el crecimiento de industrias de energía renovable, que se exponen a continuación (en las figuras 1 a 4). En el primer gráfico se puede apreciar el incremento de la producción de energía eólica a través de los años, el segundo corresponde a la producción de energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos.

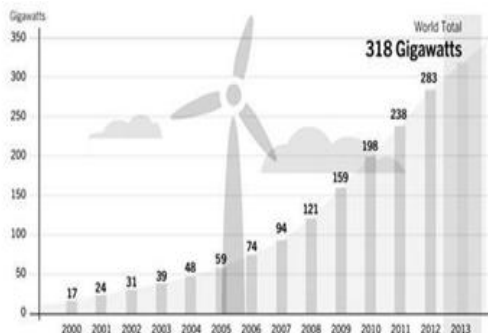


Figura 1. Incremento de la producción de energía eólica a través de los años.

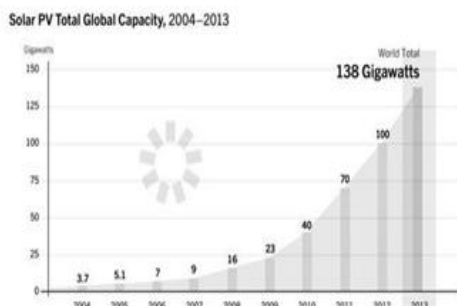


Figura 2. Producción de energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos

Globalmente la energía nunca ha sido tan limpia

Generación de energías renovables excluyendo grandes hidroeléctricas (2006-2016)



Figura 3. Aumento de utilización de energía renovable.

Los automóviles eléctricos están listos para lanzar

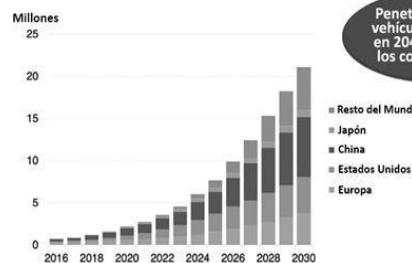


Figura 4.

Se puede ver como a nivel mundial los distintos países prefieren el uso de energías renovables [16] y las empresas buscan variantes para su producción, como por ejemplo las automotrices.

4. Consecuencias de la utilización de la economía sustentable

Una de las consecuencias es la implementación de la Economía Circular, [17] la cual propone reducir los desperdicios reciclando los desechos al final de los ciclos productivos y de uso, y reinsertando de la manera más eficiente posible el material sobrante.

Además de los beneficios ambientales, del ahorro que conllevaría su aplicación en multitud de áreas, la Economía Circular podría ser un gran motor para la generación de empleos en todo el mundo y su desarrollo debería permitir a los países que la apliquen, obtener una ventaja competitiva en el contexto global.

La adopción de la Economía Circular tiene como objetivo alcanzar un

alto nivel, en el empleo eficiente de los recursos. Solo en Europa se emplean casi 16 toneladas de materiales per cápita, como estímulo económico, de los cuales 6 acaban siendo residuos, más de la mitad de los cuales termina en vertederos [18].

5. Posibles desenlaces de la utilización de la economía sustentable

Es notorio el cambio producido en los últimos años hacia un perfil eco sustentable, pero no debemos olvidar que este cambio es impulsado profundamente por una mejora en el rédito económico de las organizaciones involucradas, un impulso de estados concientizados y una educación adecuada de los ciudadanos con discernimiento ecológico.

En lo que respecta a nuestro país, Argentina plasma en la ley 27.191 de “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica” el objetivo del 20% del consumo eléctrico nacional de fuentes renovables al 31 de diciembre de 2025 [19].

En los próximos años se hará más notoria la necesidad de energías limpias, el crecimiento demográfico mundial así lo propicia, y debe avanzarse más en la optimización de procesos que antaño fueron sumamente descuidados, como la explotación del petróleo, el carbón, la liberación de gases a la atmósfera y distintos factores claves para hacer del concepto de desarrollo sostenible una realidad establecida y no solo una tendencia con raíces económicas.

6. Resultados de la Investigación

La economía sostenible, en nuestros días, ya no es un simple proyecto, sino una realidad que vivimos del día a día. Es impulsada por un interés por el cuidado de nuestro medio ambiente y a su vez por un interés económico natural. Un claro ejemplo de esto es evidente en la evolución de las botellas de agua a lo largo de estos últimos años. No solo el

pasaje del vidrio al plástico (el cual, cabe aclarar, es mucho más reciclable que el material previo), sino también la disminución de la cantidad de plástico utilizada. Esto es bueno para tanto la persona interesada en una economía más sustentable, como para el empresario que busca un nivel mayor de ganancia. Un nivel menor de plástico genera menos desecho y sería más fácil de reutilizar, pero también tenemos el lado donde menos plástico utilizado significa menos materia prima para la elaboración del producto. De esto se puede deducir que el avance tecnológico, nos permite como sociedad producir menos desecho. Al punto tal que países como Estados Unidos, que uno consideraría que por el alto nivel de productos y consumo, genera el desecho mayor, sin embargo países como Kuwait y Sri Lanka poseen un nivel de desecho Per Cápita que supera al doble del generado por el país norteamericano [20]. Esto claramente marca una relación marcada entre el avance de nuevas tecnologías y la cantidad de desecho que producimos a diario, fortaleciendo la idea de una economía sustentable cada vez más cercana y posible.

Otra conclusión a la que hemos llegado en base a la Investigación realizada corresponde a que si se realizará el cambio de la economía lineal en la que nos encontramos ahora, hacia una economía circular/sustentable, esto generaría aproximadamente 350 millones de dólares de ganancia para la economía. Empezando por la reducción de costos en el tratado de los desechos, ya que al pasar a producir productos degradables o que sus componentes se reúsen luego de la finalización de su vida útil, reduciría a casi cero el nivel de desechos. En segundo lugar, la optimización de los recursos permitirá a las industrias ahorrar 100 millones en costos, los cuales podrán ser usados para impulsar y financiar el desarrollo de

nuevos y mejores productos y tecnologías.

Finalmente, si se genera el cambio de modelo económico, la presión sobre el medioambiente se vería reducida, ya que los ecosistemas tendrían tiempo de regenerarse entre intervalos productivos, conteniendo la eliminación de ecosistemas. A su vez, al reducir la cantidad de desechos que produce la economía, ya no serían necesarios un nivel tan alto de centrales de eliminación de desechos (dígase planta de residuos e incineradores) lo que reduciría la emisión de gases tóxicos a la atmósfera como también liberar lugar en las ciudades para otras utilidades.

7. Conclusión

En conclusión, la implementación de la economía circular/sustentable acompañada por el necesario nivel de tecnología requerido para que dicha transición sea lo más rápida y efectiva posible, no es la solución a todos los problemas ambientales y económicos-sociales que presenta nuestra sociedad, pero es un paso en la dirección correcta para la solución de los mismos. Por dicha razón, los miembros que hemos realizado este trabajo investigativo, hemos concordado que una manera de comenzar a caminar en la dirección correcta es la de reemplazar los envases de los productos industriales por sus contrapartes biodegradables o en su defecto envases reciclables, esto sería incentivado por el gobierno mediante el uso de incentivos fiscales y/o incentivos publicitarios.

Referencias

- [1] La preocupación mundial por el medio ambiente. 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2HzEeh9>
- [2] Marta Remacha. Medioambiente: desafíos y oportunidades para las empresas. 11 de Septiembre de 2018 Disponible en: <https://bit.ly/2K5i4EC>
- [3] PuntoMov.Desarrollo sustentable 11 de Septiembre de 2018 Disponible en: <https://bit.ly/1CUC9bB>
- [4] BIC Group Official.BIC: 2 minutos para entender el desarrollo sostenible - Spanish 11 de Septiembre de 2018 Disponible en: <https://bit.ly/2o5jVIR>
- [5] Artículo sobre la Economía Circular. 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2EhUJN9>
- [6] El desarrollo Regenerativo, 11 de Septiembre de 2018, disponible en: <https://bit.ly/2NCAKR6>
- [7] Tetreault, Darcy Víctor. Escuelas de pensamiento ecológico en las Ciencias Sociales. julio-diciembre, 2008.
- [8] Economía Ecológica. 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2CKLx7H>
- [9] Ecología industrial, Septiembre 2008, disponible en: <https://bit.ly/2x39hOo>
- [10] Artículo sobre las escuelas de pensamiento del desarrollo sustentable. 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2x39hOo>
- [11] Conferencias de la ONU sobre el medio ambiente. 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2KK7kLI>
- [12] Proyectos de la Onu sobre el medio ambiente: <https://bit.ly/2Kdg0i8>
- [13] Artículo de los hitos de la economía sustentable. 11 de Septiembre de 2018. Disponible en <https://bit.ly/2trfWIM>
- [14] Economía y sostenibilidad, 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2oYC8zB>
- [15] 11 de Septiembre de 2018. REN21. NGO Global renewable energy network. (ONG Red global de energía renovable) <http://www.ren21.net/>
- [16] Tom Randall. 11 de Septiembre 2018. "The Cheap Energy Revolution Is Here, and Coal Won't Cut It". Bloomberg New Energy Finance. Disponible en: <https://bloom.bg/2p2VBzY>
- [17] ComexPerú. 11 de Septiembre de 2018/ Semanario 931 - Actualidad. Disponible en: <https://bit.ly/2N5ZstH>
- [18] Artículo de los beneficios de la economía circular. 11 de Septiembre de 2018: <https://www.ecoticias.com/especial-residuos-reciclaje-2017/175183/Economia-circular-ventajas-y-desventajas>
- [19] Telam. "El panorama de las energías renovables en la Argentina" . 11 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2x5rhhz>
- [20] Waste Management World "Most wasteful countries" con mapa interactivo. 11 de Septiembre de 2018, disponible en: <https://bit.ly/2DH8qF>

Accidentes producidos por vehículos autónomos

Gordo, Juan Martín; Malvaso, Agustín; Mazzarella, Chiara; Salvidio, Agustín;
Sangineto, Cecilia

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Debido a la gran cantidad de accidentes producidos por automóviles que se conducen de manera manual, se creó un tipo de vehículo con la capacidad de imitar las habilidades de manejo y control de un humano. El hecho de implementar únicamente coches autónomos asegura prevenir errores humanos, además de mejorar las condiciones de tráfico en cualquier vía, reduciendo considerablemente la cantidad de accidentes de carretera. Este trabajo tiene como objetivo fomentar el interés en esta tecnología y hacer un análisis del rol que tiene en la actualidad el vehículo autónomo, y los beneficios de su implementación en reemplazo de los vehículos manuales. Se expone información recolectada, estadísticas y teoría social para poder explicar los beneficios que brinda a la seguridad vial.

Palabras Clave

Vehículos autónomos, Tesla, accidentes vehiculares, piloto automático.

1. Introducción

Debido a las investigaciones realizadas por diversos grupos tales como: INSIA [1], VOLVO Cars [2], WAYMO [3] y grupo AUTOPIA [4], entre otros; es posible encontrar en la actualidad vehículos más seguros y confortables [5]. Según WAYMO, el 94% de los accidentes producidos por autos manuales en los últimos 4 años, son a causa de errores e inatención humana [3]. Sumado a esto, según la Organización Mundial de la Salud, por año 1,25 millones de personas mueren a causa de dichos accidentes [6].

En este contexto, surge la idea de investigación sobre la aplicación de diferentes sistemas informáticos, sobre vehículos permitiendo que éstos se conduzcan de forma autónoma. Se entiende por vehículos completamente autónomos a aquellos capaces de controlarse sin la necesidad de una intervención humana [7]. A diferencia de los vehículos manuales, los vehículos autónomos poseen sensores y un software que le permiten detectar y predecir el

movimiento de otros vehículos para evitar posibles accidentes [3]. Sin embargo, el sistema del vehículo autónomo puede fallar y se puede producirse un accidente.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada, año 2018), es comparar los accidentes sufridos por vehículos autónomos tanto en las pruebas realizadas como en su puesta en práctica en los últimos 5 años.

Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se realiza una explicación del concepto de vehículo autónomo; en la sección 3, se enuncian casos de accidentes que involucran vehículos autónomos, en la sección 4 se realiza su comparación de dichos casos. Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo, en la sección 5.

2. Vehículo autónomo

Un vehículo autónomo o, como lo llaman distintos autores, “inteligente”; es un automóvil que a través de su software y en conjunto con su hardware simulan, citando a Luis Ramírez [8], “las capacidades humanas de manejo y control” del vehículo, con el fin de prescindir de la actividad humana y únicamente indicarle al automóvil el destino al que se quiere llegar. Si bien no existe una fecha exacta acerca de la aparición del auto autónomo, Ramírez sugiere que la primera aparición del concepto de auto autónomo fue en 1939 en la Exposición Universal llamada “Futurama” (patrocinada por General Motors), donde Norman Bel Geddes, diseñador industrial, presentó un vehículo eléctrico [9]. Más adelante en 1980, la agencia DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency, en español

Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa) creó el primer vehículo que funcionaba mediante un radar láser y visión computarizada [8]. Por último, en el año 1995, Ernst Dickmans, profesor de la Bundeswehr University de Múnich, construyó lo que Ramírez afirma como “el primer vehículo realmente robotizado” [8]. Dickmans había modificado un automóvil de la marca Mercedes Benz para que llevara a cabo un trayecto entre las ciudades de Múnich y Copenhague utilizando una computadora que reaccionaba en tiempo real antes los obstáculos que se podrían presentar [10].

3. Accidentes

En esta sección se describen diferentes accidentes producidos por vehículos autónomos. Se debe tener presente que los accidentes de carreteras son responsables de la muerte de 3,5 miles de personas cada día, según la Organización Mundial de la Salud [11].

Contraestandando el 90% de accidentes causados por negligencias humanas, la proliferación del futuro coche autónomo, trae promesas positivas en cuanto a la seguridad vial [7]. No obstante, también es necesario tener en cuenta que a pesar de la evidente reducción de los mismos, no se puede descartar la posibilidad de ocurrencia de algún accidente producido por un vehículo autónomo [12].

En una nota, publicada en el diario digital de Infobae [13], se informa de un accidente producido por un vehículo autónomo de la empresa Uber que finaliza con la muerte de una mujer que cruzaba la calle. El mismo se produce en altas horas de la noche con el conductor dentro del vehículo pero éste se maneja de forma automática. Al momento del accidente, se observa por unas cámaras que el conductor no está atento y al producirse el choque del peatón, el impacto lo toma por sorpresa. El mismo declara: “fue como un destello, la persona salió delante de mí”. El peatón era una mujer que se encontraba al costado del camino en su bicicleta, la cual no se podía percibir con

facilidad, y la vestimenta de la mujer, que era oscura, dificulta aún más su presencia. Esta situación, pone en duda la seguridad que proveen los vehículos autónomos sin embargo el mismo se declaró inevitable [14].

Un segundo suceso es el accidente que provocó un vehículo autónomo de la empresa Tesla, publicado por el diario estadounidense UsaToday [15], que colisionó contra un camión, generando la muerte del conductor del automóvil. Según la NTSB el vehículo autónomo circulaba sobrepasando el límite de velocidad cuando chocó contra el camión. Luego del accidente, comienzan las investigaciones en el sistema de piloto automático del vehículo para verificar si presenta algún defecto. Para sorpresa de los investigadores, el sistema se encontraba en perfecto estado y, según NTSB, incluso el conductor habría recibido advertencias antes de que ocurriera el accidente. Se reportó que el conductor utilizó el sistema de piloto automático por un total de 37.5 minutos, teniendo las manos fuera del volante, mientras que su viaje total fue de 41. Tesla en reiteradas ocasiones recuerda a los conductores que mantengan sus manos sobre el volante para poder tomar el control en cualquier momento sin importar que esté en modo automático [16].

Otro caso es un accidente que involucró a un autobús autónomo y a un camión, publicado en el diario The Guardian [17]. Este autobús no contaba con volante ni pedales, solamente poseía un monitor de computadora. El accidente se produjo en Las Vegas luego de dos horas de lanzarse a la vía pública el vehículo por primera vez, cuando el autobús percibe el posible choque, frena. Quien no lo hace es el camión, lo que generó una abolladura en la parte delantera del autobús sin dejar heridos. En la noticia se planteó que si el camión hubiera contado con el mismo sistema autónomo, hubiese frenado y el accidente se hubiera evitado [18].

Un cuarto suceso, fue el publicado por The Salt Lake Tribune [19], acerca de un

accidente producido por un sedán Tesla Modelo S con un camión mecánico del Departamento de Bomberos. Dicho auto tenía activado el sistema autónomo y era controlado por una mujer de 28 años, quien luego declara que al momento del accidente estaba mirando su teléfono celular. El impacto se produjo cuando el camión de bomberos frena en un semáforo en rojo y el Tesla circulando a 96.5 km/h lo impacta por detrás generando una fractura en el tobillo derecho del conductor de Tesla [20].

Otro accidente es el que se produce en Mountain View, California, a bordo de un Model X. Según un artículo publicado por Reuters [21], el accidente involucra a otros dos vehículos aparte del autónomo, fabricado por Tesla. Los automóviles de este fabricante funcionan con un sistema de piloto automático, pero no es claro si el sistema estaba en funcionamiento al momento del accidente. El vehículo autónomo se estrella contra un guardarrail de la autopista por la que circula antes de entrar en contacto con los otros automóviles involucrados. Seguido de los choques, las baterías del auto se incendian, quitándole la vida al conductor horas después en el hospital [22].

Finalmente, otro caso es de un accidente ocasionado por un automóvil autónomo de Google, en el cual chocó a un autobús. El accidente se produjo cuando el auto de Google quiso hacer un giro a la derecha pero percibió que había unas bolsas de arena sobre la calle a causa de una construcción. Cuando ocurre una situación como ésta, la Inteligencia Artificial del auto lo detiene y analiza una nueva ruta para proceder. Sin embargo, el auto volvió al carril donde se encontraba, chocando así la parte lateral de un autobús. El vehículo autónomo tenía un conductor que debería haber estado de manera obligatoria, aunque no pudo hacer nada para evitar este accidente. Este acontecimiento generó desconfianza hacia los automóviles autónomos [23].

4. Comparación de casos

A partir de los casos particulares de la sección 3, se efectúa una comparación de los mismos presentada en la tabla 1:

Tabla 1. Comparación de accidentes, causas y consecuencias

Accidente	Empresa	Causa	Impacto humano	Vehículos
1	Volvo	Sin definir	Muerte del peatón	Autónomo y bicicleta
2	Tesla	Falla del sistema	Muerte del conductor	Autónomo y camión
3	Navya	Error humano	Sin heridos	Autónomo y camión
4	Tesla	Falla del sistema	Lesión en el tobillo	Autónomo y camión de bomberos
5	Tesla	Sin definir	Muerte del conductor	Autónomo y dos autos
6	Google	Falla del sistema	Sin heridos	Autónomo y autobús

Con respecto a la gravedad que presentan, los accidentes “1”, “2” y “5” se los clasifica como accidentes fatales ya que implican el fallecimiento de una o más personas. Por otro lado el accidente “4” se lo clasifica como accidente grave ya que hubo lesiones físicas pero que no ponen en peligro la vida de la persona. Por último, los accidentes “3” y “6” se los clasifican en accidentes leves ya que no produjeron lesiones físicas significativas.

Se pueden observar que los accidentes “1”, “3” y “5” podrían ser inevitables para el sistema autónomo, tanto por el tiempo de reacción que se tenía antes del impacto, como por las acciones de terceros. Por lo tanto se destaca la importancia del uso de este sistema como forma de reducir los accidentes de tránsito. Sin embargo en el accidente “6”, se observa el riesgo que se corre si no se toman las precauciones

necesarias antes de que comiencen a circular en la vía pública.

Agregando a lo anterior, según un trabajo de plan de empresa para un circuito de test de vehículos inteligentes, las posibles ventajas que implica el uso de estos vehículos son: aumentar la seguridad vial, transportar gente incapaz de manejar y disminuir la contaminación. Serán capaces de reaccionar ante cualquier situación peligrosa de la manera más óptima posible y no podrán infringir las leyes de tránsito. Por otra parte, también se plantean desventajas tales como la aceptación de estos vehículos y su incapacidad de llevar a cabo decisiones éticas. Con esto último se refiere a una situación en la que, por ejemplo, haya que decidir si ocasionar un choque inevitable contra una persona o que se efectúe contra otro automóvil [24].

Resultados

A partir de la investigación realizada se extraen los aspectos más relevantes relacionados a la incorporación de vehículos autónomos como transporte único en cualquier tipo de vía.

Uno de los aspectos que más se destaca es la interfaz de esta tecnología con el entorno en el que se desarrolla, y la relación que guarda con la integridad del usuario que la utiliza. Se concluye que si bien los vehículos autónomos se distinguen por reducir los riesgos y accidentes vehiculares, la implementación total de este tipo de vehículos no garantiza reducir a cero la posibilidad de ocurrencia de accidentes autónomos. Cabe destacar que el objetivo a futuro para esta tecnología, es que funcione sin errores en su totalidad.

Se puede afirmar también, que la circulación total y exclusiva de vehículos autónomos reduce considerablemente la cantidad de accidentes. Está comprobado que los vehículos autónomos pueden funcionar de manera casi totalmente eficaz, si estos sólo interactúan con otros que son regidos también por esta tecnología, ya que la principal razón que desata los accidentes es que no responden de manera eficaz a

estímulos, si es un ser humano el que maneja otro vehículo que interactúa con el coche autónomo.

Por otro lado, se deben reconsiderar los conflictos que trae consigo la nueva realidad que supone el vehículo autónomo, ya sean dispositivos externos, sistemas inteligentes de transporte, redes de comunicación, etc. La disrupción del vehículo autónomo supone nuevos riesgos que no pueden ser analizados con los antiguos patrones de referencia de accidentes vehiculares. Se debe reevaluar cuáles son las nuevas vulnerabilidades que hay que enfrentar. En consecuencia se presentan nuevos riesgos a los que se debe adaptar la tecnología para poder llegar a un óptimo funcionamiento de los coches autónomos.

Conclusión

En base a la información obtenida en las secciones anteriores, se puede concluir que el hecho de implementar únicamente coches autónomos asegura prevenir errores humanos además de mejorar las condiciones de tráfico en cualquier vía. La tecnología que utilizan reacciona de manera más eficaz y efectiva que una persona en el mismo lugar. Es por esto la opción óptima en la actualidad de reducir al mínimo posible la cantidad de accidentes vehiculares. Gracias al buen funcionamiento de los mismos ya se han aceptado en muchos países de Europa como en Estados Unidos, demostrando así un futuro optimista a esta tecnología.

A pesar de este escenario optimista, los accidentes continúan ocurriendo, y los informes de las pruebas realizadas reflejan que los sistemas de los vehículos autónomos aún presentan fallas las cuales muchas no están definidas, logrando así generar desconfianza de la población a su vez que una resistencia a la incorporación de estas nuevas tecnologías y debates éticos y morales sobre su utilización en la vía pública.

Como futuras líneas de investigación, se prevé desarrollar las posturas de los

ciudadanos con respecto a la aceptación, o el rechazo, a la implementación de los vehículos robóticos en la vía pública. En cuanto a profundizar sobre el estudio de los accidentes propuestos, resulta interesante analizar, con mayor detalle, las causas que llevaron a los sistemas a fallar frente a diferentes situaciones en la carretera.

Referencias

- [1] Grupo de Investigación INSIA [en línea] [fecha de consulta: 14 mayo 2018]. Disponible en: <http://insia-upm.es/investigacion/proyectos/>
- [2] Group VOLVO [en línea] [fecha de consulta: 14 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2jZhZXR>
- [3] WAYMO C.O. [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://waymo.com/tech/>
- [4] AUTOPIA Research Team [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://autopia.car.upm-csic.es/proyectos.php>
- [5] PÉREZ RASTELLI Joshué Manuel, PEDRO LUCIO Teresa de, SANTOS PEÑA Matilde. *Agentes de control de vehículos autónomos en entornos urbanos y autopistas*. Tesis doctoral inédita, Universidad Complutense de Madrid, 2012.
- [6] Organización Mundial de la Salud. *Lesiones causadas por el tránsito* [en línea] [fecha de consulta: 16 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- [7] Grupo de investigadores INTRAS: MONTORO GONZÁLEZ, Luis y otros. *Coche Autónomo, seguridad vial y formación de conductores*. Informe, Instituto Universitario de Tráfico y Seguridad Vial (INTRAS) de la Universidad de Valencia, 2017.
- [8] RAMÍREZ, Luis. *Vehículos Autónomos*. Tesis, Universidad Católica "Nuestra Señora de la Asunción" Facultad de Ciencias y Tecnologías Departamento de Electrónica e Informática, Asunción Paraguay, 2016.
- [9] POORSARTEP, M. Transcultural Marketing for Incremental and Radical Innovation. En: *Self-Driving Cars: Radical Innovation in the Transportation Industry*. pp. 97-98. University of Michigan, Dearborn USA, 2014. DOI: 10.4018/978-1-4666-4749-7.ch005
- [10] DICKMANS E.D, BEHRINGER R. *The seeing passenger car 'VaMoRs-P'*. Conferencia Internacional IEEE, París 24-26 Oct. 1994, 0-7803-2135-9.
- [11] Organización Mundial de la Salud [en línea]. Disponible en: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/es/
- [12] JIMENEZ MUÑOZ, Loreto. "Implicaciones de la introducción del vehículo autónomo en España". Máster Universitario de Derecho de las Telecomunicaciones, Protección de Datos, Sociedad

de la Información y Audiovisual, Universidad Carlos III de Madrid.

- [13] Portal Web INFOBAE [en línea] [fecha de consulta: 18 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.infobae.com/>
- [14] Portal Web Infobae [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2IMzDvV>
- [15] Portal Web USA TODAY [en línea] [fecha de consulta: 18 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.usatoday.com/>
- [16] BORNEY, Nathan. *Driver killed in Tesla self-driving car crash ignored warnings, NTSB reports*. Usa Today Newspaper [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://usat.ly/2rRFrYw>
- [17] Portal Web THE GUARDIAN [en línea] [fecha de consulta: 18 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2jcZW3a>
- [18] GIBBS, Samuel. *Self-driving bus involved in crash less than two hours after Las Vegas launch*. The Guardian. [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2jcZW3a>
- [19] Portal Web THE SALT LAKE TRIBUNE [en línea] [fecha de consulta: 18 de mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2GFDVQI>
- [20] Portal web STLRIB [en línea] [fecha de consulta: 18 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2kjdW95>
- [21] Portal Web REUTERS [en línea] [fecha de consulta: 18 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.reuters.com/>
- [22] SHEPARDSON, David. *U.S. opens probe into fatal Tesla crash, fire in California* Reuters. [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://reut.rs/2E0bsUi>
- [23] IGLESIAS FRAGA, Alberto. *El primer accidente causado por un coche autónomo*. Portal Ticbeat. [en línea] [fecha de consulta: 15 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2GksC08>
- [24] MORENO, Marcos Benito. *Plan de empresa para un circuito de test de vehículos inteligentes*. Trabajo Fin de Grado, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (EITSEIB), España, abril 2017.

Datos de Contacto

Juan Martín Gordo Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.1424. juanma.gordo99@gmail.com
Agustín Julián Malvaso. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.1424. agustin.malvaso@gmail.com
Chiara Betiana Mazzarella. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.1208. chiarabetiana@gmail.com
Agustín Darío Salvidio. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.1424 agustinsalvidio@gmail.com

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

*Maria Cecilia Sangineto Universidad Tecnológica
Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.1834.
ceciliasangi@gmail.com*

Estudio de factibilidad de mecanismos de seguridad de las Criptomonedas

Francisco Mozzi, Hiamn Paul Olivera Piriz, Lucas Federico Mendoza, Lucas Vero.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El presente trabajo analiza la factibilidad de los procesos de seguridad de las divisas digitales, tomando como punto determinante, las Criptomonedas. Algunas, como el Bitcoin, han crecido enormemente en valor y, por consiguiente, en popularidad a través del mundo. Diversas personas ven al Bitcoin y otras divisas digitales como un nuevo método de inversión.

Como consecuencia de su gran valor, ya se han presentado reportes de hackeo y robo de Criptomonedas. Esto conlleva a que usuarios no se encuentren seguros a la hora de invertir en este tipo de divisas. Por lo que, es necesario un estudio de factibilidad sobre el funcionamiento de los mecanismos de seguridad de las Criptomonedas junto con un análisis de los reportes de hackeo y robo de las mismas.

Palabras clave

Criptomoneda, blockchain, seguridad digital, Bitcoin, digitalización, transacciones, hackeo

1 Introducción

En los últimos años la digitalización se ha presentado como un proceso de crecimiento inevitable en el mundo afectando a varios sectores de la sociedad [1]. Entre los mismos, la economía puede ser reconocido como el más afectado, surgiendo, como consecuencia, las divisas digitales [2]. Las criptomonedas, criptodivisa o criptoactivo, son un medio virtual de intercambio que pueden ser operadas como cualquier otra divisa tradicional, pero a diferencia de éstas no tiene todos los atributos de una moneda real [3]. Algunas de ellas, como el Bitcoin, han crecido enormemente en valor y son candidatas para ser un nuevo método de inversión [4].

Por otro lado, las criptomonedas pueden presentar desventajas [5,6]. Las mismas son monedas descentralizadas, lo que significa que ningún país o entidad financiera las regula [3]. Esto genera una inquietud por parte de los bancos en la que se las considera como “inseguras”. Un ejemplo, es el Banco Central de la República Argentina, quien considera el uso criptomonedas como de “alto riesgo” [7].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada) es, mediante un análisis de los algoritmos de seguridad de las Criptomonedas, determinar si las mismas pueden ser consideradas como un medio digital de intercambio seguro.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se expone el concepto y orígenes de las Criptomonedas; en la sección 3 se explica qué es y cómo funciona la Blockchain; en la sección 4 se listan y detallan los algoritmos utilizados para el intercambio de datos; en la sección 6 se presentan las posibles vulnerabilidades y riesgos de esta tecnología. Por último, se desarrolla la conclusión del trabajo y se determinan las futuras líneas del mismo (sección 7).

2 Concepto y origen de las criptomonedas

Desde su origen, el dinero ha pasado por una serie de alteraciones en su forma de representación. Hoy en día, la utilización de las monedas oficiales son la base de los sistemas monetarios y de las transacciones

económicas. Sin embargo, las diferentes formas de pago han aumentado, ya que las transferencias por Internet cada vez son más frecuentes y la gente intenta buscar la manera más fácil y económica para realizarlas. Los últimos desarrollos en la red han hecho que la moneda siga su proceso de transformación, de modo que hoy en día se cuenta con una nueva forma de intercambio de manera virtual [8].

La criptomoneda es dinero electrónico no regulado emitido y controlado por su(s) creador(es) y habitualmente utilizado y aceptado como unidad de pago para el intercambio de bienes y servicios dentro de una comunidad virtual establecida. Cumple con las tres funciones básicas del dinero tradicional. El dinero actúa como [9]:

- Medio de pago o de cambio: se puede intercambiar el dinero por un bien o un servicio.
- Depósito de valor: significa que una persona puede ahorrar su dinero para poder utilizarlo en el futuro.
- Unidad de cuenta o de cambio: es una unidad numérica estándar de medición del valor de mercado de los bienes, servicios, y otras transacciones.

El dinero electrónico es considerado medio de cambio al tratarse del tipo de pago aceptado universalmente para adquirir bienes y servicios. También es una unidad de cuenta, se pueden medir y expresar los precios con él y puede ser utilizado como medio para atesorar riquezas, al ser un depósito de valor que se podrá utilizar posteriormente [9].

Según el Banco Central Europeo, existen tres variantes del dinero virtual (DV): [9]

- DV in-gameonly: se utiliza exclusivamente en videojuegos online y, por tanto, no sirve para adquirir bienes o contratar servicios en la economía real
- Unidireccional: se compra dinero virtual con moneda real, para adquirir bienes y servicios en el mundo virtual, y en casos

excepcionales se compra en el mundo real. Todo ello sin poder cambiar la moneda virtual adquirida, recuperando la moneda real original. Un ejemplo son las tarjetas de fidelización por puntos que permiten cambiar puntos acumulados por bienes o servicios del mercado real.

- DV bidireccional: en este caso, la moneda virtual actúa como una divisa que sirve para comprar y vender bienes y servicios tanto reales como virtuales, carece de un “emisor central”.

3 Blockchain ¿Qué es y cómo funciona?

Blockchain es una base de datos distribuida que contiene el registro público de cada criptomoneda, el cual contiene todos los movimientos de fondos realizados. Compuesto por bloques, es decir, un conjunto de transacciones ordenadas que describen cambios en el control de activos, en este caso, las criptomonedas [10-12]. Dichas transacciones deben ser validadas por un consenso compuesto por la mayoría de las entidades participantes [12]. Se encuentra en constante crecimiento ya que los mineros (grupos de máquinas) generan nuevos bloques para confirmar las transacciones más recientes. Cada bloque es agregado al Blockchain de forma lineal y cronológica; y además cada nodo, es decir, cada computadora que forma parte de la red de Blockchain, contiene una copia de este y se propaga automáticamente cada vez que un minero envía un bloque válido [10]. Este registro tiene guardado la información completa de las direcciones y balances desde el primer bloque existente hasta el más reciente. Se lo ve como una innovación tecnológica importante ya que los usuarios pueden confiar en éste para mantener todas las transacciones al día sin tener que depender de la contrapartida (otro usuario) o terceros (un banco, por ejemplo) para mantener el registro [10].

Esta tecnología se asegura de eliminar que se transfiera el doble de dinero a través de fraudes al momento de esperar que se

confirme una transacción para recibirlo mediante el uso de claves públicas y privadas: cada minero tiene su propia clave privada y comparte a los otros la pública.

Una transacción comienza cuando el futuro dueño de las monedas comparte su clave pública al vendedor. Estas claves son guardadas en el Blockchain, de esta forma, nunca corresponden a una identidad real y los compradores y vendedores pueden mantener su anonimato [13].

4 Algoritmos para la utilización de datos

El Bitcoin, actualmente, se puede encontrar como una de las monedas más rentables del mundo [9]. Como resultado, genera un interés muy grande en la mayoría de las personas. Es importante, también, conocer cómo se producen y cómo funcionan.

El Bitcoin, a diferencia del dinero creado por lo estados, se genera de manera distribuida a través de muchas terminales en muchas partes del mundo. En cambio, el dinero del estado es creado por los bancos centrales respectivos del estado. “El Bitcoin es al dinero común lo que el mp3 al Compact Disc, o lo que el email a los sellos y sobres. Algo que lo cambiará todo” [14].

4.1 ¿Cómo se generan las Criptomonedas?

Para el proceso de producción de criptomonedas es necesario explicar el término “minar”. La minería de datos corresponde a la aplicación de diferentes algoritmos, que responden a funciones ya programadas y estructuradas, donde la creación de criptomonedas se vuelve más compleja a medida que evoluciona el tiempo [15]. Se hace referencia a “mineros” a aquellas personas que participan en la aplicación de estos algoritmos.

4.2 Distintos algoritmos para la creación de criptomonedas

Con el fin de explicar los distintos métodos algorítmicos para la creación de criptomonedas, es necesario previamente

dejar en claro el concepto “hash”/“hashing”. El mismo hace referencia al proceso de mapeo de datos digitales de cualquier tamaño arbitrario a los datos de un tamaño fijo [16]. Lo que significa, en términos más simples, el proceso de tomar información legible y comprensible y convertir la misma en información sin sentido absoluto, es decir, no entendible.

Un buen algoritmo hash debe cumplir ciertos requisitos [16]:

- Longitud de salida del algoritmo hash debe ser fijo (un buen valor es 256 bytes)
- Incluso el cambio más pequeño en los datos de entrada debe producir una diferencia significativa en la producción
- La misma entrada producirá siempre la misma salida
- No debe haber manera de invertir el valor de salida para calcular la entrada
- Calcular el valor de HASH no debe ser un intenso cálculo, sino que debe ser rápido

Las medidas que se pueden tomar para calcular la cantidad de procesos hash por segundo son las siguientes [17]:

- KH/s: Kilohashes por segundo, o mil operaciones de hash por segundo
- MH/s: Megahashes por segundo, o un millón de operaciones hash por segundo
- GH/s: Gigahashes por segundo, o un billón de operaciones hash por segundo
- TH/s: Terrahashes por segundo, o un trillón de operaciones hash por segundo
- PH/s: Petahashes por segundo, o un cuatrillón de operaciones hash por segundo

Se pueden destacar tres algoritmos principales que corresponden a la creación de criptomonedas. Los mismos se denominan [18]:

- **Sha-256:** este mismo método corresponde a la creación de Bitcoin, y se refiere a éste como “pionero” en la criptomoneda. El procesamiento de bloques de datos con SHA-256 tiende a dar unos tiempos de respuesta más lentos en las transacciones, pero se argumenta que también es más profundo y deja menos margen para el error. Sus defensores dicen que también es mejor para la seguridad de los datos en general. Para minar con éxito, este algoritmo requiere a menudo tasas de hash de GH/S o incluso ya tasas más altas como los TH/S lo que hace más difícil que puedan participar en la minería los mineros individuales
- **Scrypt:** tiende a utilizar menos de energía que el algoritmo SHA-256, gracias a eso, durante un tiempo, facilitó su uso por la mayoría de los mineros individuales. En comparación con SHA-256, las tasas de hash de Scrypt para la minería oscilan entre los KH/s por segundo y los MH/S por segundo. Algunos argumentan que este sistema más simple es más susceptible a los problemas de seguridad, ya que los tiempos de respuesta de transacciones rápido pueden significar que el sistema analiza más superficialmente los datos. Igualmente, por el momento no existe noticia de que este algoritmo haya sufrido brechas de seguridad por eso.
- **X11:** los mineros que aplican el algoritmo X11 han visto reducciones drásticas en cuanto al consumo de energía de otros algoritmos (hasta un 50%) y la reducción de las temperaturas en comparación con el algoritmo Scrypt. Su nombre se debe a los 11 distintos algoritmos tipo hash que se utilizan.

5 ¿Cómo es el proceso de minería de criptomonedas?

En esta sección se explica el proceso, algoritmos y funciones utilizados para la minería de criptomonedas:

- **Algoritmo ECDSA:** algoritmo utilizado para crear llaves privadas criptográficas. Este algoritmo trabaja sobre una curva elíptica de números primos. La llave privada tiene una longitud de 256 bits (n), permite gastar los bitcoins, y es el valor a partir del cual se genera la llave pública. Su valor es un número aleatorio k en el rango de $[1, n-1]$. En condiciones de aleatoriedad, la probabilidad de que ocurra una colisión de llaves privadas es de $1/n-1$, lo cual lo convierte en técnicamente posible pero improbable [16].
- **Algoritmo ECC:** es el algoritmo de la curva elíptica que emplea ECDSA. La misma curva presenta una ecuación de $y^2 = x^3 + ax + b$ en donde $a, b \in F_p$ (p número primo mayor a 3) son mayores a 0 [16].
- **Función RIPEMD-160:** es una función hash que toma un mensaje de longitud arbitraria y produce como salida un resumen del mensaje de 160 bits, para ello procesa la entrada en bloques de 512 bits [16].

La minería de Bitcoin comprende un proceso de cifrado y encriptación. El mismo consta de 2 pasos principales [18].

Paso 1: utiliza el algoritmo ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) para la creación de claves privadas y públicas. Este algoritmo es una variante del algoritmo DSA25 (algoritmo utilizado para la creación de firmar digitales) al que se le añade la criptografía mediante la criptografía de curva elíptica (ECC). La principal ventaja de utilizar este algoritmo es la posibilidad de crear claves públicas y privadas (que serán utilizadas en las transacciones) con menor longitud de caracteres, que no ocupen mucho espacio y que se transmitan más rápidamente.

Paso 2: el segundo proceso es utilizar 2 funciones hash en las claves. Se utilizan las funciones hash SHA-256 y RIPEMD-160. Este último pese a ser un algoritmo casi desconocido, se utiliza para crear los hashes más cortos y seguros en la creación de una clave o dirección Bitcoin [14]. SHA-256 se utiliza en combinación con RIPEMD-160, por los riesgos de seguridad del protocolo Bitcoin con las interacciones imprevistas del algoritmo RIPEMD-160 con ECDSA. Interponiendo el SHA-256 entre el ECDSA y RIPEMD-160 se consigue que no se encuentren colisiones en una dirección pública de Bitcoin.

Cada Bitcoin es un código encriptado que se asocia a una dirección de Bitcoin, perteneciente a una persona. Sin embargo el algoritmo SHA-256 procesa tasas de Hash muy altas, por lo que se dificulta mucho la minería individual. Como resultado, grupos de trabajo aplican la minería de Bitcoin, distribuyendo entre ellos la dirección de esta. El Bitcoin se crea únicamente cuando un minero distribuye un bloque válido de transacciones

Conocer cómo se funciona la minería de criptomonedas es importante a la hora de analizar sus Vulnerabilidades y riesgos.

6 Vulnerabilidades y riesgos

Así como la tecnología del Blockchain brinda sus grandes ventajas, trae sus vulnerabilidades. Al estar formada por nodos y mineros sin restricción alguna, o sea que cualquier interesado puede formar parte, puede tener agentes utilizados con malas intenciones en su propia red. A continuación, se describen algunas de las formas en las que se puede vulnerar la Blockchain para generar fraudes.

Ataque de carrera: (del inglés “Race attack”) Hace referencia a cuando el atacante envía directo a la víctima la transacción, y a su vez envía a al resto de la red la misma transacción, pero con una dirección distinta de la víctima. Es probable que se acepte primero la segunda

transacción que la misma que recibió la víctima. Para evitar esto, la víctima debería esperar a que la transacción tenga por lo menos una confirmación (o sea, se haya incluido la transacción en al menos un bloque de la Blockchain) [19].

Ataque de Finney: propone que el atacante esté minando e incluya una transacción de su propia billetera A a su billetera B y encuentre un bloque, pero sin compartirlo con la red. El atacante entonces realiza una transacción a la billetera C de la víctima, y esta espera que la red la acepte, aún sin confirmaciones. Cuando el atacante recibe el servicio/producto de la víctima, este comparte su bloque con la red, quedando confirmada la primera transacción (de billetera A a billetera B) y no la segunda (de billetera A a billetera C). Esto se puede evitar esperando que exista al menos una confirmación de la transacción en la Blockchain [19].

Ataque de la mayoría: también conocido como “ataque del 51%” hace referencia a cuando se controla la mayor parte del poder de procesamiento de la red (más del 50%) y así poder crear bloques más rápido que la red “honesta”. En este caso, no se puede tomar ninguna medida para evitar la duplicación de gastos. Para evitar esto, la organización del Bitcoin incentiva a los grandes pools a no alcanzar el 50% del poder de procesamiento, y que se divida en más pools [19] (entiéndase como pool a la organización o grupo de mineros de Bitcoins).

Fuga de clave privada: teóricamente esta fuga no es lo que se puede llamar una vulnerabilidad, sino más bien un error frecuente que se da por parte del usuario, pero es un punto muy importante a tener en cuenta, ya que cierto sector de la sociedad se ha especializado en robar fondos monetarios de los usuarios de sistemas basados en Blockchain (ej.: Bitcoin), que no utilizan estos sistemas con responsabilidad, y como consecuencia, su información se vuelve insegura [20]. Esto

se debe a un acto que se denomina “ataques de phishing”, donde el atacante tiene la intención de quedarse con información necesaria para validar transacciones, debido al poco conocimiento sobre cómo proteger de manera segura esta información, en este caso puntual nos referimos a la “clave privada” de las direcciones de donde se encuentran fondos de esta criptomoneda [21].

Si bien las Bitcoin utilizan una clave de 32 caracteres o bytes que se genera aleatoriamente de un total de 2^{256} , equivalente a 10 elevado a la 77 (un uno seguido por 77 ceros) claves posibles. Es decir, que, los sistemas basados en Blockchain son matemáticamente infranqueables y en esto basa su seguridad [21]. Sin embargo, existen distintas maneras de acceder a esto. Una forma es mediante la utilización de lo que se conoce como “clave privada”. Este riesgo no es realmente nuevo, ya que las prácticas para proteger y asegurar estas claves son similares a las que usamos para proteger los datos personales, contraseñas, etc. Estos serían en principio algunos aspectos sencillos de cómo proteger esta información: [22]

- No compartir con nadie las claves privadas.
- Utilizar sistemas de cifrados recomendados.
- Utilizar direcciones confiables y seguras para almacenar fondos.
- Mantener la computadora para el uso de estos sistemas, limpia de virus, software espía, troyanos o keyloggers (capturador de teclas), entre otros.

Si bien esto no representa la solución a la hora de hablar de seguridad frente a vulnerabilidades, cumplir con estas pautas es la base fundamental para mantener segura la información, es decir, fuera del alcance de los atacantes.

Algunos casos importantes de los últimos años en donde la seguridad de las

criptomonedas se vio comprometida, se produjeron en los servidores de casas de cambio online (del inglés “exchange”) [23]. Esto es importante ya que estas casas de cambio tienen gran volumen de criptomonedas bajo su poder, como se muestra en la Tabla 1.

Casa de cambio	Volumen USD
CoinEx	\$ 1,932,709,909
Binance	\$ 1,568,617,294
BitMEX	\$ 1,520,430,000
OKEEx	\$ 1,143,804,375
Huobi	\$ 658,606,716

Tabla 1: Top 5 en volumen de transacciones en las últimas 24hrs CoinMarketCap

A continuación, se mencionan 4 casos de Hackeos en los últimos años [23]:

- En Junio del 2011 se produjo una brecha de seguridad en Mt. Gox, en la cual un hacker obtuvo las credenciales de auditor de la empresa. Logrando acceder a los fondos y robando el equivalente a \$8.750.000 USD. Más tarde en Febrero del 2014 sucedió otro robo por un equivalente a \$390 millones de dólares, dejando así en la quiebra a Mt. Gox.
- En Julio del mismo año, el exchange Bitomat anunció que su operador perdió acceso a sus claves privadas, perdiendo alrededor de \$220 mil dólares.
- En Enero del 2015 el exchange Bitstramp perdió alrededor de \$5.1 millones de dólares por un hackeo en sus servidores.
- En Agosto del 2016 el exchange Bitfinex reportó que hackers robaron el equivalente a \$72 millones de dólares de sus servidores.

Estos eventos presentados, demuestran que las criptomonedas son objetivo de hackers gracias a su gran valor, pero estos hackeos no fueron propios a las criptomonedas, sino que a las casas de cambio donde se alojaban. Demostrando así una gran brecha de seguridad entre el uso directo entre usuarios, o utilizando casas de cambio.

7 Conclusiones

Luego de la investigación que se llevó a cabo para la redacción del presente trabajo se concluye que, en la actualidad las criptomonedas y su relación con Blockchain forman una red muy compleja de datos, las cuales cada vez tienen mayor valor económico, esto las vuelve objetivo de ciber-ataques. De acuerdo con lo expuesto previamente, existieron hackeos recientes afectando a las criptomonedas, sin embargo, éstos no fueron directamente a la Blockchain, sino a los sistemas de las casas de cambio de quienes las poseían. Por lo analizado, se puede determinar que las criptomonedas pueden considerarse un medio de intercambio seguro, desde el punto de vista de seguridad en la Blockchain y sus algoritmos de encriptación.

Existe la posibilidad de que las criptomonedas sigan incrementando su valor, y con esto la complejidad de su seguridad. Sin embargo, por más compleja que sea la seguridad implementada en la Blockchain o las casas de cambio, es el usuario final quien debe ser precavido de no caer en ataques de “pishing”, o suplantación de identidad, para evitar que hackers accedan a sus claves y así a sus criptomonedas.

Como futuras líneas de trabajo se prevee analizar, tras el crecimiento de las criptomonedas, los eventuales ataques a las mismas. De esta manera se busca, respaldar esta investigación y contrastar que el objetivo de estos hackeos, no son directamente las criptomonedas sino a los usuarios y/o casas de cambio.

Referencias

- [1] Ryan Farell. *An Analysis of the Cryptocurrency Industry*. [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2HHYzAR>
- [2] GONZÁLEZ G. G. A. *LA CRIPTOMONEDA Y EL MERCADO DIGITAL: una propuesta de estudio sobre la economía electrónica*. [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2HMZVut>
- [3] CUARTAS M. D. JAVIER A. *CRIPOTODIVISAS Y PAGOS ONLINE*. [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2rdDJST>
- [4] Leal A. *Vermont reconoce legalmente las monedas digitales como método de inversión*. [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2Fx0Ih6>
- [5] Danilina M.V., Podlinnova A.G., Silaev A.S. *E-gold: Advantages and Disadvantages* [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2HGElWK>
- [6] Aamna Al Shehhi, et al. *Investigating factors behind choosing a cryptocurrency*. [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2jkgiE7>
- [7] Clarín – Economía. *El Gobierno advirtió sobre el "alto riesgo" de invertir en monedas virtuales* [en línea] [24 Abril 2018] Disponible en: <https://clar.in/2FvcOY0>
- [8] Francisco Alonso Fernández, *El bitcoin: análisis y evolución* [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2In6La9>
- [9] Peña, H. *Un viaje por el pasado, presente y futuro del dinero virtual*. [en línea] [2018] Disponible en: <http://bit.ly/2Gmw9Lp>
- [10] Melanie Swan. *Blockchain: A blueprint for a new economy*. [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2IswNsr>
- [11] Adam Back, et al. *Enabling Blockchain Innovations with Pegged Sidechains* [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2JlPUFP>
- [12] Michael Crosby, et al. *Blockchain Technology: Beyond Bitcoin*. [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2iLmTaT>
- [13] Javier Olleros, Majlinda Zhegu. *Research Handbook on Digital Transformations*. [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2Ip0v5J>
- [14] Genoveva López. *Bitcoin: el algoritmo del millón* - [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2jYkEku>
- [15] Demir Selmanovic. *Cryptocurrencia Para Principiantes: Bitcoin y Más Allá* - [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2rNoZue>
- [16] Team Tokens24. *¿Cuál es el algoritmo SHA-256 utilizado por Bitcoin?* [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2L5GEqb>
- [17] Lucía Dovino. *Los algoritmos más populares de las monedas alternativas* [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2L4JnA1>
- [18] Luis Antonio García Alejo. *BITCOINS Documentos electrónicos para el intercambio de bienes y servicios* [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2rKONli>
- [19] Ghassan O. Karame, et al. *Two Bitcoins at the*

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Price of One? [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2IltLuk>

[20] Guillermo Ruiz Alvarez. *DISEÑO Y DESARROLLO DE PROPIEDADES INTELIGENTES: APLICACIÓN DE LA BLOCKCHAIN A INTERNET DE LAS COSAS* - [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2rKPqkk>

[21] Qué es Bitcoin. *¿Es Bitcoin seguro?* - [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2Ikr0JA>

[22] Bit2me. *7 maneras de proteger tus bitcoins* [en línea] [9 Mayo 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2Iqo5uU>

[21] Usman W. Chohan, *The Problems of Cryptocurrency Thefts and Exchange Shutdowns* [en línea] [6 Julio 2018] Disponible en: <http://bit.ly/2KI1OK1>

Mail de Contacto: holiverapiriz@est.frba.utn.edu.ar

Bots y la Manipulación de la Información en Twitter: Impacto y Contramedidas

Díaz Pereyra, Mariano Javier; Luquet, María Azul; Merencio, Tomás Alejo; Ruiz Magliano, Ezequiel Román

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Las redes sociales han tenido un gran crecimiento en los últimos años, debido a las posibilidades de interacción social que ofrecen y su facilidad para difundir la información. Uno de los principales desafíos que presentan es contar con información confiable; se ha visto que gran parte de lo que se difunde es falso. Este artículo propone estudiar las herramientas con las que se manipula la información en la red social Twitter, haciendo hincapié en el uso de "bots", y describir los métodos utilizados para su detección y posterior detención. La evaluación realizada se basa en los efectos provocados por la aplicación de diferentes contramedidas, analizando la eficacia de estas.

Palabras Clave

Manipulación de Información, Twitter, Bots, Contramedidas.

1 Introducción

Actualmente la mayoría de los usuarios de las redes sociales lee en ellas las noticias. Gran parte de este uso informativo ocurre a diario y en algunos casos son más las personas que se encuentran con estas noticias por casualidad [1] que las que realmente buscan informarse. Es así como, debido al mínimo rigor investigativo con el que se informan, las llamadas fake news [2] (noticias falsas) son fácilmente instalables. Su impacto es mucho más visible cuando estamos en un evento coyuntural, que reúne a la gente para discutir. Uno de los casos en el que más predominio tienen es en el de las elecciones [2], donde el uso de estos canales de comunicación es muchísimo mayor,

teniendo en cuenta la facilidad que ofrecen no solo de enterarse de lo que sucede, sino también de participar de manera activa. Y es en ese momento donde se ve que la información que posee cada uno es muy diferente en comparación a las de otros. Esto se debe a la manipulación de la información, llevada a cabo por medio de un método que combina la acción de cuentas personales de referentes políticos, trolls (cuentas cuyo registro violento bloquea el debate y desvía la conversación), bots (cuentas parcial o totalmente automatizadas en sus interacciones) y seguidores regulares [3]; teniendo como objetivo difundir y reproducir información falsa de personas con desacuerdo parcial o total respecto de algún tema [4].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada) es estudiar el proceso de manipulación de la información en la red social Twitter, analizando tanto sus orígenes, como su actual funcionamiento y su posible futuro; además de estudiar los métodos que existen actualmente para detectar y disminuir su impacto.

Para cumplir con el objetivo propuesto el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección se aborda la manipulación de la información y las herramientas que son utilizadas para este propósito. En la segunda sección, se

comentan los recursos y elementos de trabajo utilizados. En la tercera, se realiza una descripción de las herramientas mencionadas, su trabajo en conjunto y los métodos para detectar y contrarrestar su impacto. En la cuarta sección, se exponen los resultados más representativos a los que se llegaron con dichos métodos. Finalmente, en la última sección se presentan las conclusiones sobre los puntos analizados y futuras líneas de trabajo.

2 Elementos del Trabajo y Metodología

El presente trabajo se realiza en el marco de la asignatura Análisis de Sistemas perteneciente a la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Facultad Regional de Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. El estudio de los diferentes métodos que existen actualmente para detectar y disminuir el impacto de la manipulación de la información en las redes sociales garantiza un análisis y selección de modelos adaptables a los problemas de información. En particular, el uso de dichos métodos para los fines mencionados se encuentra enmarcado dentro del campo de la Ingeniería en Sistemas de Información.

Se comienza realizando una investigación del tema en cuestión por medio de búsquedas en línea en buscadores como Google Scholar [5], ResearchGate [6], IEEE [7], etc. De esta forma se procede a analizar la validez de dicha información y documentar las características de las contramedidas existentes, para poder llevar a cabo un análisis preciso respecto de su efectividad.

3 Desarrollo

En la actualidad las redes sociales gozan de gran popularidad, siendo que la cantidad de usuarios que poseen aumenta constantemente [8, 9].

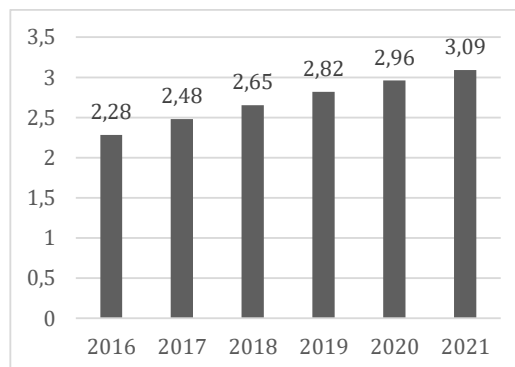


Figura 1: N.º de usuarios en redes sociales a nivel mundial entre 2016 y 2021 (en miles de millones).

Tal es así que se han convertido en una herramienta esencial en la estrategia de las empresas, así como de los partidos políticos y candidatos, ya que sirven como complemento de otros medios para transmitir mensajes de forma casi inmediata [8, 10]. De hecho, según un estudio realizado por BI Intelligence con datos de EE. UU., las empresas de dicho país duplicarán la inversión en anuncios de redes sociales entre 2016 y 2021 [8, 11].

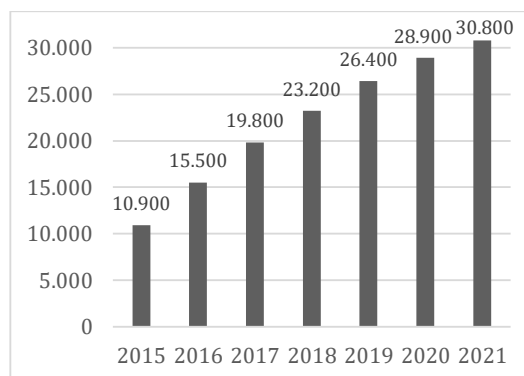


Figura 2: Inversión estimada en publicidad en redes sociales (en millones de dólares).

El problema ocurre cuando a través de dichas plataformas se pretende manipular individuos mediante la influencia digital, una tendencia muy utilizada hoy en día que puede definirse como la “capacidad de causar efecto, cambiar el comportamiento y generar resultados cuantificables en línea”

[12]. En ese contexto, la conversación no se centra en usuarios, sino en cuentas falsas.

Dado que los bots y otras herramientas de manipulación de información tienen mayor presencia en Twitter que en otras redes sociales [13], se ha decidido enfocar esta comunicación en la primera; siendo así que se dará una idea general del funcionamiento de dicha red social para ayudar a ilustrar el trabajo. Los lectores familiarizados con Twitter pueden omitir este párrafo sin ningún tipo de pérdida de continuidad.

A diferencia de Facebook, las relaciones sociales en Twitter son unidireccionales por usuarios siguiendo a otros. Si el usuario A sigue al usuario B, A es seguidor de B, y B es amigo de A. En la mayoría de los casos, un usuario no necesita consentimiento previo de otro usuario a quien quiere seguir. Twitter también permite que los usuarios controlen quienes pueden seguirlos, pero esta característica es raramente usada. Más aún, los usuarios pueden elegir dejar de seguir a otros y bloquear a seguidores seleccionados. Un usuario de Twitter puede enviar publicaciones basadas en texto de hasta 280 caracteres, conocidas como tuits, que pueden leerse por todos sus seguidores. Los tuits pueden ser públicos (la configuración predeterminada) y visibles para cualquiera con o sin cuenta de Twitter, y también pueden ser protegidos y solo visibles para seguidores previamente aprobados. Un retuit implica volver a publicar de un tuit de alguien más. Un usuario puede retuitear los tuits de cualquiera (sea que lo sigue o no), y sus retuits pueden ser leídos por todos sus seguidores. Adicionalmente, un usuario puede responder a una publicación (tuit o retuit) y asegurarse que usuarios específicos puedan ver sus publicaciones mencionándolos vía la inserción de “@nombreDeUsuario” para cada usuario.

Finalmente, cada usuario tiene una timeline (línea de tiempo) que muestra todos los últimos tuits, retuits y respuestas de sus seguidores.

Antes de avanzar en la explicación del proceso de manipulación de información, se hará una descripción de los conceptos principales.

3.1 Herramientas utilizadas en la manipulación de información

Un **bot** es una cuenta en una red social cuya generación de contenido es automatizada [14]. Cuando actúan en conjunto se les suele llamar granja de bots. Se distinguen varias clases de bots en función de las características que presenten asociadas al perfil y a su contenido. Estos perfiles son:

- **Bot seguidor:** con una alta proporción de seguidos respecto a seguidores. Este tipo de bots es creado para aumentar las cifras de seguidores sin importar el contenido de la cuenta [15].
- **Bot de spam:** son bots programados para promocionar un hashtag -palabras o frases con el prefijo “#” que permite agrupar tuits por tema- o sitios web duplicando contenido [15].
- **Bot de retuits:** suelen pertenecer a cuentas influyentes capaces de posicionar un determinado contenido en la red social. Al igual que los bots de spam, suelen compartir enlaces o determinados hashtags [15].

Un **troll** es alguien enfocado en acosar, criticar o antagonizar de manera provocadora y despectiva [16]. Los mensajes negativos son los que más reacciones generan en Twitter, por lo que, a diferencia de los bots, los trolls sí logran el cometido de influir. Una sola persona puede manejar entre 10 y 20 cuentas. Según la atención que le preste a cada una (calidad de los mensajes) puede lograr tener un perfil más creíble. Por la forma en la que agreden

es difícil encontrar, por ahora, bots que sean trolls efectivos.

Cabe destacar que estos conceptos muchas veces no son excluyentes. Por ejemplo, un troll puede no ser una persona; y una cuenta puede ser creada por un humano pero tener parte de su contenido creado por un bot.

Las **influencers** (pagas o no) son cuentas que generan un impacto mucho mayor respecto a las normales [17]. Muchas publicitan a cambio de dinero productos de consumo masivo y, a veces, hacen lo propio con políticos.

El objetivo de una campaña de trolls y/o bots es modificar la opinión pública mediante conversaciones que generan “ruido” acerca de un tema, efectivamente creando trending topics -los temas que Twitter considera relevantes en cierto momento y destaca en su plataforma-. El logro máximo es transformarse en noticia en los medios de comunicación tradicionales. Por ejemplo, que un canal de televisión reproduzca tuits falsos o un diario mencione un trending topic impulsado por bots. La diferencia principal con una campaña legítima es que no hay identidades reales detrás de cada cuenta. Como ya fue mencionado, una sola persona puede manejar entre diez y veinte cuentas troll al mismo tiempo, pero, además, puede mantener operativos, a través de un software, a miles de bots.

3.2 Funcionamiento de las herramientas de manipulación de información

• Independent method

El método independiente [18] es el más simple, y supone dejar que los bots distribuyan tuits independientemente de los otros.

• Botnet method

Más avanzado que el anterior, el método de red de bots [18] se aprovecha de que Twitter

solo suspende a los originadores de tuits de “spam” (que pueden ser definidos como tuits no deseados que contienen publicidad o incluso URLs o textos maliciosos [19]), sin castigar a quienes lo retuitean. Es así que el botmaster -persona u organización que controla una granja de bots- forma un “árbol de retuits” donde solo el bot raíz origina los tuits de “spam” mientras que los otros solo lo retuitean.

• Social seeding method

El método de siembra social [20] es ampliamente más utilizado e implica “plantar” el contenido del cliente en la conversación orgánica que sucede en las redes. Este contenido “plantado” va en línea con lo que quiere el cliente y puede ser automatizado (bots) o hecho manualmente vía influencers.

Se basa en varias etapas:

- 1- Se define la estrategia. ¿Será una campaña para atacar a alguien? ¿Se hará para hacer “ruido positivo” alrededor de un candidato?
- 2- Se compran las cuentas que se quieren usar. Una cuenta relacionada con una dirección de mail de Gmail, menos “sospechosa” para Twitter, vale mucho más que la que usa, por ejemplo, una cuenta rusa.
- 3- Se “incuban” las cuentas. Esta incubación significa pasar de la cuenta anónima a darle un nombre de usuario, un nombre y apellido, foto, bio, ubicación y, lo más importante, una manera de tuitear que incluye retuitear contenido de terceros.
- 4- Esa “manera” de tuitear se define, por ejemplo, estableciendo que la cuenta “juanperez” tendrá un perfil deportivo. Entonces la plataforma define que, por caso, retuiteará a ciertos deportistas y periodistas deportivos y agregará un mensaje con el cliente real retuiteado.
- 5- Tras conectarse a Twitter, a través de una app específica para desarrolladores, esta

plataforma puede manejar cientos o miles de cuentas.

6- Tras lanzarse la campaña, esta misma plataforma va brindando reportes sobre el éxito o no de la estrategia.

3.3 Métodos para detectar bots y contrarrestar sus efectos

3.3.1 Plataformas para la detección de bots

Existen diferentes aplicaciones que se centran en la detección de perfiles bot. A continuación se destacan las principales características de cada una de ellas.

- **Bot Or Not** es capaz de detectar en base a más de 1000 parámetros la veracidad o no de ese usuario. Elementos como tipo de posts, cantidad de seguidores y periodicidad de los tuits son medidos y verificados por la app para llegar a un veredicto con respecto a determinado perfil de Twitter [15].
- La herramienta **Fake Follower Check** es capaz de analizar la lista de seguidores de una determinada cuenta y mostrar el porcentaje de perfiles que no tienen ningún tipo de actividad, los que son falsos y aquellos que son reales [15].
- **Twitter Audit** se encarga de analizar cualquier cuenta tomando como referencia 5000 seguidores del usuario y le asigna una puntuación según el número de tuits, la fecha del último tuit y la proporción de seguidores. Una vez recogidos estos datos asigna un porcentaje que señala la veracidad de la cuenta [15].
- **Tweet Cleaner** es una herramienta que proporciona una clasificación de usuarios atendiendo a los siguientes criterios. Detecta bots spam con un alto uso de links o tuits duplicados. Usuarios inactivos que no hayan actualizado su perfil en un mes o posean menos de diez tuits. También es capaz de detectar contenido no original si más del

70% de los tuits son retuits y perfiles bots si más del 90% de los tuits proceden de otra fuente de información [15].

- **TheBotBuster** es una web que permite categorizar el usuario en tres escenarios: cuentas humanas, cuentas administradas por seres humanos u organizaciones y, por último, cuentas bot. Mediante una escala permite asignar una nota en base a los análisis que ha realizado. [15].

3.3.2 Contramedidas aplicadas por Twitter

Detección de patrones de actividad no humana

Mediante el uso de señales como la frecuencia y la hora de los tuits, se han construido modelos que pueden detectar si una actividad en Twitter es probablemente automatizada [21].

Detección de cuenta comprometida

Para evitar que individuos mal intencionados se aprovechen de cuentas que de otro modo serían saludables para propagar contenido malicioso, se investigan nuevas formas de identificar potenciales cuentas comprometidas. Un ejemplo son los sistemas que se están construyendo para detectar cuando la actividad de logueo es inconsistente con el comportamiento típico de un usuario, para ayudar a que dichas cuentas comprometidas vuelvan a estar bajo el control de sus legítimos dueños [21].

Verificación telefónica

Cuando se detecta actividad sospechosa de una cuenta, puede requerirse al usuario que verifique su número de teléfono para poder acceder nuevamente a Twitter. Sin embargo, dado que los “spammers” han adaptado sus técnicas, se ha mejorado el sistema de reputación del teléfono, permitiendo identificar números sospechosos y así prevenir su uso repetido para la superación de pruebas de verificación [21].

Comprobación de contenido sospechoso

Cuentas y contenido detectado por los sistemas son sujeto de un número de acciones de cumplimiento y limitaciones incluyendo: ser puesto en un modo de “solo lectura” pendiente de autenticación, tener el alcance de los tuits limitado en base a un origen sospechoso o contenido de baja calidad, la remoción de contenido asociado y la suspensión de la cuenta [21].

Prevención de falsos positivos

Para reducirlos al mínimo, se brinda a los usuarios involucrados la oportunidad de verificar que son legítimos antes de que los suspendan de la plataforma. Durante esta etapa, las cuentas aún pueden aparecer en Twitter, pero no pueden crear nuevos tuits. Además, se limita la visibilidad de estas cuentas y su contenido [21].

Medidas contra terceros

En primer lugar, los programas de terceros ya no pueden permitir a los usuarios publicar simultáneamente contenido idéntico o sustancialmente similar en varias cuentas. Por otro lado, las plataformas de terceros ya no podrán usar múltiples cuentas legítimas, es decir, cuentas que reciben un ícono de marca de verificación azul para indicar que el creador de esos tuits es una fuente legítima (suelen ser figuras públicas) para retuitear contenido automáticamente. Además, Twitter está prohibiendo las aplicaciones de terceros de “me gusta” simultáneos, retuits y la acción de seguir a un usuario coordinada a través de múltiples cuentas. Finalmente, la purga de bots de Twitter está prohibiendo a las aplicaciones de terceros automatizar publicaciones y acciones en múltiples cuentas separadas en torno a un tema específico [22].

4 Resultados

Luego de haber aplicado las contramedidas mencionadas en la sección anterior, los

sistemas de Twitter, en mayo de 2018, han logrado identificar y revisar más de 9.9 millones de cuentas potencialmente fraudulentas o automáticas por semana. Un notable avance comparado a los 6.4 millones en diciembre de 2017 y 3.2 millones en septiembre de ese mismo año [23].

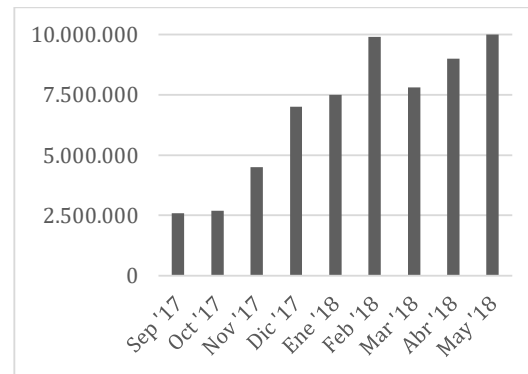


Figura 3: N.º de cuentas revisadas.

Debido a las mejoras en la tecnología y los procesos, se estima que se eliminará un 214% más de cuentas con respecto al año anterior por violar las políticas de spam.

Al mismo tiempo, la cantidad promedio de informes de spam que recibieron disminuyó, de un promedio de aproximadamente 25.000 por día en marzo a aproximadamente 17.000 por día en mayo [23]. Estas disminuciones en los informes recibidos implican que las personas encuentran menos spam en su línea de tiempo y búsquedas. También se está avanzando rápidamente para frenar el spam y el abuso que se origina a través de las aplicaciones de terceros de Twitter. En el primer trimestre de 2018, suspendieron más de 142.000 aplicaciones que violaban sus reglas, colectivamente responsables de más de 130 millones de tuits de spam de baja calidad [23]. Han mantenido este ritmo de acción proactiva, eliminando un promedio de más de 49.000 aplicaciones maliciosas por mes en abril y mayo.

Por otra parte, el conteo de usuarios mensuales de Twitter disminuyó en un millón en los últimos meses y podría caer en millones más a medida que la compañía toma medidas contra los bots y el spam. Su recuento mensual de usuarios -métrica utilizada a menudo para analizar el crecimiento y el éxito de la empresa- cayó de 336 millones el último trimestre a 335 millones este trimestre [24]. Deshacerse de las cuentas de spam, por supuesto, es algo bueno. Significa que Twitter tiene un mejor recuento de la cantidad de usuarios que realmente tiene, y significa una mejor experiencia para los usuarios en la plataforma. Sin mencionar que, significa menos titulares potencialmente falsos causados por esas cuentas.

5 Conclusión

Del estudio de la manipulación de la información en Twitter se descubrió que el uso de bots es el componente principal de este proceso. A raíz de eso, se desarrollaron nuevos métodos para detectar comportamientos anormales en la red social, ahora enfocados a dicho componente. Sin embargo, no se trató de una solución de fondo, ya que el problema en sí había sido originado por el mismo Twitter, que no aplicaba reglas o controles sobre aplicaciones de terceros.

Ahora, al restringir las funcionalidades de esas aplicaciones, cambiar las reglas, las políticas de uso y establecer un control constante, se puede observar una evolución en el tratamiento del problema.

Las futuras líneas de trabajo se centrarán en estudiar y analizar otros factores, además de los ya incluidos, como el comportamiento de los trolls en Twitter, que llevan a cabo conversaciones incivilizadas o incluso un discurso de odio si se vuelven intolerantes.

Agradecimientos

Este trabajo fue promovido y guiado por el equipo a cargo de Paola Saavedra, perteneciente a la cátedra de Análisis de Sistemas de la UTN-FRBA.

Referencias

- [1] Jeffrey Gottfried, Elisa Shearer. News Use Across Social Media Platforms 2016. Estados Unidos. 26 de mayo de 2016. Disponible en: <http://www.journalism.org/2016/05/26/social-media-and-news-2016-appendix-a-2013-and-2016-trends>. Último Acceso: mayo de 2018.
- [2] Lobo, Sascha. Cómo influyen las redes sociales en las elecciones. Caracas, Venezuela. Junio de 2017. Disponible en: <http://nuso.org/articulo/como-influyen-las-redes-sociales-en-las-elecciones>. Último Acceso: mayo de 2018.
- [3] Emiliano Treré. Distorsiones tecnopolíticas: represión y resistencia algorítmica del activismo ciudadano en la era del 'big data'. Florencia, Italia. 23 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/Tripodos/article/download/335033/425695>. Último Acceso: abril de 2018.
- [4] Naief Yehya. Bots, el Bronco y la democracia en tiempos de Facebook. México. 21 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://www.lettraslibres.com/mexico/revista/bots-el-bronco-y-la-democracia-en-tiempos-facebook>. Último Acceso: abril de 2018.
- [5] Google Scholar. Sitio web: <https://scholar.google.com>. Último Acceso: junio de 2018.
- [6] ResearchGate. Sitio web: <https://www.researchgate.net/>. Último Acceso: junio de 2018.
- [7] IEEE. Sitio web: <https://www.ieee.org>. Último Acceso: junio de 2018.
- [8] Nerea Boada. Publicidad en redes sociales: qué es, ventajas y beneficios. España. Febrero de 2018. Disponible en: <https://www.cyberclick.es/numerical-blog/publicidad-en-redes-sociales-que-es-ventajas-y-beneficios>. Último Acceso: julio de 2018.
- [9] Statista. Número de usuarios de redes sociales a nivel mundial entre 2016 y 2021 (en miles de millones). Alemania. 2018. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/512920/numero-mundial-usuarios-redes-sociales/>. Último Acceso: julio de 2018.
- [10] PuroMarketing. Cómo las redes sociales están cambiando la publicidad y el marketing político. España. 2018. Disponible en: <https://www.puromarketing.com/42/30026/como-redes-sociales-estan-cambiando-publicidad>

[marketing-politico.html](#). Último Acceso: julio de 2018.

[11] PuroMarketing. La inversión publicitaria en redes sociales se doblará de aquí a 2021. España. 2016. Disponible en: <https://www.puromarketing.com/66/27102/inversion-publicitaria-redes-sociales-doblar-aqui.html>.

Último Acceso: julio de 2018.

[12] Jinxue Zhang, Rui Zhang, Yanchao Zhang, Guanhua Yang. On the Impact of Social Botnets for Spam Distribution and Digital-influence Manipulation. Estados Unidos. 2013. Disponible en: <http://www.cs.binghamton.edu/~ghyan/papers/cns13.pdf>. Último Acceso: junio de 2018.

[13] Nidhi Singh. Why the Rise of Bots is a Concern for Social Networks. India. Marzo de 2017. Disponible en: <https://www.entrepreneur.com/article/290645>.

Último Acceso: julio de 2018.

[14] Zi Chu, Steven Gianvecchio, Haining Wang, Sushil Jajodia. Detecting Automation of Twitter Accounts: Are You a Human, Bot, or Cyborg? Estados Unidos. 2012. Disponible en: <http://www.cs.wm.edu/~hnw/paper/tdsc12b.pdf>.

Último Acceso: junio de 2018.

[15] Sergio Rodríguez Gundín. Análisis de bots y redes de bots en la red social Twitter. Madrid, España. 2017. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/45247/1/TBotDetector.pdf>.

Último Acceso: junio de 2018.

[16] Erin E. Buckels, Paul D. Trapnell, Delroy L. Paulhus. Trolls just want to have fun. Canadá. 2014. Disponible en: <https://scottbarrykaufman.com/wp-content/uploads/2014/02/trolls-just-want-to-have-fun.pdf>. Último Acceso: junio de 2018.

[17] Darío Laufer. Influencers y Trolls: Cómo trabajar en las redes sociales. Argentina. 2017. Disponible en: <http://www.sociales.uba.ar/wp-content/blogs.dir/219/files/2017/10/influencerDARiO-LAUFER.pdf>. Último Acceso: junio de 2018.

[18] Jinxue Zhang, Rui Zhang, Yanchao Zhang, Guanhua Yang. The Rise of Social Botnets: Attacks and Countermeasures. Estados Unidos. Marzo de 2016. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/492e/d01ac713e35f683435fe46bb2744d5d50f8a.pdf>.

Último Acceso: junio de 2018.

[19] Zi Chu, Indra Widjaja, Haining Wang. Detecting Social Spam Campaigns on Twitter. Estados Unidos. 2012. Disponible en: <http://www.cs.wm.edu/~hnw/paper/acns.pdf>. Último Acceso: junio de 2018.

[20] Pablo M. Fernández. El mundo secreto de los bots y los trolls... (y cómo esos "ejércitos" influyen en la política). Argentina. Noviembre de 2017. Disponible en:

<http://www.chequeado.com/investigacion/el-mundo-secreto-de-los-bots-y-los-trolls-y-como-esos-ejercitos-influyen-en-la-politica/>. Último Acceso: junio de 2018.

[21] Twitter Public Policy. Update: Russian Interference in 2016 US Election, Bots, & Misinformation. Estados Unidos. Septiembre de 2017. Disponible en:

https://blog.twitter.com/official/en_us/topics/company/2017/Update-Russian-Interference-in-2016-Election-Bots-and-Misinformation.html. Último Acceso: junio de 2018.

[22] Yoel Roth. Automation and the use of multiple accounts. Estados Unidos. Febrero de 2018. Disponible en:

https://blog.twitter.com/developer/en_us/topics/tips/2018/automation-and-the-use-of-multiple-accounts.html. Último Acceso: junio de 2018.

[23] Yoel Roth, Del Harvey. How Twitter is fighting spam and malicious automation. Estados Unidos. Junio de 2018. Disponible en:

https://blog.twitter.com/official/en_us/topics/company/2018/how-twitter-is-fighting-spam-and-malicious-automation.html. Último Acceso: agosto de 2018.

[24] Craig Timberg, Elizabeth Dwoskin. Twitter is sweeping out fake accounts like never before, putting user growth at risk. Estados Unidos. Julio de 2018. Disponible en:

https://www.washingtonpost.com/technology/2018/07/06/twitter-is-sweeping-out-fake-accounts-like-never-before-putting-user-growth-risk/?utm_term=.e86c42f652a7. Último Acceso: agosto de 2018.

Datos de Contacto

Díaz Pereyra, Mariano Javier. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. mariano.diaz.pereyra@gmail.com

Luquet, María Azul. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. mariaazul123@gmail.com

Merencio, Tomás Alejo. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. tomasmerencio@gmail.com

Ruiz Magliano, Ezequiel Román. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires. eruizmagliano@gmail.com

La Basura Electrónica: Como afecta a la salud, su principal causa y su tratamiento en el mundo

Cuadrado, Tomás; Masseretti, Matías; Prada, Lucas; Quinteros, Brian

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Los objetivos del artículo son comunicar los tratamientos que se hacen con la basura electrónica y su situación en Argentina. Dar una pequeña visión de cuál es la principal causa de la basura electrónica y como afecta a la salud de las personas.

Palabras Clave

Minería Urbana, RAEE y AEE.

Introducción

La basura electrónica, que en pocas palabras son los dispositivos eléctricos o electrónicos que han llegado al final de su vida útil y, por lo tanto, son desechados; se convirtió en un problema grave para las personas y las empresas que fabricaron esos dispositivos.

Algunas empresas encargadas de recolectar la basura no saben qué hacer con los dispositivos eléctricos o electrónicos que la gente tira y por eso se le da un tratamiento igual que a la basura normal, ósea que la tiran a cielo abierto, lo cual resulta altamente contaminante. Los metales y demás elementos que poseen estos Residuos de Aparatos

Eléctricos y Electrónicos (conocidos como RAEE) son tóxicos y contaminan el medio ambiente, perjudicando el aire que respiramos, la tierra y el agua que bebemos.

A largo plazo, sin control y con el consumo de dispositivos tecnológicos que se vive hoy en día, la basura electrónica comenzará a afectar al medio ambiente de las ciudades cercanas a los vertederos y a la gente que vive ahí.

Se están empezando a ver planes e ideas para el reciclaje de la basura electrónica implementados por algunas empresas o países para el reciclaje dos de los dispositivos eléctricos y/o electrónicos más usados, la batería o pila y el Smartphone.

Objetivo del Trabajo Práctico

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de

“Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada) es estudiar cómo afecta la basura electrónica al medio ambiente a corto y largo plazo y en especial a uno de los países que más contaminación tiene por este tipo de basura, Ghana. Por último se estudiarán las ideas o planes de reciclaje que existen en este momento para el tratamiento de las baterías o pilas y los Smartphone.

¿Qué es la Basura Electrónica?

Para comenzar, veremos dos definiciones que nos facilitaran la comprensión del concepto.

Se consideran aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) a todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, que están destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua. [1]

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), son todos los aparatos eléctricos y electrónicos que

pasan a ser residuos, es decir que pierden utilidad tras haber cumplido con su misión o servido para realizar un determinado trabajo. [1]

Se llama basura electrónica a todos los dispositivos eléctricos o electrónicos (AEE) que han llegado al final de su vida útil y, por lo tanto, son desechados. Computadoras viejas, celulares, electrodomésticas, reproductoras de mp3, memorias USB, faxes, impresoras, etc. Algunos se rompen y otros quedan obsoletos por el avance de la tecnología. [2]

Los metales y demás elementos que poseen estos Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) son tóxicos y contaminan el medio ambiente, perjudicando el aire que respiramos, la tierra y el agua que bebemos, según The Global E-waste Monitor 2017, página 14. [21]

El Tratamiento de la Basura electrónico actualmente en la Argentina y en el Mundo

Para empezar, en Argentina, cada persona genera 8.4 kg de basura electrónica aproximadamente por año, es decir, se descartan por año aprox. 300.000 toneladas de residuos electrónicos. Esto genera un gran problema ambiental, ya que no es basura normal como la de una casa, sino que contiene metales pesados y sustancias tóxicas muy dañinas para la salud y el medioambiente. [6]

Actualmente no existen políticas ni leyes que le exijan a las empresas y a los consumidores realizar un tratamiento adecuado de los RAEE (residuos eléctricos y electrónicos). Esto es así ya que en la Argentina no existe ninguna planta que realice la tarea de extracción de metales preciosos de los residuos electrónicos, denominada minería urbana, ósea que no se recicla la basura electrónica. [3]

Por lo tanto, la gran mayoría de estos restos terminan desechados en basurales comunes, contaminando la tierra y las napas de agua subterráneas o cómo vamos a ver a continuación recolectados para su exportación.

A pesar de esto en la provincia de Mendoza, existe una empresa autorizada para reciclar RAEE y su nombre es **Reciclarg**. Una empresa certificada como empresa B (tipo de empresa que utiliza el poder del mercado para dar soluciones concretas a problemas sociales y ambientales) gracias a su misión de descontaminar el suelo argentino de estos residuos. Uno de sus logros fue embarque de su primera exportación de ocho toneladas de plaquetas de circuitos impresos con destino a Bélgica, donde se le da un adecuado tratamiento en plantas especializadas para recuperar los metales preciosos de la basura electrónica. [3]

Otro ejemplo de empresa en Argentina encargada de tratamiento de residuos industriales y peligrosos es el “Grupo Pelco”, empresa que embarcó en la última semana de junio 50 toneladas de plaquetas electrónicas en desuso con destino a Bélgica, en una operación que representó un ingreso inicial de divisas por US\$ 230.000. [2]

Gracias a los hechos anteriormente citados podemos decir que estas dos empresas representan el puntapié inicial para un nuevo negocio exportador para la Argentina.

¿Cómo afecta la basura electrónica y qué medidas se toman, en el mundo?

Explicaremos el tratamiento de la basura electrónica y daremos algunos detalles de la RAEE generada de los siguientes países:

África:

La mayor parte de la basura electrónica de este Continente se deriva de importaciones

de equipos nuevos y usados, y algunas plantas locales de ensamblaje. Según The Global E-waste Monitor 2017, la generación de basura electrónica derivada localmente se cree que constituye aproximadamente del 50% al 85% de generación total de desechos electrónicos, el resto es de importación ilegal transfronteriza de países desarrollados países de América y Europa, y de China.[6]

EEUU:

Los EE. UU., tomaron medidas generales para prevenir los desechos electrónicos y limitar los efectos adversos de la eliminación y el tratamiento inapropiado. Los dispositivos electrónicos que se demuestre que son peligrosos deben seguir la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), la cual otorga a la EPA la autoridad para controlar los desechos peligrosos desde su desecho hasta su tratamiento completo, y administrarse en consecuencia.

Los tubos de rayos catódicos (CRT) rotos e intactos tienen regulaciones explícitas que establecen requisitos específicos para su administración, importación y exportación. Las agencias federales tienen el mandato de comprar productos electrónicos que estén registrados como herramienta de evaluación ambiental de productos electrónicos (EPEAT). Los productos EPEAT, que son productos que contienen niveles reducidos de cadmio, plomo, mercurio y otros tóxicos, son más preferibles desde el punto de vista ambiental y requieren que los fabricantes de equipos originales (OEM) ofrezcan programas de recuperación de productos electrónicos a los clientes.

Las agencias federales están dirigidas a utilizar recicladores de productos electrónicos certificados por Responsible Recycling (R2) o los estándares de e-Stewards, según The Global E-waste Monitor 2017. [6]

China:

China juega un papel clave en la industria global de AEE por varias razones; es el país más poblado del mundo, por lo que la demanda de EEE es muy alta, y tiene una fuerte industria manufacturera EEE. La industria formal de reciclaje de desechos electrónicos ha mostrado un crecimiento considerable en la capacidad y calidad del tratamiento. China tiene una legislación nacional vigente que regula la recolección y el tratamiento de desechos electrónicos en específico, de televisores, refrigeradores, lavadoras, aires acondicionados y computadoras (computadoras de escritorio y portátiles). Sin embargo, debido a una variedad de factores sociales y económicos, el sector informal sigue liderando el negocio de recolección y reciclaje de desechos electrónicos, según The Global E-waste Monitor 2017. [6]

Obsolescencia Programada

Una de las principales causas que empeora en gran medida el problema de la basura electrónica es la obsolescencia programada, esta es la planificación de antemano, por parte del fabricante, del final de la vida útil de los productos. La idea detrás de esto, es asegurarse de que un producto deje de funcionar luego de determinado tiempo, para obligar al usuario a comprar un producto nuevo, y así aumentar las ventas, puesto que un producto con una vida útil muy larga, no estimula el consumo.

Existen 2 tipos de obsolescencia programada:

-Obsolescencia programada objetiva o funcional: Esta es la vida útil real del producto, que ha sido previamente estimada (el usuario está obligado a comprar un nuevo producto porque el que posee ya no le sirve).

-Obsolescencia programada subjetiva o no funcional: Está ligada a los trabajos de marketing, el producto sigue siendo útil pero el usuario quiere comprar uno más nuevo o atractivo (lo que para él significa más comodidad, confort y prestigio en la sociedad). [7]

Este precepto apunta principalmente a los aparatos electrónicos (aunque también es una práctica que se utiliza comúnmente en otros ámbitos) esto lleva a que los usuarios compren periódicamente nuevas versiones o modelos de los aparatos que utilizaban, lo que incrementa los RAEE.

Basura electrónica, sus consecuencias en la salud y en el medio ambiente a corto y largo plazo

El problema que nos preocupa y sobre el cual estamos trabajando es que la basura electrónica es vertida a cielo abierto, lo cual resulta altamente contaminante. Los metales y demás elementos que poseen estos Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (conocidos como RAEE) son tóxicos y contaminan el medio ambiente, perjudicando el aire que respiramos, la tierra y el agua que bebemos. [2]

Mientras el celular, el monitor y el televisor estén en su casa no generan riesgos de contaminación. Pero cuando se mezclan con el resto de la basura y se rompen, esos metales tóxicos se desprenden y pueden resultar mortales. Aunque la vida útil de estos equipos se estima en diez años, al cabo de unos tres o cuatro ya han quedado obsoletos debido a los requerimientos de los nuevos programas y las nuevas versiones de los sistemas operativos. Este constante desarrollo tecnológico sumado a la lógica del mercado, genera un permanente recambio de los artefactos eléctricos y electrónicos que se consumen de manera doméstica. [14]

Los residuos electrónicos están llenos de componentes tóxicos. Cuando se desechan a la basura, quedan expuestos y reaccionan

con el aire, el sol o la lluvia. Entonces emiten sustancias químicas que contaminan la atmósfera, el agua y el suelo. Las plantas absorben con mucha facilidad el arsénico, lo cual estando cerca de cultivos provoca contaminación de los alimentos. El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entra en las cadenas alimenticias cuando es absorbido por el suelo. Tarde o temprano estas sustancias entran en nuestros cuerpos y nos enferman. [8,9]

La contaminación ambiental afecta, por ende, la salud de todos los seres humanos. Profesionales de la salud detallan los problemas que pueden ocasionar estos materiales contaminantes en el organismo a largo y corto plazo: [2]

Cromo

- Erupciones cutáneas
- Malestar de estómago y úlceras
- Problemas respiratorios
- Debilitamiento del sistema inmune
- Daño en los riñones e hígado
- Alteración del material genético
- Cáncer de pulmón
- Muerte

Mercurio

- Daño al sistema nervioso
- Daño a las funciones del cerebro
- Daño al ADN y cromosomas
- Reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza
- Efectos negativos en la reproducción, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos

El daño a las funciones del cerebro puede causar la degradación de la habilidad para aprender, cambios en la personalidad, temblores, cambios en la visión, sordera, incoordinación de músculos y pérdida de la memoria. Daño en el cromosoma y es

conocido que causa mongolismo.

Cadmio

- Diarreas, dolor de estómago y vómitos severos
- Fractura de huesos
- Fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad
- Daño al sistema nervioso central
- Daño al sistema inmune
- Desordenes psicológico
- Posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.
- Posibles daños en los huesos

Plomo

- Perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia
- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos y abortos sutiles
- Perturbación del sistema nervioso
- Daño al cerebro
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer.

Selenio

Los efectos sobre la salud de las diversas formas del selenio pueden variar de pelo quebradizo y uñas deformadas, a sarpullidos, calor, hinchamiento de la piel y dolores agudos. Cuando el selenio acaba en los ojos las personas experimentan

quemaduras, irritación y lagrimeo.[10]

Existen otras sustancias **contaminantes** en estos productos tecnológicos que han sido vinculados con daños en el organismo, como los retardantes de fuego bromados (RFB), utilizados en **teléfonos celulares** y computadoras y los cuales producen neurotoxicidad, que al entrar en contacto con el **cuerpo humano** provoca alteraciones para el aprendizaje y la memoria, además de comprometer la **tiroides** y las hormonas del ciclo sexual femenino. [11]

¿Y cuánta basura electrónica se produce en el mundo?

El número es de **40 a 50 millones de toneladas al año**, y la tendencia es que el problema se agrave hasta proporciones incalculables. [12]

Según estimaciones, cada habitante del planeta produce, en promedio, 3 a 3,5kg de chatarra tecnológica por día. En Argentina cada persona ocasiona 2,5 Kg de este tipo de basura por día. En Estados Unidos son 15 kg cada habitante, y en Europa 20 kg.

Pensando en los residuos electrónicos, algunas empresas y ONGs se encargan de **reparar los daños y volver los productos a circulación**, para así poder extender su tiempo de vida útil. Aunque, sin lugar a dudas, la solución para la grave situación de los desechos electrónicos parece tenerla el reciclaje. [13]

Pero para un panorama ya casi sin alternativas, aún restan algunas esperanzas.

La basura electrónica en Ghana

“Los países menos desarrollados o en vías de desarrollo que se encuentran en África principalmente, están siendo explotados y tratados como basureros para los desechos electrónicos, tóxicos y artículos peligrosos, en especial por Europa, quienes envían estos como “donaciones” a países como Ghana[...][15]

En 1989 se creó el Convenio de Basilea, el cual trata sobre el control del tráfico ilícito de desechos peligrosos a otros países, y la manera de eliminarlos. Este convenio dice, entre otras cosas, que el manejo y el control de la basura, debe ser propio de cada país, y no debe enviarse hacia otros países.

Por desgracia, algunos países encontraron la manera de burlar este convenio, enviando sus desechos electrónicos como “donaciones” a países subdesarrollados, con la excusa de disminuir la brecha tecnológica, aunque apenas el 25% de estos se encuentra en un estado que puede ser reparado. [15]

Uno de los países receptores de estos residuos es Ghana. Este es un país que no posee una industria de reciclaje, allí, se juntan los desechos en basurales a cielo abierto, donde el reciclaje es realizado por el sector informal, y cabe destacar, que estas actividades producen un ingreso importante para la población local.

En estos basurales, los trabajadores a menudo usan técnicas de reciclaje peligrosas para su propia salud y el medio ambiente, por ejemplo: la quema de cables para la extracción de los filamentos de cobre. También se desmantelan frigoríficos, vehículos, y aparatos electrónicos, entre otros. [16]

Puede observarse un aumento en el índice de mortalidad, y de enfermedades en las zonas de estos basurales a cielo abierto, tanto de niños, como de los trabajadores que trabajan en el reciclaje de la basura electrónica, debido a las peligrosas técnicas que se ponen en uso a la hora de realizar el reciclaje de las mismas. [15]

Las pilas y baterías

Las pilas son aquellos aparatos destinados a almacenar energía eléctrica en forma de energía química que al acabarse se deviene residuo.

La batería realiza la misma función que la pila pero con la diferencia de que es

recargable, lo que le provee una vida útil muy larga. [17]

Las partes internas esenciales de las pilas o baterías son un electrodo positivo y un electrodo negativo (llamados ánodo y cátodo). Dependiendo del tipo, sus componentes están constituidos por sustancias tóxicas como el mercurio, plomo, níquel, y cadmio, y otras veces por elementos no tóxicos como el zinc, que en cantidades balanceadas forma parte de nuestro organismo (oligoelemento). El tercer componente es un conductor iónico denominado electrolito.

Las pilas y baterías secundarias de uso doméstico, por ser recargables, se desechan proporcionalmente en menor volumen que las primarias; hay datos que indican que una pila de este tipo puede sustituir hasta 300 desechables, pero su desventaja consiste en que generalmente contienen metales tóxicos como el plomo, cadmio y níquel, y no siempre la tecnología de los aparatos puede usar ambos tipos de baterías. [18] Además, cuando una pila pierde su capa protectora quedan expuestos dichos metales pesados que producen efectos notoriamente nocivos para el ecosistema y la salud de los seres vivos. Una sola pila de mercurio puede contaminar 600.000 litros de agua y una alcalina 167.000 litros. [19]

Tratamiento de las pilas y baterías desechadas

Para reciclar las pilas, es importante que se separen del resto de residuos, para así evitar que terminen en basurales a cielo abierto. Una vez separadas las pilas se llevan a una planta de reciclaje en donde el mercurio se separa de otros metales y el resto de materiales que constituyen las pilas pueden ser recuperados. De este modo, se recicla un residuo peligroso y se evita que pueda contaminar el ambiente y perjudicar la salud de las personas. Las pilas recolectadas se almacenan en previsión de poner en marcha de forma inmediata un sistema por medio del cual

serán trituradas mecánicamente, y se obtendrá escoria férrica y no férrica, papel, plástico y polvo de pila. Las tres primeras fracciones se valorizan directamente. El polvo de pila sigue diferentes procesos para recuperar los metales que contiene. Sin embargo, este proceso resulta muy costoso por lo que muchos países no cuentan con plantas especializadas en este proceso. Por eso, es necesario buscar otras maneras para darle un destino adecuado a las pilas usadas. [17]

¿Qué hace la Ciudad con los aparatos eléctricos y electrónicos que los vecinos y las áreas de Gobierno ya no utilizan?

La Agencia de Protección Ambiental cuenta con dos programas: Gestión de RAEE de Vecinos en los Puntos Verdes Especiales Gestión de los Aparatos Electrónicos en Desuso del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Ambas propuestas se proponen prevenir la generación y minimizar la cantidad y peligrosidad de los RAEE generados, resguardar el ambiente y la salud humana de los efectos ambientales negativos generados por los RAEE, prevenir la generación de los RAEE y garantizar su correcta gestión ambiental, considerándolos como Residuos Sólidos Urbanos Sujetos a Manejo Especial, en concordancia con la Ley N° 1854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, promover la reutilización, el reciclado y el uso de materias primas secundarias provenientes de los RAEE, reducir la disposición final de estos residuos y promover, de acuerdo al Principio de Responsabilidad Extendida del Productor, la implementación de sistemas de gestión, individuales o colectivos, por parte de los productores de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). Por último, impulsar el comportamiento ambiental adecuado de todos aquellos que intervienen en el ciclo

de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos. [20]

Resultados:

Las siguientes tablas son para poder comparar a los países en base al promedio de basura electrónica desechada y al promedio de basura electrónica desechada más grande por habitante, para al final obtener los máximos exponentes de las características anteriores del 2016.

“Tabla de cantidad de basura producida por persona en 2016, según The Global E-waste Monitor 2017”.

África	1.9 kg /por persona.
América Latina	7.1 kg /por persona.
Estados Unidos	20 kg /por persona.
China	19 kg /por persona.
Argentina	8,4kg /por persona
México	8,2kg /por persona
Brasil	7,4kg /por persona
Perú	5,8kg /por persona
Chile	8,7kg /por persona
Costa Rica	9,7kg /por persona
Uruguay	10,8kg /por persona
Paraguay	6.4 kg /por persona
Bolivia	3.3 kg /por persona

“Tabla de cantidad de basura producida en el país en 2016, según The Global E-waste Monitor 2017 (Medida en Toneladas Métricas)”.

África	2200000 T.
Estados Unidos	6300000 T.
China	7200000 T.
Brasil	1534000 T.
México	1000000 T.
Argentina	400000 T.
Chile	160000 T.
Costa Rica	48000 T.
Guatemala	67000 T.
Uruguay	37000 T.
Bolivia	36000 T.
Nicaragua	14000 T.
Perú	182000 T.
Paraguay	44000 T.

Conclusión:

Los países latinoamericanos con la mayor generación de desechos electrónicos en 2016 fueron: Brasil, México, y Argentina.

Los tres primeros países en América Latina con la mayor generación de desechos electrónicos en kg /por persona en 2016 fueron Uruguay, Costa Rica y Chile.

Puede que a simple vista los números no concuerden si comparamos la totalidad de basura que producen algunos países con la cantidad de basura por persona, pero eso es porque para sacar la cantidad de basura hecha por persona, se calcula por la razón entre la cantidad de basura producida por el país al año (en kg) y la población.

Ejemplo:

$$\text{Chile: } \frac{159000000 \text{ kg}}{18196000 \text{ personas}} = 8,738$$

$$\text{Brasil: } \frac{153400000 \text{ kg}}{20609000 \text{ personas}} = 7,433$$

Como Brasil produce una gran cantidad de basura electrónica por año, pero también tiene una gran cantidad de población, el resultado “kg/por persona” se va a ver reducido con respecto a Chile.

El continente africano alberga el menor número de fabricantes directos de AEE entre todos los continentes pero aun así posee aproximadamente produce la mitad de basura electrónica que produce América Latina.

En cuanto al tema de la salud, como hemos explicado anteriormente, el efecto que producen estos desechos a la salud y al medioambiente no es un asunto menor, ya que no solo pueden afectar gravemente la salud sino que también pueden llevar a la muerte. Las empresas, al emplear prácticas como la obsolescencia programada, no ayudan a la hora de lidiar con este problema, pues generan una cantidad innecesaria de residuos extra. Ghana termina siendo entonces, un claro ejemplo de esto, al estar recibiendo grandes cantidades de residuos de otros países, y podemos ver los efectos que esto tiene sobre la salud de ciudades enteras, cercanas a estos basurales.

Puede ser útil extender la investigación en un futuro para las posibles soluciones que se podrían implementar en la Argentina, por ejemplo, plantas de reciclaje de basura electrónica, reducir el constante recambio de aparatos electrónicos.

Referencias:

[1] **Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos [en línea].** [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://www.euskadi.eus/informacion/residuos->

de-aparatos-electricos-y-electronicos-
raee/web01-a2inghon/es/

[2] ¿Qué es la Basura Electrónica? [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: https://e-basura.linti.unlp.edu.ar/basura_electronica

[3] Residuos electrónicos: una de las principales amenazas para el medio ambiente. *Los Andes* [en línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <https://losandes.com.ar/article/view?slug=residuos-electronicos-una-de-las-principales-amenazas-para-el-medio-ambiente>

[4] Argentina ingresara en el millonario negocio de residuos electrónicos. *Telam* [En línea][fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://www.telam.com.ar/notas/201606/151069-argentina-exportacion-residuos-electronicos-grupo-pelco.html>

[5] El emprendimiento mendocino Reciclar hizo su primera exportación a Europa. *Los Andes* [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <https://losandes.com.ar/article/view?slug=el-emprendimiento-mendocino-reciclar-hizo-su-primer-exportacion-a-europa>

[6] Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P. The Global E-waste Monitor – 2017 [En línea], United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.[fecha de consulta 21/06/2018].De la pág. 60 a 78. ISBN Electronic Version: 978-92-808-9054-9. Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>

[7] MALBAREZ, Mayra C Ruiz y GONZÁLEZ, Zilath Romero. La responsabilidad social empresarial y la obsolescencia programada. *SABER, CIENCIA Y Libertad*. 2011, vol. 6, núm. 1, pp. 127-135. ISSN: 1794-7154

[8] Los daños que causa la chatarra electrónica [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://www.muyinteresante.com.mx/tecnologia/basura-electronica/>

[9] Colprensa. Así afecta la basura electrónica a la salud y al medioambiente [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <https://www.elheraldo.co/salud/asi-afecta-la-basura-electronica-la-salud-y-al-medioambiente-440278>

[10] Efectos de la basura electrónica en la salud humana [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://proyectohuba.blogspot.com/2010/05/efectos-de-la-basura-electronica-en-la.html>

[11] Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos [en línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://www.elbotiquin.mx/medicina-general/como-afecta-tu-salud-la-basura-electronica>

[12] CONSECUENCIAS QUE TRAE LA BASURA ELECTRÓNICA [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://desechoelectronicos.blogspot.com/p/consecuencias-que-trae-la-basura.html>

[13] Ballarino, Fabrizio. La basura tecnológica y sus causas- consecuencias [en línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <https://www.fayerwayer.com/2013/11/la-basura-tecnologica-y-sus-causas-consecuencias/>

[14] Chatarra electrónica [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Chatarra_electr%C3%B3nica

[15] MARTÍNEZ, María Fernanda Vargas y PARRA Parra Lillany. *Los basureros electrónicos de Ghana y Nigeria* [En línea]. Medellín: Institución Universitaria Esumer, 2015. [Fecha de consulta 22 junio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.esumer.edu.co/jspui/handle/ESUMER/378>

[16] PÉREZ. Rafael Fernández-Font. Mapeando el procesamiento de basura electrónica en Agbogbloshe, Ghana. *Ecología Política*. 2015 vol. 48, pp. 42-46. ISSN: 1130-6378

[17] Reciclaje y tratamiento de residuos diversos, Xavier Elias Castells [en línea] [Fecha de consulta 26/06/2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=OQtqHwbxk4EC&oi=fnd&pg=PA1035&dq=reciclaje+y+tratamiento+de+pilas+y+baterias&ots=Ddn7LWE0-X&sig=dUPttJHAbnFkXevaG0MbpCQACXI#v=onepage&q&f=false>

[18] La contaminación por pilas y baterías en México, José Castro Díaz y María Luz Díaz Arias [en línea] [Fecha de consulta 26/06/2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/539/53907205/>

[19] Posibilidades de tratamiento de residuos de pilas y baterías, María Gómez Gómez [en línea] [Fecha de consulta 26/06/2018]. Disponible en:

[20] Efectos de la basura electrónica en la salud humana [En línea]. [Fecha de consulta 21/06/2018]. Disponible en: <http://proyectohuba.blogspot.com/2010/05/efectos-de-la-basura-electronica-en-la.html>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

<http://www.conama.vsf.es/conama10/download/files/conama/CT%202010/1000000204.pdf>

[20] Residuos de Aparatos Eléctricos y
Electrónicos [en línea] [Fecha de consulta

26/06/2018].

<http://www.buenosaires.gob.ar/agenciaambiental/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos>

Herramientas para la inclusión social de la comunidad sorda

Casanova Ivan, Behringer Tomas, Zeppa Agustín, Takahashi Tomas,
Camaño Nicolas

Universidad tecnológica nacional, Facultad regional Buenos Aires

Abstract

Con el objetivo de integrar a la comunidad sorda en lo que respecta al aprendizaje y desarrollo de la capacidad de lecto-escritura, se despliegan diversas herramientas tecnológicas. El propósito de las mismas es no solo el perfeccionamiento de las capacidades mencionadas, sino también la integración de dicha comunidad a la sociedad. En este contexto se lleva a cabo una revisión sistemática con el objetivo de comparar y analizar las diferentes herramientas tecnológicas a disposición de la comunidad sorda pudiendo obtener un panorama general de las mismas para su uso, ciertas especificaciones de cada una, ventajas y desventajas, entre otros aspectos.

Palabras Claves

Tecnología y discapacidad, comunidad sorda, lecto-escritura en comunidad sorda, software para sordos

Introducción

Las personas sordas viven sin la posibilidad de acceder a algún aprendizaje de lenguaje oral por culpa de su falta auditiva. Con el propósito de tratar con esta dificultad, la comunidad sorda recurre a estrategias visuales y a aprovechar de otros canales (restos auditivos, tacto, visión) [1]. De todas formas, existen ciertas dificultades para la apropiación de la lecto-escritura [2] para poder llegar así a tener las mismas oportunidades de desarrollo y progreso al igual que las personas que no padecen esta discapacidad.

Los avances tecnológicos permiten la aparición de nuevos canales de comunicación para que los sordos cuenten con apoyo visual [1] (como son las aplicaciones del móvil o aparatos que favorecen la comunicación y el aprendizaje). De esta manera, pueden utilizar programas orientados al aprendizaje del lenguaje [2]. Diferentes logros son alcanzados, como el uso de la tecnología “Closed Caption on line” (corchetes que describen sonidos o acciones como un

agregado de los subtítulos) [3] en algunos canales de televisión, intérpretes de Lengua de Señas en noticieros, entre otros. Sin embargo, existe un gran camino por recorrer para lograr una mejor inclusión de las personas que poseen esta dificultad. A modo de ejemplo, en el año 2016 se crea un guante electrónico portable, ligero y de fácil utilización para traducir palabras útiles [4].

En este contexto, el propósito del presente trabajo es comparar y analizar las distintas herramientas tecnológicas que tiene la comunidad sorda a disposición, para incorporar la lecto-escritura como alternativa de comunicación y aprendizaje; contiene un análisis sobre las diferentes aplicaciones o programas de software que posibilitan la mejor inserción de las personas con esta discapacidad, pudiendo tener un panorama general de lo que se tiene a disposición para uso en el mercado, las especificaciones de cada uno, ventajas y desventajas, entre otros detalles.

Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la Sección 1 se detalla el tema de la problemática de la sordera. Luego, en la Sección 2 se explica qué se entiende por herramienta informática. En la Sección 3 se describen y desarrollan herramientas informáticas y softwares para las personas que conllevan esta dificultad. Se hace hincapié en cada software que se investiga, se enumera y se describe con detalle, remarcando ciertas características y especificaciones propias de cada aplicación. En la Sección 4, se realiza una comparación de los distintos softwares. Finalmente, en la Sección 5, se especifican las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. La sordera como problemática

El ser humano como ser social, constantemente influencia y es influenciado por todo lo que lo rodea de manera directa o

indirecta, por el contexto en que está inserto y por las relaciones sociales que establece con las demás personas [5]. Una parte imprescindible es el lenguaje. Éste es el que permite un intercambio de ideas, el aprendizaje y desarrollo, el poder de expresión, entre otros. La sordera, que es la falta completa o disminución de la capacidad de oír, parece ser en este contexto un impedimento o dificultad para lograr un potenciamiento del desarrollo.

Mientras que no todo el sistema educativo en la actualidad avala una correcta metodología de enseñanza que permita la completa inclusión de la comunidad sorda debido a que solo cuenta con modelos oyentes [6], las herramientas informáticas hacen lo suyo: avanzan de modo tal que pueden potenciar el desarrollo o mejorar la capacidad de expresión de una persona con esta problemática.

La persona sorda cuenta con una lengua de señas que se considera una disciplina misma de la lingüística general [7]. Este es su lenguaje natural, siendo un código alternativo al habla, ya que lo adquieren sin un aprendizaje sistemático. Pero, a gran escala, la lengua de señas presenta cierta desventaja frente a la lengua hablada ya que la expresividad es mucho mayor en la segunda. De todas maneras, la comunidad sorda se encuentra de cierta forma obligada a aprender el lenguaje nativo de la sociedad en la que se encuentre [7], pues de esta forma es como logra acceder sin límites al conocimiento y a la interacción con la multitud.

En este contexto, aprender la segunda lengua no es tarea fácil para la gente que conlleva esta dificultad [5]. Teniendo en cuenta esta problemática, entran en juego para cumplir un papel esencial las herramientas informáticas, aplicaciones y softwares. Éstas son capaces de intervenir en el aprendizaje, para potenciar conocimiento, facilitar la comunicación entre una persona con la dificultad y otra que no posee incorporada la lengua de

señas, o incluso para aprender el lenguaje en sí.

2. El uso de herramientas y tecnología informática

Las herramientas tecnológicas son aquellos instrumentos creados en base a la tecnología que contribuyen a que aquel individuo que haga uso de ella, pueda compensar una deficiencia o discapacidad sustituyendo una función o potenciando el resto de las mismas [8]. Por consiguiente, se utiliza el término de herramienta informática con el fin de desarrollar software, como por ejemplo un programa de ordenador, para incrementar y mejorar las capacidades de las personas que, por alguna circunstancia, no alcanzan los niveles medios de ejecución en relación a la problemática que tienen (en este caso la discapacidad auditiva) [8].

La necesidad de realizar investigaciones y acciones de cooperación para colaborar de alguna forma con la discapacidad, conlleva al desarrollo de hardware y software capaz de contribuir ante esta dificultad.

Por lo general, las herramientas informáticas enfocadas a las discapacidades, se relacionan con la Tecnología de la Información y Comunicaciones (TICs). Una buena explotación de las posibilidades de las TICs significa una mejora general de la calidad de vida, brindando un mejor funcionamiento del órgano debilitado o servir como un sustituto de uno inoperante [10]. “Las TICs deben de ser accesibles, más amigables y útiles” [10]. Esto significa que permiten ser utilizadas por una amplia gama de personas, que resultan atractivas motivadoras, cómodas y fáciles de usar, y que se adaptan a las demandas específicas de cada persona u actividad. Además, son incorporadas no solo como herramienta informática para ayudar a las personas con discapacidad, sino también que se incorpora su diseño a la formación y el mundo laboral, para que las mismas no se conviertan en un elemento de exclusión social [11].

Por siguiente, otro concepto que influye en el tratamiento de las alteraciones de funciones cognitivas (auditivas en este caso), llevado a cabo a través de programas sencillos de evaluación y rehabilitación, y mediante la interacción multimedia directa, son los sistemas de acceso. Son interfaces adaptativas que permiten a las personas con discapacidad sensorial utilizar un ordenador. Un ejemplo son las pizarras electrónicas copiatoras, que facilitan a las personas sordas a obtener copias de las clases presenciales sin perder la observación y atención de las mismas [12].

Como conclusión de esta sección se puede dar una definición general de herramientas informáticas como programas que efectúan tareas específicas y que tienen un fin determinado; siendo un conjunto de instrucciones que facilitan una acción a través de hardware y ligadas al “uso común” y social (como en este caso la discapacidad auditiva) [13]. Se observa el impacto que tiene el desarrollo de estas herramientas con las discapacidades de ciertas personas, y como a partir del uso de ellas se puede lograr una mejora en su forma de vida, permitiéndoles estar incluidos en ciertas actividades que, posiblemente, no puedan realizar sin uso de la tecnología.

3. Herramientas informáticas disponibles

El desarrollo de aplicaciones enfocadas a la enseñanza de personas sordas tiene grandes cambios en las últimas décadas: el crecimiento de tecnologías computacionales, el surgimiento de Internet, la reducción de los costos de producción de productos tecnológicos y el desarrollo de nuevas propuestas multimedia hace que surjan varios proyectos enfocados a la pedagogía de personas sordas [14]. Para el presente trabajo se consideran: Expressive Hand (subsección 3.1), Deaf Book (subsección 3.2), Hablando con Julis (subsección 3.3), MobileSing (subsección 3.4), Hablalo! (subsección 3.5) y Ava (subsección 3.6).

3.1 Expressive Hand

La desarrolla ByteoSoftware y la publica el 22 de julio de 2013 en el Marketplace de Google [15]. La aplicación fue programada con Android Studios y está disponible para todos los celulares con el SO Android mayor a la versión 4.0. Se encuentra enfocada a la enseñanza del abecedario dactilológico, por medio de videos en los cuales se hace uso de modelos para las manos en 3D acompañado de una descripción de los movimientos necesarios



Figura 1. Letra “s” del alfabeto dactilológico modelada en 3D

para la seña. La aplicación contiene una base de datos con distintos video tutoriales de cómo realizar cada letra y algunas palabras del lenguaje de señas dactilológico español. Debajo de cada video que contiene la aplicación, se detalla de forma escrita como realizar cada gesto. En la figura 1 se puede apreciar una captura de pantalla de un video tutorial de la letra “s” cuya seña es un puño cerrado con el dedo pulgar por encima de los demás, debajo del mismo hay una explicación de cómo realizar el gesto de manera correcta.

3.2 Deaf Book

Aplicación que se publica en el Marketplace de Google el 19 de agosto de 2012 por el Dr Naif Al-Mutawa [14]. Su creador es de Kuwait, un país de situado en Asia Occidental. Es desarrollada para Android y se puede instalar en cualquier Tablet o celular que contenga dicho sistema operativo. La aplicación consiste en un libro electrónico de cuatro páginas en el cual se utilizan videos con la lengua de señas árabe, mostrando cada una de las viñetas de un cómic en su forma de lengua de señas. Se



Figura 4. Interfaz Háblalo!

3.6 Ava

Ava es una gran opción para las personas sordas y con dificultades auditivas, para entender y participar en conversaciones con personas que pueden oír, en cualquier momento y en cualquier lugar. La aplicación utiliza tecnologías de reconocimiento de voz para mostrar una transcripción en tiempo real de la discusión, aprovechando el poder de los teléfonos inteligentes. Permite que una persona sorda pueda participar de reuniones de negocios, cenas familiares o reuniones sociales. La aplicación muestra lo que cada uno dice, separados por sus nombres [16]. Como muestra la figura 5, la aplicación va reconociendo los distintos actores en una conversación y los va categorizando con colores. Luego, a medida que cada uno habla, Ava se encarga de pasar lo que dicen a texto y entonces las personas sordas, o con discapacidad auditiva, pueden participar. Actualmente Ava está en su versión 1.9.5 y se puede descargar desde el Market place de Google por cualquier celular Android 4.1 en adelante.

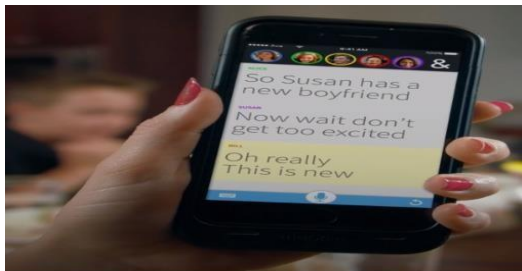


Figura 5. Ava traduciendo una reunión

4. Comparación de las herramientas de software

Cuando se hace referencia a la forma en la que brinda ayuda la herramienta software se destaca:

Expressive Hand muestra cada letra del abecedario con su respectiva seña para poder imitar (fig. 1), y así conseguir un completo dominio para expresar cada letra con las manos. Por otra parte, Deaf Book se presenta como una serie de videos, y dibujos con personajes que dialogan de forma educativa. Luego MobileSign, un diccionario-instructivo de cada palabra existente. Buscador que permite encontrar la palabra deseada, y muestra un video para poder aprender a reproducir la seña. Háblalo, que permite ingresar cualquier oración para poder reproducirla, de forma tal que la persona no sorda oiga, y luego conteste para que la aplicación lo plasme en texto. Hablando con Julis, que permite construir las frases que se desean decir a través de imágenes e iconos. Por ultimo Ava que, pre estableciendo el nombre de cada persona relacionándola con su voz, permite ver en forma de chat lo que cada persona se encuentra expresando en una charla.

Cuando se hace referencia a la interfaz gráfica:

Expressive Hand expone una muestra sencilla y muy visual, para no tener dificultades relacionadas con el manejo de la herramienta tecnológica. Se observa una mano en 3D representando las letras, con breves descripciones del movimiento. Deaf Book muestra un comic de cuatro páginas (fig. 2) con personajes. Ofrece óptima navegabilidad. MobileSign se presenta como un buscador que al ingresar palabra a ser consultada, brinda opciones de videos explicativos y educativos de como reproducir esa palabra en señas. Háblalo luce con un cuadro para ingresar texto a

reproducir, frases ya listas para presionar un botón y que se reproduzcan. Posee configuración de botones con datos personales y atajos. Hablando con Julis posee iconos e imágenes representativas en toda la interfaz junto con su descripción. Permite ir presionando aquellos para formar oraciones. Ava posee interfaz de un chat, en donde se observa como las personas alrededor dialogan.

Con respecto a lo que se requiere por parte del usuario:

Expressive Hand precisa capacidad de lectura y comprensión para entender las descripciones. Capacidad para comprender gráficos en 3D. Deaf Book requiere capacidad de lectura, conocer la lengua Kuwait y/o el idioma inglés. MobileSign pide capacidad de lectura y comprensión y manejo del idioma inglés. Háblalo necesita amplio manejo de la escritura y lectura. Hablando con Julis exige poder entender las imágenes, y capacidad de lectura para formar así las frases. Ava demanda saber establecer la relación de voz con la persona que habla, y una muy alta capacidad de lectura, ya que las conversaciones se dan a gran velocidad.

Cuando se señala el hardware que se precisa, Expressive Hand, MobileSign, Háblalo y Ava son exclusivos de celular, mientras que Deaf Book también posee versión para Tablet, y Hablando con Julis además de poseer versión para Tablet también lo tiene para ordenador.

Con respecto al sistema operativo, todos poseen su versión en Android, exceptuando los casos de Háblalo y Ava que poseen a su vez en IOS, y el caso de Hablando con Julis que posee Windows aparte de Android.

Cada uno tiene un rasgo particular:

Expressive Hand se destaca por simplicidad a la hora de comprender rápidamente la seña

debido a que la mano en 3D representa perfectamente la mano real, posiblemente más entendible que un video. Deaf Book esta hecho especialmente para los niños. Imita a un libro electrónico con ilustraciones más bien infantiles y con diálogos educativos. MobileSign cuenta con una enorme base de datos muy útil para la persona sorda en cuestión, donde puede buscar la seña que desee. No solo ofrece una descripción de cómo hacer la seña sino el video que muestra cómo realizarla. Háblalo abre las puertas de la comunicación entre la persona con sordera y con la que se desea comunicar. Rápidamente se puede preguntar, pedir o incluso dialogar con aquella. Hablando con Julis permite sumergirse en cada categoría que hay de las palabras, para ir armando la frase deseada. Al obtener práctica, se pueden formar rápidamente. Por ultimo Ava es muy distinguida por permitir una inclusión social en cualquier tipo de escenario, laboral, familiar, entre otros, plasmando todo lo hablado oralmente en un chat.

Resultados

Todas las herramientas estudiadas, facilitan el ingreso de una persona sorda a cualquier conversación con personas no sordas. Se destaca que todas las herramientas están disponibles para celulares, sobretudo Android, facilitando su uso y obtención. Poseen interfaces sencillas e intuitivas para permitir un aprendizaje rápido y efectivo de cómo usar la aplicación para la persona sorda. Finalmente, las herramientas están diseñadas con el principal propósito de querer ayudar a los sordos y que no se sientan excluidos de la sociedad. Cada aplicación contiene un rasgo en su funcionalidad que la hace única, hay herramientas cuya función es ser más didácticas y se concentran en aprender el lenguaje de señas, mientras que otras ayudan a las personas sordas en su día a día.

Conclusión

La sociedad actual se ve sumergida en la tecnología que se encuentra en exponencial crecimiento. Esto conlleva consecuencias, tanto positivas como negativas, y las personas con discapacidades no quedan apartadas de semejantes cambios. Por contrario, quedan afectadas incluso de formas beneficiosas.

En el mundo de las herramientas informáticas como el celular, la tableta y el ordenador, se encuentran personas dedicadas a crear y desarrollar aplicaciones exclusivas para la gente que sufre de sordera, de forma tal que pueda mejorar determinadas capacidades como la lectura.

La exclusión que puede dar lugar la sociedad a esta dificultad puede, en parte, ser solucionada mediante aplicaciones informáticas que brindan una inmensa ayuda para la integración natural de aquellas personas en cuestión.

La asistencia en traducción a texto de charlas, la posibilidad de expresar mediante escritura lo que se desea que se reproduzca y oiga, la ayuda en el desarrollo de capacidades visuales y literarias, y el poder observar videos que enseñen lenguaje de señas, son algunas de las características que ofrece el avance de la tecnología que hoy posee al alcance de su mano una vasta cantidad de personas.

Las posibilidades de creación de herramientas software que ofrece la tecnología son infinitas, y son el camino para ayudar no solo a las personas con sordera, sino también a una inmensa cantidad de deficiencias. Precisa valerse de gente con empeño para crearlas, y de la participación del mercado para difundirlas y retribuirlas apropiadamente.

Se considera la posibilidad de estudiar acerca del proceso de creación de software

para personas con discapacidad auditiva y el uso de herramientas similares a nivel mundial.

Referencias:

- [1] Koon, R. El impacto tecnológico de las personas con discapacidad [en línea]. Consejo Provincial de Educación, 2014 [fecha de consulta 28 de marzo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Ihr7Ws>
- [2] Folco, PM. Las tecnologías de información y comunicación como herramientas para la apropiación de la lecto-escritura en sordos e hipoacúsicos [en línea]. Escuela de Capacitación. Profesional N° 1, 2015 [fecha de consulta 28 de marzo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Ko4Gv9>
- [3] Valenzuela F, Agüero H, Begueri G. Desarrollo de entornos interactivos para usuarios sordos. Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. Argentina, 2011 [fecha de consulta 16 de abril 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rHHnFX>
- [4] Marco Antonio Torrejón Tambo. Investigación y Tecnología Vol. 4. Traductor de Lenguaje de Señas con Guante Electrónico y Aplicación Android. Universidad Siglo XX Siglo XX - Oruro – Bolivia, octubre 2016. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rit/v4n1/V4n1_a14.pdf
- [5] Veinberg, S. La perspectiva socio antropología de la Sordera [en línea]. Facultad de Filosofía y Letras Universidad de Buenos Aires, Argentina, 2011 [fecha de consulta 14 de mayo]. Disponible en: <https://bit.ly/2L3cdRk>
- [6] Del Pilar, M. El valor de la mirada: sordera y educación 2da edición [en línea]. Universidad de Barcelona, España. 2005 [fecha de consulta 14 de mayo]. Disponible en: https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=A7DRscMo5ZQC&oi=fnd&pg=PA11&dq=sordera&ots=THFtAcYpPY&sig=X_wEyPedOVOJhSeZ6jUKklZlc0c#v=onepage&q&f=true
- [7] Edith, G. BILINGÜISMO EN SORDOS [en línea]. Instituto Superior Docente y Técnico N°9, España. 2012 [fecha de consulta 14 de mayo]. Disponible en: <https://bit.ly/2IkENM9>
- [8] Francisco Alcantud Marín y Francisco Javier Soto Pérez, Tecnologías de ayuda en personas con trastornos de comunicación, Colección logopedia e intervención. Fecha de publicación: 2003, España. Disponible en: shorturl.at/ruT46
- [9] M. Alaniz, M. Oyarzún, G. Sandoval, S. Adolfo, G. Rivadeneira, M. García, S. Salvo. Los aportes de la tecnología informática a las necesidades educativas especiales de alumnos con discapacidad visual o auditiva, Universidad Nacional de la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Patagonia. UART: Unidad Académica Río Turbio.

Fecha: 2006. Disponible en:

<https://bit.ly/2oMCHwp>

[10] Berruezo, Las TIC y la inserción laboral de los discapacitados, CABERO, J.; CÓRDOBA, M. y FERNÁNDEZ, J.M. (coords): Las TICs para la igualdad. Nuevas tecnologías y atención a la diversidad. Sevilla, Eduforma. Fecha: 2007

[11] Cabero Almenara, J. TICs para la igualdad: la brecha digital en la discapacidad. Anales de la Universidad Metropolitana, Vol. 8, Fecha: 2008. Dialnet-TICsParaLaIgualdad-3622506 (pdf).

[12] Ricardo A. Koon y María Eugenia de la Vega, El impacto tecnológico en las personas con discapacidad, Fecha: 2014. Disponible en: <https://bit.ly/2wIqZtr>

[13] Omar Ernesto Cabrera Rosero, Herramientas Informáticas, Universidad de Nariño, Fecha: 6 de julio 2010. Disponible en: <https://poldrosky.files.wordpress.com/2010/07/intro.pdf>

[14] Pérez Rojas, ja. Diseño y desarrollo de una aplicación Android para la enseñanza de la lengua de señas colombiana en niños sordos de 3 a 6 años de edad [en línea].

Universidad distrital Francisco José de Caldas.

Colombia. 2015. Disponible en: shorturl.at/qrLX9

[15] Mármod H. *Tiene 18 años y ya es referente en el uso de la tecnología para cambiarle la vida a la gente*, 27 de abril del 2018. Disponible en <https://clar.in/2L5rzUO>

[16] Rivero, E. *Transcense: App para conversar en grupo con discapacitados auditivos*, 16 de octubre del 2014. Disponible en: <https://bit.ly/2QgI6bM>

Blockchain: la red del futuro

Franco Benini, Melany Holwager, Mariano Pessina, Joaquín Ramundo, Tomas Serratti,
Micaela Varas Bauzada

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

"La tecnología Blockchain permite el intercambio de información de una manera segura, eficaz y eficiente. Estas características hacen que las redes de Blockchain sean ideales para realizar todo tipo de transferencias de información entre los usuarios conectados a esta red. Las redes de Blockchain son descentralizadas y todos los usuarios conectados pueden acceder a la información almacenada. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de las características, aplicaciones y los cambios sociales y de infraestructura ya realizados y que se deben realizar para la implementación de esta tecnología"

Palabras Clave

Blockchain, bloques, transacciones, descentralización

Introducción

Basado en un sistema peer-to-peer cifrado, Blockchain permite la transferencia de información de manera descentralizada y distribuida en distintos nodos (a su vez usuarios) [1]. De esta manera, se logra un sistema de intercambio de información "sin dueño", en donde nadie es propietario del servidor donde se almacenan los datos. Permite así llevar a cabo no sólo transferencias financieras, sino también efectuar comunicaciones y acceder a datos personales de una manera más segura y privada, lo cual resulta fundamental para proteger la identidad digital de las personas [2]. Además de sus aplicaciones en torno a la seguridad de intercambios virtuales, la tecnología Blockchain habilita a crear una red de datos en la que todos son responsables de toda la información, pero a la vez no dependientes de nadie para acceder a ella [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Sistemas y Organizaciones", primer año de cursada) es analizar los cambios, tanto

sociales como en términos de infraestructura, que implica la aplicación de redes globales de Blockchain, teniendo en cuenta las mejoras en términos de seguridad y a la gestión de identidades digitales, así como la velocidad de acceso y guardado de información que permite esta tecnología.

Para cumplir con dicho objetivo, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se define Blockchain; en la sección 2, se menciona la estructura de las redes de Blockchain; en la sección 3, se comentan los distintos campos de aplicación para esta tecnología, y se presenta el análisis y comparación sobre casos de uso actual de la tecnología Blockchain; en la sección 4 se analizan los cambios necesarios para una eficiente y eficaz implementación de la tecnología Blockchain. Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo en la sección 5.

1. Blockchain

Blockchain es un registro de transacciones que son incluidos en una "Cadena de Bloques", en la cual todos los bloques poseen cierta información y quedan almacenados en todos los dispositivos pertenecientes a la red. Cada bloque de la cadena está formado por: un código alfanumérico que enlaza con el bloque anterior, otro código que enlaza con el bloque siguiente y las transacciones; dichas transacciones que se llevan a cabo son verificadas por los "mineros", que son los ordenadores a cargo de esta tarea, los cuales deben seguir algunos pasos, entre ellos se encuentra el de transmitir las nuevas transacciones a los nodos. Los nodos son computadoras conectadas a la red que se

encargan de almacenar y distribuir una copia actualizada del Blockchain [1].

La tecnología Blockchain es de carácter descentralizado, pues no requiere de una entidad, parte de reglas precisas y la conformidad sobre la validez de las transacciones y su estado, es abierta para que cualquier usuario puede hacer uso de ella y finalmente segura porque cuenta con una verificación criptográfica. Blockchain es una tecnología con la capacidad de crear grandes cambios positivos para la economía global y para los sistemas sociales [1].

2. Las redes de Blockchain

Una red de Blockchain requiere de varios nodos (ordenadores), los cuales se interconectan entre sí, donde ninguno es más importante, no existe una jerarquización, ni un nodo central, en estos nodos se almacena la misma información y se actualiza. Es necesario que los nodos que están incluidos en la red se encuentren sincronizados manteniendo la cadena de bloques correcta [1].

La red Blockchain puede ser pública, permitiendo que cada registro de transacción sea visible para todos y que cualquier persona pueda participar, o privada basándose en autorizaciones, lo que significa que los registros pueden ser encriptados y sólo ser visibles para un grupo reducido de personas ayudando así a cumplir con los requisitos de privacidad. Dentro de los bloques de la red existe cierta información:

- Hash: es un código en (SHA-256) cuyas siglas significan Secure Hashing Algorithm y el 256 es el número de bits que tendrá la cadena que resultará del uso de este algoritmo, se usa este hash para dar información sobre el bloque anterior y así poder seguir la cadena [4].
- Información: dependiendo de la función que se le dé al sistema será distinta la información que se guarde, el ejemplo más común es con Bitcoins, en el cual la información es un listado de las todas las transacciones generadas [1].

- Generación de un nuevo bloque: antes de generar un nuevo bloque se requiere “aprobarlo”. Para ello

existen 2 métodos conocidos: Proof of Work y Proof of Stake. Para crear un bloque nuevo en Proof of Work se propone un problema matemático y todos los ordenadores pertenecientes al sistema que deseen “minar” (buscar la solución) comienzan a competir. Una vez que uno la haya hecho, los otros verifican que sea correcta. Luego, el ordenador que la encontró es recompensado y crea el nuevo bloque. En caso de querer hackear el sistema y modificar la información que debería estar en el bloque los demás ordenadores no lo darán por válido lo cual hará que pierda la recompensa y la oportunidad de escribir. Por otro lado, cada usuario que desee participar en la creación de un nuevo bloque por Proof of Stake debe poner parte de su capital como un “seguro”. La elección del usuario que creará el nuevo bloque se hace de manera aleatoria, aunque quienes tengan mayor capital como seguro tendrán más posibilidades de ser elegidos [5].

3. Campos de Implementación

La tecnología Blockchain es novedosa y tiene una amplia variedad de usos en la actualidad. Su característica más notable, la ausencia de terceros en cuanto ocurren transacciones de cualquier tipo, permite que sea aplicada en diferentes campos como:

- Criptomonedas: son “Monedas electrónicas [...] basadas en la tecnología Blockchain” [6]. Permiten la transacción de dinero sin la intervención del gobierno y los diferentes bancos. A partir de ellas, hay una influencia en el e-commerce, que permite un intercambio en cierta forma más directo sin necesidad de que plataformas como MercadoLibre o Amazon acrediten la transacción. Sin embargo, esto también facilita la venta de objetos ilícitos en algunos casos [6]. Tomando como ejemplo el Bitcoin, la emisión de la criptomoneda está predeterminada y es constante: se emite una nueva moneda cada vez que se mina un

bloque [7]. En Argentina existen Ripio y Bitex, empresas que permiten a sus clientes mantener una billetera digital para llevar a cabo transacciones de bitcoins cotizadas en pesos argentinos. A su vez, la empresa Wayniloans ofrece servicios de préstamos extrabancarios basados en las criptomonedas. Así, Ripio, Bitex y Wayniloans constituyen gran parte de la escena nacional de uso de Blockchain en el ámbito de las criptomonedas [8].

- Uso dentro de sistemas bancarios: la red de Blockchain permite un ahorro en documentación, incrementando a su vez la fiabilidad de los procesos financieros. Así, se facilita la gestión de los bancos. Un sistema financiero complementamente funcional basado en Blockchain imposibilita cualquier tipo de manipulación a transacciones bancarias ya concretadas [9]. Sin embargo, la banca no es la única autoridad financiera dentro del marco del Blockchain, pudiendo existir empresas privadas que tomen parte de actividades bancarias en torno a criptomonedas. Por estos motivos, entidades bancarias como BBVA o Banco Santander comienzan a aplicar sistemas basados en Blockchain para mejorar sus servicios y mantenerse actualizados en el mercado financiero. Por su parte, BBVA ya ha presentado su primera transacción incorporando el sistema Blockchain, que tarda 7 días menos de lo normal. Por otro lado, Banco Santander ha decidido desarrollar

una aplicación para smartphones con el fin de ejecutar pagos con mayor transparencia y velocidad, la cual funcionará como un monedero digital [10].

- Contratos inteligentes: los smart contracts (o, en castellano, contratos inteligentes) son protocolos informáticos que permiten verificar los firmantes de un contrato y llevarlo a cabo automáticamente [7]. Gracias a la cadena de bloques es posible su implementación en la actualidad. Dentro de las principales ventajas que provee el uso de smart contracts se encuentra la facilidad de gestión de estos contratos, ya que no requieren la intervención de terceros como

notarios para verificar la validez de los mismos. Por otro lado, al igual que pasa con las transacciones monetarias, estos contratos no son susceptibles a modificaciones luego de haber sido llevados a cabo. Además, los contratos inteligentes cuentan con total transparencia para los firmantes en todo momento, lo que aumenta aún más la seguridad que éstos proveen [11]. Sin embargo, al ser protocolos informáticos su implementación no es igual de fácil que la de un contrato clásico. El caso más conocido en la actualidad de smart contracts es el de Ethereum, que además funciona como una de las más importantes criptomonedas [7]. Si bien actualmente su principal su uso se encuentra en el marco de las operaciones financieras, los contratos inteligentes pueden ser aplicados a todo tipo de operaciones como las de las agencias de seguros y los testamentos de fallecimiento, o bien podrían formar parte del sistema judicial con el fin de acelerar sus tareas [9].

- Almacenamiento en la nube: al conformar una red descentralizada, el Blockchain puede usarse para almacenar de forma segura y menos susceptible a ataques informáticos que los servicios de almacenamiento utilizados actualmente. Storj y Sia son ejemplos de plataformas de almacenamiento basadas en tecnología Blockchain. Las mismas permiten guardar información sin censura y sin casi ningún riesgo al no requerir de un agente o entidad que controle todos los datos en un servidor cerrado. Evidentemente, los usuarios de la red Blockchain cuyas máquinas sean utilizadas para el almacenamiento de estas plataformas no podrán acceder a esta información ya que no les pertenece [9].

- Navegar en la web: al igual que en los demás usos de la tecnología, se busca mayor seguridad y transparencia al utilizar determinados servicios. En el caso de la navegación web, principalmente el uso de la cadena de bloques permite una navegación sin anuncios (como es el caso del navegador Brave) y más segura al utilizar aplicaciones web que ya se

encuentran en la red descentralizada (como lo hace Blockstack) [10]. Blockstack, además, hace que todos los usuarios seamos los dueños de la navegación y de todo lo que realizamos o vemos en dicha web [9].

- Registro y seguimiento de la información: todo tipo de registro puede ser implementado en una red de Blockchain, como lo son algunos registros médicos y académicos. Por ejemplo, registrar la historia clínica de las personas en la cadena de bloques imposibilita que ésta se pierda. Lo mismo sucede con las donaciones. Si el usuario que realiza una donación no puede corroborar el

destino de la misma, es posible que directamente no la realice. Con plataformas como Alice, ésto es posible [9].

- Educación: en el ámbito de la educación, Blockchain tiene diferentes usos, pero mantener los registros académicos es uno fundamental. Un caso de uso real es el de la Universidad de Oxford, la cual ha desarrollado en torno a Blockchain un sistema que registra todo lo que se haga en sus ordenadores [9].

4. Eficiencia y Eficacia de la Tecnología Blockchain

Uno de los principales retos para la implementación del Blockchain a escala global es la transición desde modelos de información centralizados a los descentralizados [12]. Dicho cambio no será sencillo ni rápido pues esta tecnología todavía tiene muchísimo por mejorar. Aún así, demuestra tener un increíble grado de seguridad y eficiencia, en cuanto a resistencia a ataques informáticos, costos y tiempo de aplicación se refiere. Si bien ya hay muchas empresas y entidades involucrándose en el desarrollo de la tecnología, es importante que se siga trabajando en su evolución para perfeccionarla y aprovechar al máximo las ventajas que trae Blockchain. A nivel social, el impacto de la cadena de bloques puede que se note a primera vista con las criptomonedas, que si bien ya son algo que se conoce y utiliza hoy en día, aún no son

una realidad en la vida de la mayoría [12]. Para que la utilización de Blockchain sea factible es necesario que participen en la red muchos usuarios, incluyendo empresas, entidades estatales y la población en general. Autenticar la contribución de la gente es para lo que Blockchain es bueno, y cuanto más gente haya más auténtica y a prueba de fallos será la cadena de bloques [12].

Conclusión

A pesar de ser una tecnología relativamente nueva, el futuro que depara al Blockchain es muy prometedor. Una de sus tantas posibilidades recae en el uso que pueden darle las empresas a la hora de mejorar sus operaciones en cuanto a rapidez, efectividad, seguridad y en materia económica. Tampoco debe descartarse la viabilidad de su utilización en redes para el pago de manera digital de distintos tipos de servicios y garantizando una mayor seguridad en las operaciones, al evitar la intromisión de terceros en las transferencias. Si bien ya existen casos de uso dentro de este marco, aún no han sido perfeccionados. Además, se prevé que las redes basadas en Blockchain podrán tomar lugar en sectores gubernamentales, para una mayor eficacia y velocidad de la gestión pública.

En definitiva, Blockchain es una tecnología emergente que podría revolucionar muchos aspectos de nuestras vidas dentro del marco digital y electrónico, siempre y cuando sea implementada correctamente.

Como futuras líneas de trabajo se propone analizar la viabilidad y los efectos que tendría la aplicación de una plataforma de Blockchain en torno a las operaciones gubernamentales con el fin de lograr mayor transparencia.

Referencias

[1] Benjamín Yahari Navarro. Blockchain y sus aplicaciones. Universidad católica Nuestra señora de la Asunción; Asunción, Paraguay. Disponible en: <https://bit.ly/2rc0iZ9>. Fecha de último acceso: 25/08/2018

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[2] Alejandro Pareja; Mari Pedak; Carlos Gómez; Alejandro Barros. La gestión de la identidad y su impacto en la economía global. Banco Interamericano de Desarrollo. Agosto 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2FA4F4p>. Fecha de último acceso: 25/08/2018

[3] Bettina Warburg. Cómo la cadena de bloques transformará radicalmente la economía. TEDSummit. Junio 2016. Disponible en: <https://bit.ly/2ku17c2>. Fecha de último acceso: 05/06/2018

[4] BlockGeeks INC. What Is Hashing? Under The Hood Of Blockchain. Agosto 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2N1urCM>. Fecha de último acceso: 22/08/2018

[5] Xavier Decuyper. Youtube: Simply Explained-Savjee. Proof-of-Stake (vs proof-of-work). Marzo 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2M2Ctfb>. Fecha de último acceso: 22/08/2018

[6] Cavello Serna, Max Alejandro; Coronel Salazar, Andy Williams; Terrones Alcántara, Richard Jim. Las Criptomonedas: Una estrategia de inversión. Tesis presentada en satisfacción parcial de los requerimientos para obtener el grado de Maestro en Finanzas. 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2KHKCIS>. Fecha de último acceso: 25/08/2018

[7] Carlos Dolader Retamal, Joan Del Roig, José Luís Muñoz Tapia. La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. Universitat Politècnica de Catalunya. 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2uam7cU>. Fecha de último acceso: 29/08/2018

[8] Hernán Murúa. Los argentinos que ya están en el Blockchain. Clarín, Revista PYMES. Marzo 2018. Disponible en: <https://clar.in/2KaBZT9>. Fecha de último acceso: 25/08/2018

[9] Benito López Rodríguez. Estudio de tecnologías Bitcoin y Blockchain. Universitat Oberta de Catalunya. Junio 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2NEaVh2>. Fecha de último acceso: 02/09/2018

[10] CriptoTendencia. ¿Qué empresas están adoptando la tecnología blockchain?. Febrero 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2y3J0Dp>. Fecha de último acceso: 20/07/2018

[11] Anastasiia Zemlianskaia. Tecnología Blockchain como palanca de cambio en el sector financiero y bancario. Universidad de Sevilla. Junio 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2L0iBZ4>. Fecha de último acceso: 29/08/2018 [12] Tom Nolle. Tips para implementar una estrategia de seguridad móvil con blockchain. Septiembre 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2LL20Zt>. Fecha de último acceso: 29/08/2018

Datos de contacto

Franco Benini, fbeninifranco@gmail.com
Melany Holwager, malaholwager@gmail.com
Mariano Pessina, mapessina@gmail.com
Joaquín Ramundo, joaquinramundo@gmail.com
Tomas Serratti, tomy.serratti@gmail.com
Micaela Varas Bauzada, mvarasbauzada@gmail.com

Riesgos del almacenamiento de datos en una Nube informática

Gómez, Micaela,
Massacaro, Lucas,
Suckewer Tobías

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Argentina.

Abstract

Los servicios y productos de almacenamiento de datos en la Nube permiten a los usuarios guardar y compartir documentos y archivos desde un dispositivo conectado a Internet. Existen diferentes amenazas tales como violación y pérdida de datos que ponen en peligro la seguridad de la información almacenada en la Nube. El presente trabajo analiza dichos riesgos y complicaciones existentes en las arquitecturas y servicios de Cloud Computing. Paralelamente, se definen los principales requisitos de seguridad que deben cumplir los productos que dan acceso al servicio de almacenamiento en la Nube, que tienen como fin reducir el impacto de determinados ataques.

Palabras Claves

Cloud Computing, Almacenamiento de datos, seguridad, riesgos.

Introducción

En la actualidad, una de las tendencias dentro del mercado de los sistemas de información es la proliferación de los servicios operando en la Nube. Éstos son servicios que permiten la asignación dinámica de recursos en función de necesidades de los clientes que aportan una reducción de costos en infraestructuras considerable [1].

El NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías) define Cloud Computing (Computación en la Nube) como un modelo para hacer posible el acceso a la red adecuado de un conjunto de recursos de computación configurables y compartidos cuyo aprovisionamiento y liberación puede realizarse con rapidez y con un mínimo esfuerzo de gestión e interacción por parte del proveedor de Cloud [2].

Debido al gran crecimiento de las nuevas tecnologías y la gran cantidad de datos que se manejan en el mundo virtual, tanto las

personas como las organizaciones, recurren a gestionar archivos remotos mediante el uso de aplicaciones que almacenan datos en Internet [3].

Naturalmente, los riesgos ante cualquier posible situación anómala siempre existen. Al igual que Google falló con Gmail en una ocasión conocida, Amazon a mediados del 20 de julio de 2008 sufrió un apagón alrededor de 8 horas [4].

Sin embargo, los riesgos de almacenamiento en la Nube continúan estando presentes y no se limitan únicamente a los datos personales de los usuarios individuales. Por tal motivo, las empresas no están exentas a esta problemática, diversas sociedades guardan datos e informaciones de una gran relevancia en la Nube. Los espías y hackers informáticos pueden suponer un riesgo a la seguridad de estos datos confidenciales, a modo de intrusión e incluso divulgando información importante [5].

El mayor inconveniente con el que se topan las organizaciones a la hora de sustituir sus infraestructuras de red por servicios en la Nube es la seguridad, ya que los datos son administrados por el nuevo paradigma de servicios en la Nube [6]. A pesar de la existencia de cláusulas y leyes en los contratos de adquisición de los servicios ya se descubrieron casos en los que los proveedores de servicios proporcionan cierta información sobre sus clientes a terceros. Sin embargo, ninguna tecnología se encuentra libre de posibles complicaciones. Como las organizaciones están recurriendo cada vez más a la Computación en la Nube, los riesgos de almacenamiento asociados con el uso de esta son cada vez más claros, de los cuales el más importante es la seguridad [7].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es estudiar los riesgos de almacenamiento existentes en las arquitecturas y servicios de Cloud Computing. Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se brinda una introducción referida al concepto de Nube para luego poder abordar la complejidad de su funcionamiento, destacando la importancia de la seguridad de la información. En la sección 3, se explica el impacto de los riesgos de almacenamiento en la Nube sobre los agentes involucrados y además, se analizan los riesgos de almacenamiento existentes en las arquitecturas y servicios de Cloud Computing. En la sección 4, se evalúan los aspectos de seguridad del almacenamiento en la Nube. Por último, en la sección 5 se desarrollan las conclusiones y futuras líneas del trabajo.

2. La Nube(The Cloud Computing)

El NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías) define la Computación en la Nube como “un modelo para permitir el acceso por red, de forma ubicua, práctica y bajo demanda, a un conjunto compartido de recursos de computación configurables que pueden ser desplegados rápidamente con una mínima interacción con el proveedor del servicio.” [2].

Las características esenciales de Cloud Computing son [2]: en primer lugar, en el autoservicio a demanda los usuarios de los servicios en la Nube pueden ajustar su capacidad necesaria de forma unilateral sin la necesidad de requerir intervención humana por parte del proveedor del servicio. En segundo lugar, los servicios de la Nube deben realizarse a través de la red y mecanismos estándar, usando todo tipo de dispositivos. Desde el punto de vista del usuario, los recursos son ilimitados, pueden disponer de ellos en momento. En tercer lugar, los sistemas en la Nube controlan y

optimizan los recursos utilizados, además el uso de recursos puede ser controlado tanto para el proveedor como para el usuario del servicio. Incluye recursos físicos y virtuales, asignados según las demandas de los usuarios del servicio [2].

Los modelos de servicios definidos por el NIST pueden clasificarse principalmente según, por un lado, Infraestructura como Servicio que es un modelo de servicio en el cual al cliente se le ofrece tanto un medio de almacenamiento básico como una serie de capacidades de cómputo en la red. Todo ello haciendo uso de Sistemas Operativos virtualizados y servidores ubicados en la Nube a los que el usuario accede a través de la red [2]. Por ejemplo, Amazon Elastic Compute Cloud y Google Compute Engine [3]. Por otro lado, Plataforma como Servicio, donde el proveedor del servicio brinda una plataforma de procesamiento a sus usuarios para que puedan desplegar y ejecutar sus propios servicios sobre ésta. El usuario no administra ni controla la infraestructura, pero tiene el control sobre las aplicaciones instaladas y su configuración [2]. Por ejemplo, Google App Engine y Amazon AWS Elastic Beanstalk [3]. Por último, Software como Servicio, en el cual el usuario utiliza las aplicaciones que ofrece el proveedor del servicio en la nube a través de Internet. Estas aplicaciones son accesibles desde varios dispositivos, como puede ser un navegador web. El usuario no administra ni controla la infraestructura [2]. Por ejemplo, Google Drive, Google Maps y Yahoo [3].

3. Almacenamiento en la Nube

El almacenamiento de datos es uno de los principales servicios de la Nube y uno de los más populares hoy en día [8]. El uso de la tecnología de Cloud Computing, permite a sus proveedores suministrar el almacenamiento y almacenar cantidades masivas de datos de sus usuarios en redes de centros de datos distribuidos, siendo posible para el usuario final la localización exacta de su información, que puede estar

situada en cualquier lugar del planeta [9]. El almacenamiento en la Nube puede clasificarse según su modelo de despliegue de la siguiente forma [10]:

- **Almacenamiento en la Nube público**

El servicio de almacenamiento lo gestiona un proveedor de servicios en un modelo de Nube pública. Normalmente, estos servicios son contratados por los usuarios mediante el pago por uso de gigabyte almacenado y transferido, dependiendo del proveedor. Este tipo de almacenamiento, está diseñado para poder trabajar con cantidades masivas de usuarios, permitiendo el aislamiento de datos, acceso y seguridad por cada usuario. Uno de los problemas que presentan es su bajo rendimiento. Dentro de este modelo, puede incluirse el almacenamiento en la Nube personal o móvil. Ejemplos de proveedores de estos servicios son Google Drive, Dropbox y Apple iCloud [12].

- **Almacenamiento en la Nube privado**

El servicio de almacenamiento se provisiona, en un modelo de Nube privada, únicamente por y para una organización con recursos de almacenamiento propios, lo cual implica una mejora en cuanto a seguridad y privacidad de la información, con respecto al modelo público. Sin embargo, son más limitados, Por ejemplo, own Cloud [12].

- **Almacenamiento en la Nube híbrido**

El servicio de almacenamiento se provisiona mediante un modelo de Nube híbrida, donde los datos críticos pueden almacenarse en la Nube privada o instalaciones de la organización, mientras que el resto puede guardarse en la Nube pública. Sin embargo, para que pueda funcionar, deben cumplir con ciertos requisitos claves: comportarse como un almacenamiento homogéneo y contar con mecanismos que mantengan los datos más usados frecuentemente en la Nube privada, mientras mueve el resto hacia la Nube pública. Por ejemplo, un sistema de órdenes transaccionales con picos significativos de demanda, es un buen candidato a Nube híbrida [12].

4. Seguridad del almacenamiento en la Nube

Los servicios de almacenamiento en la Nube recogen y guardan información relevante de muchas fuentes distintas de todo el mundo, con lo que son un objetivo muy interesante para cualquier atacante [12]. Por otro lado, junto al avance de las tecnologías de almacenamiento en la Nube, aparecen nuevas vulnerabilidades y riesgos de seguridad [13] que pueden ser aprovechadas por los atacantes poniendo en riesgo los datos de sus usuarios. Por ejemplo, el principal de los riesgos deriva de la falta de control sobre los servidores que utilizan este tipo de servicios, Amazon y otras compañías padecieron un contratiempo cuando se vinieron abajo sus servidores debido a un rayo[33].

4.1 Riesgos de seguridad del almacenamiento en la Nube

En el presente apartado, se introducen algunos de los riesgos a los que se enfrentan los productos de almacenamiento en la Nube, descritas principalmente en el trabajo realizado por la Cloud Security Alliance (CSA) [14] así como en otros trabajos e informes de la ENISA en [15; 16] y del INCIBE de España en [13]. Los riesgos son:

- **Violación de datos**

Se define como la violación de la seguridad en la que se copian, transmiten, roban, destruyen, alteran o usan de forma no autorizada, datos sensibles o protegidos [17; 18]. Ejemplos recientes de violaciones de datos pueden ser: el ataque que se produjo contra la compañía Anthem en 2015, que permitió a los atacantes el acceso a datos de salud de millones de sus clientes norteamericanos [19].

- **Pérdida de datos**

Se define como la destrucción de la información, de forma intencionada o accidental [21]. También se considera pérdida de datos el caso en que un usuario pierde u olvida las claves con las que cifró su información antes de subirla a la Nube,

ya que posteriormente, no puede descifrar ni recuperar sus datos [21]. Es en [23; 21] en donde se presenta el ejemplo de un caso que se produjo en agosto de 2015 cuando una tormenta eléctrica tumbó un centro de datos de Google en Bélgica, lo que supuso la pérdida momentánea de datos para una parte de sus usuarios europeos. Posteriormente, los datos pudieron ser recuperados gracias a las copias que Google dispone en otros centros.

• Secuestro de cuenta o servicio

Un atacante mediante las credenciales de un usuario puede espiar sus actividades, violar sus datos, devolver información falsa, redirigir las peticiones a sitios maliciosos y usar la potencia de la Nube para lanzar nuevos ataques o almacenar información ilícita, entre otros [14; 22]. Un ejemplo se presenta en el ataque que se lanzó contra Ashley Madison en 2015, donde los atacantes fueron capaces de descifrar la contraseña de millones de cuentas de usuarios repartidos por todo el mundo [23]. Dado que muchas personas utilizan el mismo nombre de usuario y contraseña para la mayoría de sus cuentas, sólo es cuestión de tiempo que algunos atacantes empiecen a usarlas para secuestrar y acceder a cuentas y servicios de todo el planeta [14].

• Interfaces y APIs de gestión inseguras

Los proveedores de almacenamiento en la Nube exponen y proporcionan un conjunto de interfaces y API para los clientes [13]. Una mala implementación puede exponer un conjunto de vulnerabilidades, las cuales ponen en riesgo los datos almacenados por los diferentes clientes del servicio, dado que muchos procesos de seguridad se realizan a través de éstas. Por lo tanto, es importante que este conjunto de herramientas e interfaces se diseñen de forma segura, para minimizar los riesgos de seguridad [14].

• Personal interno malicioso

Se refiere al caso de un empleado, ex empleado, contratista u otro socio comercial, que tiene o ha tenido autorización para acceder a la red, los sistemas o los datos de una organización e intencionadamente abusa de sus privilegios

de acceso, afectando negativamente a la confidencialidad de la información [14]. Uno de los ejemplos más conocidos de personal interno malicioso para una organización es el caso Snowden, antiguo trabajador de la Central Intelligence Agency y la National Security Agency, en 2013 filtró documentos confidenciales, a importantes publicaciones anglosajonas [24].

• Fallos en la tecnología de compartición

Cualquier vulnerabilidad en los diferentes sistemas que gestionan la compartición de tecnología en la Nube, puede significar una violación o pérdida de los datos almacenados de sus usuarios [14; 16]. Por ejemplo, en 2012 un fallo en el hypervisor en la plataforma Xen, permitió a los atacantes obtener derechos de administración del sistema y así ejecutar código arbitrario o acceder a cualquier cuenta de usuario y sus datos [25].

• Software vulnerable

En la Nube, cualquier vulnerabilidad en el software puede suponer un gran impacto para la información almacenada en sus sistemas [26]. Un ejemplo de vulnerabilidad en el software la proporciona una actualización del cliente de Dropbox en 2011, la cual permitía acceder a una cuenta de Dropbox sin la necesidad de introducir una contraseña válida, lo que hacía posible que cualquiera pudiera entrar en la cuenta de otros usuarios y comprometer así sus datos almacenados [26].

• Cumplimiento de la legislación vigente

Los usuarios son responsables de la seguridad e integridad de sus datos [13], siendo por lo tanto responsables del cumplimiento de la legislación aplicable en materia de protección de datos. Debe tenerse en cuenta que el proveedor del servicio puede tener sus centros de datos repartidos por diferentes países, con lo que la jurisdicción de cada uno puede tener un impacto significativo a nivel de seguridad y privacidad de los datos [16]. Por ejemplo, en el caso de que un juez estadounidense dictamine requisar un disco duro con datos personales para su inspección, perteneciente

a un centro de datos de un proveedor de almacenamiento en la Nube, existen tratados internacionales para estos casos, como el Marco de Puerto Seguro entre la UE y EE.UU., que fue invalidado el 6 de octubre de 2015 por la Corte Europea de Justicia [28], amenazando con que las transmisiones de datos personales a proveedores localizados en EE.UU. puedan ser suspendidas en España y el resto de la UE en un futuro [27].

• Ataques a la red

Los servicios de almacenamiento en la Nube se consumen a través de Internet, por lo tanto, existe un riesgo importante de sufrir diferentes tipos de ataques, como pueden ser, el análisis de tráfico de red, modificación de datos en tránsito, etc. [28].

• Robo o pérdida de dispositivos

El dispositivo puede contener certificados digitales, gestores de claves, que aseguran el acceso a diferentes tipos de aplicaciones y servicios, entre ellos a los clientes de almacenamiento, que suelen estar conectados constantemente. Si cae en malas manos, significa que los datos pueden ser robados por un atacante [14]. Un ejemplo de robo con consecuencias para la privacidad de los datos ocurrió en 2014, cuando fue robado de su vehículo el ordenador de un empleado del centro Northwestern Memorial Health Care de EE.UU., que contenía datos confidenciales de casi tres mil usuarios y pacientes [26].

4.2 Aspectos de seguridad del almacenamiento en la Nube

En el presente apartado se describen los diferentes aspectos relevantes a tener en cuenta para su seguridad, dando como resultado una serie de requisitos destinados a mitigar el impacto de las amenazas sobre los datos de los usuarios, en términos de su confidencialidad, autenticación, integridad y disponibilidad. Estos aspectos son [11; 9]:

• Seguridad del transporte

En los servicios en la Nube, todas las comunicaciones se realizan a través de la red. Esto provoca que las comunicaciones

de los servicios en la Nube puedan ser objeto de ataques para conseguir, por ejemplo, el robo de credenciales de los usuarios y obtener o manipular el contenido de la información que se está transmitiendo. Para reducir el impacto sobre los datos de los usuarios, es necesario asegurar las comunicaciones en términos de autenticidad, confidencialidad e integridad. Por lo tanto, los requisitos de seguridad para el transporte de datos de los servicios de almacenamiento son [11; 9]: confidencialidad e integridad de las comunicaciones mediante el uso de sistemas y protocolos [30], autenticación del servidor mediante el uso de certificados digitales emitidos por autoridades de confianza, que permitan a las aplicaciones cliente verificar que realmente está conectado con el proveedor de servicio correcto [30].

• Registro y login de usuarios

Para que un usuario pueda trabajar con cualquier servicio de almacenamiento en la Nube, se requiere que éste complete un primer proceso de registro en los sistemas del proveedor. En los servicios gratuitos, es suficiente crear una cuenta de usuario, en la que se proporciona un mínimo de información. Una vez registrado, el usuario debe realizar un login, desde las aplicaciones cliente que utilice para poder trabajar con los servicios proporcionados por su proveedor. La importancia de estos procesos, registro y login, por la información que transmiten hace que sean susceptibles de ser atacados para, entre otros, intentar acceder al servicio en nombre de un usuario legítimo y así acceder a sus datos o denegarle el acceso mediante la modificación de sus credenciales [22].

• Disponibilidad, confidencialidad e integridad de datos en el proveedor

Uno de los propósitos del almacenamiento en la Nube es permitir a sus usuarios tener copias de sus datos fuera de sus instalaciones y que sean de fácil acceso. Normalmente, estos datos son valiosos para sus propietarios que confían a su proveedor para mantenerlos protegidos ante posibles

amenazas, las cuales pueden significar su violación o pérdida definitiva [21]. Para reducir el impacto de los posibles ataques contra los datos en las instalaciones del proveedor, debe tenerse en cuenta los siguientes requisitos de seguridad [19; 11]: cifrado de datos en el lado cliente, en este caso, las claves de cifrado deben estar controladas por los propios usuarios y ser desconocidas por el proveedor, mecanismos de control de acceso a los datos de los usuarios en el proveedor: establecer mecanismos que controlan los accesos de los usuarios. El proveedor debe definir una política de backups y de datos almacenados en sus instalaciones, que garanticen que los archivos que almacenen los usuarios estén libres de malware [23].

• **Compartición y acceso de datos**

Es uno de los principales requisitos existentes en la actualidad, tanto para usuarios particulares como para organizaciones que buscan mejorar su productividad y beneficios [28]. Sin embargo, la compartición de información en la Nube pone en riesgo la seguridad y privacidad de los datos de sus usuarios. Por ejemplo, en la compartición a través de enlaces cualquier persona que tenga acceso a un enlace, o pueda predecirlo de alguna forma, puede tener acceso a su información, a no ser que ésta se encuentre cifrada [31].

• **Múltiples dispositivos**

Existen múltiples dispositivos que permiten trabajar con servicios de almacenamiento en la Nube. Uno de los requisitos de los usuarios con más de un dispositivo es que sus datos estén permanentemente sincronizados entre todos ellos. Esto último implica que el usuario, cuando instala un nuevo cliente en un dispositivo, tiene que proporcionar sus credenciales para asociarlo a su cuenta. En estos casos, existe el riesgo de que un atacante sea capaz de conseguir las credenciales de un usuario conectado con un dispositivo móvil, por ejemplo, a una red WiFi abierta. Una vez obtenidas estas credenciales, está en disposición de poder violar la cuenta y datos de su usuario. Además, si un dispositivo cae en malas

manos y no está convenientemente protegido, el atacante puede tener acceso a sus datos, tanto los almacenados en la Nube a través de la aplicación cliente instalada en el dispositivo, como los descargados en el mismo.

• **Borrado de datos**

Una eliminación inadecuada de los datos puede ocasionar una violación de los mismos por parte de un atacante. Por lo tanto, los requisitos de seguridad para la compartición y acceso de datos, deben ser los siguientes [20]: los datos borrados han de ser completamente eliminados de todos los sistemas del proveedor del servicio, incluso de las copias de backup que pudieran existir, la eliminación de la información debe sincronizarse con todos los dispositivos del usuario, el espacio que ocupan los datos borrados debe ser sobrescrito para asegurar que no sean recuperado, no debe existir un período de retención de los datos sin el consentimiento del usuario.

• **Actualizaciones del software cliente**

Ejecutar versiones antiguas de una aplicación cliente implica estar expuestos a una serie de riesgos de seguridad, puesto que puede contener vulnerabilidades que son resueltas en una versión más moderna [21]. Para reducir este problema, es conveniente el cumplimiento de un chequeo regular y automático de la actualización del software de cliente [21].

• **Localización de los servidores de almacenamiento**

Al utilizar el servicio de almacenamiento en la Nube, no siempre se conoce de forma exacta de qué país pueden estar localizados los datos almacenados [14]. Este hecho, puede suponer una amenaza para el cumplimiento de las diferentes legislaciones. Por lo tanto, es necesario que: el proveedor del servicio proporcione información sobre la localización de sus centros de datos, en los que almacenará la información de sus usuarios y backups y el cliente pueda seleccionar la localización para almacenar sus datos [15].

• Legislación

Existen una serie de leyes Nacionales de cada país y tratados Internacionales que deben considerarse a la hora de seleccionar un proveedor de almacenamiento en la Nube.

5. Conclusiones

Uno de los principales servicios ofrecidos en la Nube es el almacenamiento de datos. Este servicio, que puede clasificarse en público, privado o híbrido, permite a sus proveedores proporcionar almacenamiento bajo demanda y almacenar ingentes cantidades de datos de sus usuarios.

Cloud Computing ofrece ventajas tales como la reducción del costo de almacenamiento inherente a los dispositivos tradicionales o el acceso a los datos desde cualquier dispositivo y lugar con conexión a Internet. Debido a toda la información que transmiten y almacenan los diferentes proveedores y usuarios, el almacenamiento en la Nube es un objetivo muy atractivo para los atacantes. Se enfrenta a multitud de riesgos en la seguridad de los datos de sus usuarios o la credibilidad del propio proveedor del servicio; siendo una de las principales barreras para la adopción del almacenamiento en la Nube. Paralelamente, se definen los principales requisitos de seguridad que deben cumplir los productos que dan acceso al servicio de almacenamiento en la Nube y que tienen como fin reducir el impacto de determinados ataques. Hoy en día, existen muchos productos que dan acceso al servicio de almacenamiento en la Nube, servicio ofrecido pública y, en parte, gratuitamente por diferentes proveedores. Al seleccionar el producto de un proveedor determinado, los usuarios deben poder decidir si se adapta a sus requisitos de seguridad antes de elegirlo definitivamente. Es decir, deben poder realizar un análisis de seguridad o consultar los realizados por terceros, sobre todo cuando los usuarios sean organizaciones; es complicado que los usuarios particulares sean capaces de realizar un análisis de seguridad. Los

usuarios de los servicios de almacenamiento en la Nube no deben estar tranquilos en ningún momento de como guardan y aseguran sus datos los diferentes proveedores. Una elección errónea del proveedor o producto, puede derivar en la violación de su privacidad, pérdida de datos, sanciones económicas si no se cumple la legislación vigente, etc. Finalmente, se demuestra que la seguridad empieza por el propio usuario, se recomienda que futuras investigaciones se centren en proporcionar herramientas que permitan a los usuarios analizar y seleccionar los productos que se adaptan a sus necesidades; dejando en claro que elegir Cloud Computing no es la mejor opción. Además, sería interesante abordar el tema desde el interior de una organización o empresa en particular que utilice los servicios de Almacenamiento en Nube, para dejar en claro cuáles son las herramientas o prevenciones que éstos utilizan para que la información de su compañía no esté en riesgo. Y por último, se plantearía el interrogante de ¿Qué se podrá hacer para convertir a Cloud Computing en un servicio de almacenamiento SEGURO?

Referencias

- [1]C. R. Primorac. (2015). Computación en Nube. (Último acceso en Noviembre 2015).
- [2]NIST, 2011, Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing (último acceso en Diciembre 2015).
- [3]Katherin Cruz Valencia. Historia Del Cloud Computing. La Paz. 2012 (último acceso en Agosto 2015).
- [4]Icade. Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales, enero-abril 2009. (Último acceso en Mayo 2016).
- [5]Technical Report, Electrical Engineering and Computer Sciences, Universidad de California (2009) (último acceso en Noviembre 2015).
- [6] Primorac. Computación en Nube. (último acceso en Noviembre 2015).
- [7]Aruquipa Mariela Jimena. Incertidumbres frente al Cloud Computing. La Paz. 2012 (último acceso en Noviembre 2015).
- [8] Esquema Nacional de Seguridad (ENS). Guía de Seguridad de las TIC. Utilización de Servicios en la Nube. Ministerio de la Presidencia, 2014. (último acceso en Noviembre 2016).
- [9] Jesús Díaz Vico. Seguridad en servicios de almacenamiento. Análisis de Dropbox y Mega.

Instituto Nacional de Ciber seguridad (INCIBE). Diciembre 2014. URL: <https://www.incibe.es> (último acceso en Diciembre 2015).

[10] Website de Tech Target. URL: <http://www.techtarget.com/> (último acceso en Diciembre 2015)

[11] Tom Leyden. A Beginner's Guide to Next Generation Object Storage, 2013. All rights reserved. URL: <http://www.ddn.com> (último acceso en Noviembre 2015).

[12] Yadex Support Disk. URL: <https://yandex.com/support/disk/> (último acceso en Diciembre 2015)

[13] Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación (INTECO). Riesgos y Amenazas en Cloud Computing. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Marzo 2011. URL: <http://www.inteco.es> (último acceso en Diciembre 2015)

[14] Cloud Security Alliance. The Notorious Nine. Cloud Computing Top Threats in 2013. Top Threats Working Group. February 2013. 2013 Cloud Security Alliance – All Rights Reserved. (último acceso en octubre 2015)

[15] Agencia Europea de Seguridad de las Redes y de la Información (ENISA). Computación en nube. Beneficios, riesgos y recomendaciones para la seguridad de la información. Noviembre 2009. URL: <http://www.enisa.europa.eu/> (último acceso en Diciembre 2015).

[16] Agencia Europea de Seguridad de las Redes y de la Información (ENISA). Cloud Security Guide for SMEs. Cloud computing security risks and opportunities for SMEs. Edición en inglés. Abril 2015. URL: <http://www.enisa.europa.eu/> (último acceso en Diciembre 2015).

[17] Data Breachim U.S. department of health and human services Administration for Children and Families. July 2015. URL: <http://www.acf.hhs.gov/> (último acceso en Diciembre 2016).

[18] ISO/IEC 27040:2015. Information technology - Security techniques -- Storage security. URL: <https://www.iso.org> (último acceso en Octubre 2015).

[19] Aaron Wheeler and Michael Winburn. Cloud Storage Security. A practical guide. Copyright 2015 Elsevier Inc. All rights reserved (último acceso en Diciembre 2015).

[20] CNN Money. Google loses data after lightning strikes. August 2015 URL: <http://money.cnn.com> (último acceso en Noviembre 2015).

[21] Google Compute Engine Incident. Google Compute Engine Persistent Disk issue in europe-west1-b. August 2015. URL: <https://status.cloud.google.com/> (último acceso en Noviembre 2015).

[22] MAGERIT – versión 3.0. Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de

Información. Dirección General de Modernización Administrativa, Procedimientos e Impulso de la Administración Electrónica. Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas. Octubre 2012. URL: <https://bit.ly/1bynjEv> (último acceso en abril 2016).

[23] ComputerWeekly.com. Ashley Madison data breach escalates with password encryption failure. URL: <https://bit.ly/2x89Wid> (último acceso en Diciembre 2015).

[24] Wikipedia. Edward Snowden. URL: <https://bit.ly/1fbliAM> (último acceso en agosto 2015).

[25] Mathew J. Schwartz. New Virtualization Vulnerability Allows Escape To Hypervisor Attacks. Dark Reading. InformationWeek. Mathew J. Schwartz. June 2012. URL: <http://www.darkreading.com/> (último acceso en Noviembre 2015).

[26] Paul Ducklin. Dropbox lets anyone log in as anyone - so check your files now! Naked Security. Sophos. June 2011. URL: <https://bit.ly/18xYQUU> (último acceso en Diciembre 2015).

[27] Agencia Española de Protección de Datos – AEPD. URL: <https://www.agpd.es> (último acceso en julio 2015).

[28]: Safe Harbor Framework. URL: <https://bit.ly/2Nzjrkb> (último acceso en septiembre 2016).

[29] Adam Greenberg. Northwestern Memorial HealthCare laptop stolen, patient data at risk. SC Magazine. December 2012. URL: <https://bit.ly/1kHZXoj> (último acceso en Noviembre 2016).

[30] Joshua Davies. Implementing SSL/TLS Using Cryptography and PKI. Copyright © 2011, Indianapolis, Indiana. (último acceso en Julio 2017).

[31] OWASP. Authentication Cheat Sheet. URL: <https://bit.ly/1Drghjd> (último acceso en Noviembre 2015).

[32] Amazon AWS. URL: <https://aws.amazon.com/> (último acceso en enero 2017).

[33] Andrés Galmés Hernández, Seguridad de las tecnologías de la información y comunicaciones, (Último acceso en Noviembre).

Datos de contacto:

Gómez, Micaela

Email: Gomezmicaela28@gmail.com

Masacaro, Lucas

Email: coloradolucas1998@gmail.com

Suckewer, Tobías

Email: tobiaspsp@hotmail.com

Análisis del impacto y funcionamiento de los Bots en las campañas políticas

**Mouriño, Martín; Garay, Ignacio; Puchol, Lautaro;
Cruz, Wilson; Battaglia, Lucas**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstract

Los Bots son algoritmos generados automáticamente, su función es imitar el comportamiento humano en las Redes Sociales e interactuar con humanos. Las campañas políticas utilizan Bots con el fin que su partido sea tema de conversación “Tendencia” en las Redes Sociales más importantes. En este contexto, el objetivo del presente estudio es brindar estadísticas del crecimiento de la actividad de Bots y comparar el uso de éstos entre candidatos de diferentes países. Se destaca que la utilización de Bots está creciendo cada vez más a nivel global y existe un notable aumento de la necesidad de uso de Bots como estrategia de los candidatos para sus campañas, intentando controlar la opinión de las personas.

Palabras Clave

Bot , Campañas Políticas , Redes Sociales

1. Introducción

Según [1], los Bots son algoritmos generados automáticamente. Su función es imitar el comportamiento humano en las Redes Sociales e interactuar con humanos. En la actualidad, para los usuarios de las Redes Sociales, los Bots son una fuente de posibles peligrosos ataques cibernéticos; y pueden traer consecuencias como la aparición de mensajes no deseados, la viralización de noticias tanto falsas como reales y la utilización de hashtags en Redes Sociales [1]. A su vez, es necesario tener en cuenta que estos algoritmos pueden controlar la opinión de las personas para lograr consenso o para modificar su opinión [2].

El impacto del uso de Bots (orientado a imitar el comportamiento humano), a nivel social, se encuentra estrechamente relacionado con el concepto de psicopolítica planteado por Byung-Chul

Han [3], que presenta la intervención de un nuevo poder inteligente, el cual se ajusta a los deseos y, en lugar de limitar las opiniones, estimula a comunicarlas. Este poder seduce, ya que es capaz de leer los pensamientos conscientes e inconscientes y prestarse a satisfacerlos. Así, nace una nueva forma de hacer política, llevada a cabo por diversos partidos políticos a nivel global a través de los Bots, una de sus principales herramientas [4].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo, realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada, es brindar estadísticas sobre el crecimiento de la actividad de los Bots y comparar los casos sobre su uso en la Argentina, Ecuador y Estados Unidos. En busca de cumplir los objetivos planteados, el artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se define qué es un Bot y se explica su funcionamiento junto con las diferentes clasificaciones de los Bots; en la sección 3, se evalúan las consecuencias de su uso, si logran cumplir su objetivo o no; en la sección 4, se listan los mecanismos utilizados para detectar un Bot; en la sección 5, se analizan los casos de Argentina, Ecuador y Estados Unidos, en la sección 6, se muestran los resultados del trabajo y, finalmente, en la sección 7, se precisan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Definición de un Bot

Un Bot Social se define como un Actor Social Automatizado (ASA), es decir, un programa diseñado con el

propósito de imitar el comportamiento de una persona dentro de las Redes Sociales [7]. El nivel de complejidad y los roles de un ASA pueden variar. Por ejemplo, un Bot Social brinda ayuda cuando funciona como un asistente de chat en las páginas web de empresas, o también, mediante un call center ante la consulta de un cliente, como ejemplo son el ANSES o la AFIP [1]. De la misma manera, puede tener malas intenciones, cuando esparcen información no verificada [8].

Según [9], los Bots Maliciosos pertenecen a la categoría de “Malware Lucrativo”, la cual busca en mayor parte el beneficio económico del atacante.

Para lograr que el usuario sea infectado (el usuario legítimo no es el único capaz de controlar ese ordenador) por un Bot existen infinidad de métodos, sobre todo usando la ingeniería social, los más efectivos y conocidos se basan en camuflar el código en un archivo potencialmente deseable por el usuario, y ponerlo a su alcance [10], ya sea colgándolo en la red, enviándolo por correo, etc.

A un conjunto de computadoras infectadas por estos Bots se lo llama Botnet [7]. Generalmente, se utilizan para el spam y ataques de Denegación de Servicios Distribuido (DoS), que consiste en hacer inaccesible el servicio o recurso a un usuario legítimo, entre otras actividades malignas.

Las características generales de las Redes Botnets son [11]:

- Todas las Redes Botnet incluyen ataques DoS (Denial of Service).
- El mecanismo de control es IRC (Internet Relay Chat), es un protocolo de comunicación en tiempo real basado en texto.
- Sus objetivos suelen ser equipos utilizados por usuarios inexpertos.
- Las Redes Botnet tienen mecanismos para evitar que éstas sean detectadas, uno de ellos es el

mecanismo de comunicación, que está hecho para parecer tráfico normal, y otro es el de control, que le permite al Bot actualizarse a sí mismo cuando se desee.

- Disponen de una reducida colección de exploits (secuencia de comandos) para infectar sistemas operativos por lo que, en su mayoría, suele atacar donde se conozcan sus vulnerabilidades, un claro ejemplo es el Sistema Operativo Microsoft Windows [11].

Desde el punto de vista legal, el sociólogo y criminólogo, además de escritor sobre el crimen y la desviación en Internet, Majid Yar [8] hace una clasificación de cuatro tipos de delitos informáticos provocados por los Bots:

- Acceso no legítimo.
- Robo.
- Pornografía.
- Violencia.

Una Botnet, al ser una red, opera y se construye como tal, su infraestructura se basa en las topologías de red. Las topologías que pueden existir en las Botnet [13] son como cualquier sistema en red, se establecen en función de sus servidores C&C. El servidor C&C (Servidor de Control y Comando) es un servidor que da órdenes a dispositivos infectados con malware y que recibe información de esos dispositivos [14].

Las topologías de Redes Botnet son [13]:

- En estrella, donde están organizados alrededor de un servidor central.
- De varios servidores, como la topología estrella, pero con diversos centros de control.
- Jerárquica, donde varios servidores C&C se organizan en grupos por niveles.
- Híbrida, una mezcla de algunas de las anteriores.

3. Consecuencias del uso de Bots

Una Botnet puede comerciar la información que obtiene, como datos de tarjetas, contraseñas, historiales, etc. [11] y lograr beneficios económicos para los atacantes. En caso de que el atacante falle en su intento, es muy difícil rastrear al atacante debido a que éste suele atacar a una víctima que se encuentra muy lejos para evitar ser rastreado, además, cada vez obtienen nuevos mecanismos para evitar su detección [11].

Si el atacante logra infectar a las víctimas, éstas pueden perder el control de sus equipos en casos extremos, sufrir robo de información, el atacante puede recopilar información, enviarle spam masivo, etc. [12].

La víctima tiene la oportunidad de prevenir otro ataque, [11] actualizando su Sistema Operativo y su antivirus, viendo las vulnerabilidades y averiguando cómo fortalecerlas. Es claro que el ataque de los Bots es generalmente imperceptible (sobre todo para los no experimentados), por lo cual se recomienda realizar frecuentemente estas acciones (actualización) para evitar ataques, un ejemplo es el Centro de Seguridad en el Panel de Control incluido en Windows [15].

4. Mecanismos para la detección de Bots

En un comienzo, los primeros Bots tenían un simple objetivo, publicar contenido automáticamente, debido a su simple tarea, su detección era sencilla [16]. James Caverlee implementó una trampa con la que logró detectar miles de bots sociales. La idea fue simple y efectiva: el equipo creó algunas cuentas de Twitter (Bots) cuyo papel fue únicamente crear tweets sin sentido con contenido difícil de comprender por la impropiedad de las frases o por la confusión de las ideas, en los que ningún humano estaría interesado alguna vez. Sin embargo, estas cuentas

atrajeron a muchos seguidores. La inspección adicional confirmó que los seguidores sospechosos eran Bots Sociales que trataban de hacer crecer sus círculos sociales siguiendo ciegamente las cuentas al azar [17]. Desde ese momento, a la actualidad, los Bots se complejizaron a grandes niveles, adaptando costumbres y acciones humanas, dificultando su detección. A partir de esta problemática, surgieron nuevos métodos de detección [1]:

- Detección de Bots basada en gráficos: a partir de este método, se busca analizar gráficos sociales para determinar interrelaciones entre diferentes cuentas. Un atacante inteligente puede falsificar la conectividad de las cuentas de Bots controladas para imitar las características de la estructura de la comunidad de la porción de la Red Social poblada por cuentas legítimas; esta estrategia haría invisible el ataque a los métodos que dependen exclusivamente de la detección de la comunidad [18].
- Detección de Bots basada en abastecimiento de multitudes: este método sugiere la detección por parte de los humanos. Utilizando datos de Facebook y Renren (una popular red social en línea china), los autores probaron la eficacia de los humanos, tanto anotadores expertos como trabajadores contratados en línea, para detectar cuentas de bot sociales simplemente a partir de la información en sus perfiles [1]. En un inicio, presentaba una tasa de errores cercana a 0, sin embargo, se observaban tres grandes inconvenientes [1]: en primer lugar, no es rentable su uso en grandes plataformas como Facebook o Twitter, debido a su gran cantidad de usuarios. Segundo, viola las normas de

privacidad de los usuarios. Por último, El análisis por anotadores manuales de las interacciones y el contenido producido por una Botnet Social siria activa en Twitter durante 35 semanas indica que algunos Bots Sociales avanzados ya no pretenden imitar el comportamiento humano, sino más bien dirigir erróneamente la atención a la información irrelevante [7].

- Detección basada en características: este método utiliza Bots para la detección de patrones de comportamiento, contando con un aprendizaje automático. A partir del constante cambio de conducta de los Bots, éstos, analizan y observan cuentas de usuarios reales para compararlas con cuentas sospechosas, un ejemplo de esto es Bot or Not [19], lanzado en 2014, que consta de un algoritmo que verifica la actividad de una cuenta de Twitter y le da una puntuación según la probabilidad de que la cuenta sea un bot y, en base a eso, los puntajes más altos son más parecidos a bots.
- Combinación de enfoques múltiples: los usuarios reales gastan comparativamente más tiempo y miran el contenido de otros usuarios (como fotos y videos), un ejemplo claro es la plataforma Facebook, mientras que las cuentas de Bots dedican su tiempo a recolectar perfiles y hacerse amigos de otras cuentas. Este procedimiento, analiza el comportamiento de unas cuentas legítimas ya reconocidas y crea un algoritmo con el que compara los últimos 100 clicks de cada cuenta. Tiene la particularidad de un enfoque de “Bot hasta que se demuestre lo contrario” que es lo opuesto a las estrategias anteriores [20].

5. Bots en la actualidad: casos en las elecciones de Argentina, Ecuador y Estados Unidos

En esta sección se detalla la influencia que han tenido los bots en las elecciones presidenciales de distintos países, particularmente Argentina, Ecuador y Estados. El objetivo es poder establecer cómo se utilizan las distintas técnicas y métodos que implementan los mecanismos de Bots aplicados a casos concretos. Para esto, dividimos esta sección en 3 subsecciones: en la 5.1, se analizan los casos de uso de Bots en las elecciones argentinas, en la 5.2, se investiga el uso de éstos en Ecuador y, por último, en la 5.3, se analiza el uso en Estados Unidos.

5.1. Influencia de los Bots en las elecciones argentinas

En esta subsección se analiza la problemática que surge en Argentina en el año 2015, previo a las elecciones presidenciales, debido al uso de distintos mecanismos que incluyen la utilización de Bots.

La polémica por el uso de estos mecanismos comienza cuando el candidato a presidente Daniel Scioli acusó al partido político argentino “cambiamos”, liderado por el candidato Mauricio Macri, de estar ejecutando una campaña política abusiva a través del uso de 50.000 cuentas falsas en la Red Social Twitter [3]. Sin embargo, existe evidencia que ambos partidos políticos han utilizado Bots para la promoción de sus respectivas campañas en esta Red Social, con el objetivo de maximizar la difusión de sus candidaturas y crear una imagen de una popularidad mayor de lo que realmente es [3]. Los políticos argentinos perciben a Twitter como un punto clave a la hora del debate político, ya que un total de 4.8 millones de argentinos (aproximadamente el 10% de la población) visitan esta red social todos los meses [3]. A su vez, el uso de estas redes

atrae a un amplio rango de edad, principalmente entre los 18 y 29 años.

El método utilizado por ambos partidos fue la implementación y montaje de distintos tipos de hashtags. La campaña de Scioli movilizada a través del #ScioliPresidente y la de Macri principalmente con #Cambiemos, antes de cambiar a #MejorScioli, #MacriPresidente y #YoCambio. En este caso particular, los Bots que utilizan hashtags tienen 3 funciones principales [3]: la primera consta en crear cuentas falsas que son operadas automáticamente a través de distintos programas informáticos para darles el uso deseado. La segunda, consiste en incrementar lo que se conoce como capital social [21]. El capital social es un recurso presente en las relaciones sociales, que le permite a los sujetos alcanzar sus objetivos o intereses. Por último, se utiliza este método para ampliar el alcance del hashtag.

5.2. Influencia de los Bots en las elecciones en Ecuador

En esta subsección se analiza el caso de las elecciones realizadas en Ecuador en el año 2017, la cual enfrentó a dos partidos políticos que se afianzaban como los principales candidatos. El uso de Bots se dio por parte de ambos partidos con diferentes estrategias llevadas a cabo.

El uso de los Bots en Ecuador comenzó a darse a partir del año 2012 y se afianza finalmente en el año 2013, año de las elecciones presidenciales previas a las analizadas. El caso particular se dio en 2017, con el surgimiento de una guerra informática a través de Twitter, la cual tiene como protagonistas a dos polos opuestos. Por un lado, el partido del gobierno que buscaba la reelección, cuyos principales candidatos eran Lenin Moreno y Jorge Glas. Por el otro, el principal partido opositor tenía como principales candidatos a Guillermo Lasso y Andrés Páez. Es importante destacar la

importancia de Twitter en Ecuador ya que, al igual que en Argentina, el 10% de la población utiliza esta red social, lo que equivale a 1,2 millones de habitantes. Lo que varía en el país ecuatoriano respecto a Argentina, es el rango etario de usuarios, el cual está situado entre los 16 y los 44 años [2]. Los hashtags utilizados por los Bots ecuatorianos eran principalmente, un ataque directo a los candidatos presidente y vicepresidente del partido opositor.

Las etiquetas que se posicionaron en los trending topics de Ecuador durante el periodo electoral fueron #LassoFalso, #LassoPrivatizador, #LassoEsMacri, #Páez Delincuente, #LeninSeAhuevo, #LassoDevuelveLaPlata, #LassoDeclaraTusBienesOffshore, #LassoEsOffshore, #LeninEsViolencia y #PrimoLeaks [2].

El posicionamiento de las etiquetas contra los candidatos Lasso-Páez se dan con la actividad de redes densas en las cuales se interconectaban usuarios reales con Bots. En cambio, en las etiquetas contra Lenin Moreno se observa desconexión entre la actividad de activistas pro-Lasso y sus Bots.

La mayoría de las cuentas falsas no fueron creadas para esta campaña, sino que ya existían con otros propósitos, generalmente con una estrecha relación con cuentas utilizadas para las elecciones presidenciales argentinas. Sin embargo, estas cuentas de Bots internacionales estuvieron presentes como táctica por ambos bandos, como se denota en el hashtag #LassoEsMacri [2].

5.3. Elecciones en Estados Unidos

En esta subsección se analiza el caso de las elecciones realizadas en Estados Unidos en el año 2016, que enfrentó al Partido Republicano y al Partido Demócrata.

En Estados Unidos, el uso de Bots en debates políticos en Twitter aumentó del 23% al 27% desde el primer debate presidencial en 2015 hacia fines de la

elección en 2016 [21]. Las elecciones norteamericanas poseen únicamente dos partidos políticos, que presentaban a Donald Trump por parte de los republicanos, y a Hillary Clinton por parte de los demócratas. A través de muestreo y análisis se llegó a la conclusión que, durante el primer debate presidencial, cada 1 tweet generado por un Bot que apoyaba a Hillary Clinton, 4 tweets eran generados a favor de Trump [22]. Esta diferencia se acrecentó aún más al llegar al período de elecciones, donde un Tweet para Hillary equivalía a 5 para el candidato republicano.

Las cuentas falsas utilizaron los hashtags combinados con otros recursos para lograr estos objetivos. Estos recursos involucraban tweets que tenían un link a noticias verdaderas o falsas que incluían el hashtag, citas a tweets que contenían mensajes y opiniones donde se utilizaban estos hashtags, entre otras cosas [23].

6. Resultados

Teniendo en cuenta el análisis de los casos en los distintos países, se realiza una comparación entre ellos.

En el caso de Argentina, se observa que el uso de Bots es bastante significativo por parte de ambas campañas presidenciales, representando un alto porcentaje de actividad de Bots. A su vez, se logra ampliar el alcance de los hashtags, lo que permite una mayor implicación de cuentas reales, como podemos observar en la fig. 1. es fundamental relacionar el caso argentino con el ecuatoriano, ya que, como fue mencionado en el desarrollo, los políticos ecuatorianos utilizaron cuentas falsas utilizadas en las elecciones argentinas, lo que denota que el fenómeno de los Bots en la actualidad está avanzando cada vez más a nivel global y que las estrategias para su uso se vuelven cada vez más sofisticadas. Tal es así que, una de las principales potencias del mundo como lo es Estados Unidos, sufrió las consecuencias directas del uso de bots para

la manipulación social. En la fig. 2 y la fig. 3 queda explícitamente detallado la importancia de los bots en las elecciones norteamericanas, los cuales generaron del 20% al 25% del tráfico de tweets referidos al debate presidencial, siendo a su vez grandes influencias a la hora de establecer sobre qué temas se hablaron en las Redes Sociales.

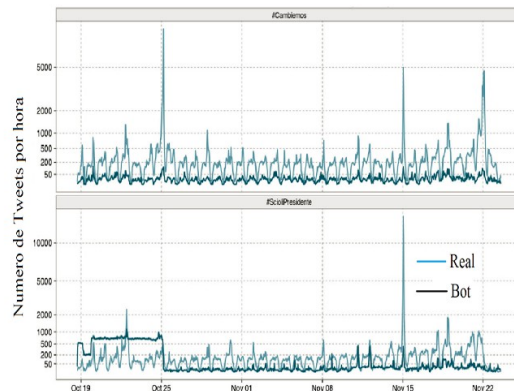


Fig 1. Distribución del uso de hashtags por cuentas reales y falsas

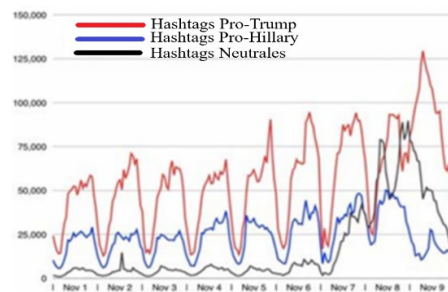


Fig 2. Tráfico en Twitter por hora por candidato

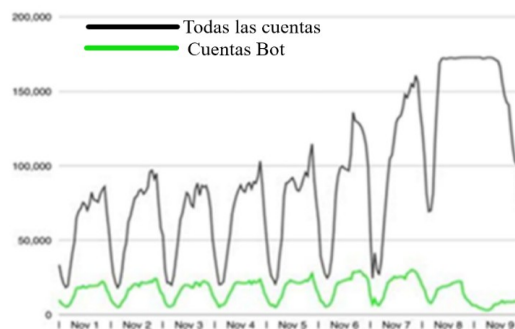


Fig 3. Tráfico en Twitter por hora cerca de las elecciones por nivel de automatización

7. Conclusiones

En el presente trabajo se presentan las principales formas de captar votos de los ciudadanos a través de los Bots y con explicación detallada de cómo detectarlos y no caer en la trampa de los “falsos seguidores”. Sumado a esto, se demuestra en qué medida los Bots son utilizados en las campañas políticas con el fin de captar dichos votos. Se debe tener en cuenta que la tecnología de los Bots va evolucionando, por lo que estos métodos de detección pueden quedar obsoletos en un futuro, por lo que es recomendable el énfasis en esto último y ampliarlo a futuro.

Como futuras líneas de trabajo se pretende investigar el grado de influencia que tienen los Bots sobre las personas y, además, proponer nuevas soluciones de detección de Bots más eficiente.

Referencias

- [1] FERRARA, E. y otros. The Rise of Social Bots. *Communications of the ACM* [en línea]. 2016, julio, Vol. 59, (7). 96-104. [fecha de consulta 31 de agosto 2018]. DOI 10.1145/2818717. Disponible en: <https://bit.ly/2Flm80r>.
- [2] PUYOSA, I. *Bots políticos en Twitter en la campaña presidencial #Ecuador2017*. [en línea]. 2017 [fecha de consulta 31 de agosto 2018] ISSN 1993-4904. Disponible en: <https://bit.ly/2Fk10I9>.
- [3] FILER, TANYA y FREDHEIM, ROLF. *Popular with the Robots: Accusation and Automation in the Argentine Presidential Elections*, 2015. [en línea] 2016, julio. [fecha de consulta 1 de septiembre 2018] DOI 10.1007/s10767-016-9233-7. Disponible en: <https://bit.ly/2tAKsYc>.
- [4] AIELLO, L. C. y otros. People Are Strange When You're a Stranger: Impact and Influence of Bots on Social Networks. *Proceedings of the Sixth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*. 2012. [fecha de consulta 28 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2jPezXC>.
- [5] HAN, B. C. *La sociedad del cansancio*. 2ª ed. Barcelona: Herder, 2017. ISBN 9788425428685.
- [6] VÁSQUEZ ROCCA, A. Byung-Chul Han: La sociedad de la transparencia, autoexplotación neoliberal y psicopolítica. De los viral-immunológico a lo neuronal-estresante. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*. [En línea]. 2017. Vol. 52, (4). [Fecha de consulta 20 de agosto 2018] DOI 10.5209/Disponible en: <https://bit.ly/2KpaO6h>
- [7] YOO, D. y otros. Dissecting a social botnet: Growth, content, and influence in Twitter. *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing*. 2015. [fecha de consulta 30 de agosto 2018]. DOI 10.1145/2675133.2675208.
- [8] LÓPEZ EXPÓSITO, J. *Tipos De ataques y software malicioso. Herramientas Preventivas y paliativas. Sistemas de gestión de la seguridad de la información*. [en línea]. Trabajo de Fin de Master. Universidad de Jaén, 2015. [fecha de consulta 19 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Ic6Nkg>.
- [9] FUNDACIÓN MAPFRE, FÉLIX BENITO. *II Congreso sobre las Nuevas Tecnologías y sus repercusiones en el seguro: Internet, Biotecnología y Nanotecnología* [en línea]. Barcelona, 2011. [fecha de consulta 21 de agosto 2018]. ISBN: 978-84-923073-9-5. Disponible en: <https://bit.ly/2lrfiug>.
- [10] ARAUZO ALMIRÓN, V. *Botnet* [en línea]. Trabajo de Fin de Carrera. Escuela Universitaria Politécnica de Mataró, 2009. [fecha de consulta 20 de agosto de 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2NHID4C>.
- [11] CASTILLO, C. *Sexy View: El inicio de las Botnets para dispositivos móviles*. [en línea]. Universidad Javeriana de la ciudad de Bogotá, Colombia, 2009. [fecha de consulta 1 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KglNTv>.
- [12] BORGHELLO, C. *Botnets, redes organizadas para el crimen* [en línea]. ESET Latinoamérica, 27 de febrero del 2007. [fecha de consulta 31 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JYnyW1>.
- [13] CALVO O., GUILLERMO. *Botnets: La amenaza fantasma* [en línea]. Trabajo de Fin de Máster. Universidad Abierta de Cataluña, 2018. [fecha de consulta 2 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MdYYgs>.
- [14] ERQUIAGA, M. J. *Botnets: mecanismos de control y de propagación*. [en línea]. XVII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 2011. [fecha de consulta 20 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PZm5y6>.
- [15] TALAVÁN, G. *PC, cómo usarla en forma segura*. 1ª ed. Buenos Aires, 2006. ISBN 950-768-306-2.
- [16] BOSHMAF, Y. y otros. Principales desafíos en la defensa contra los ataques sociales maliciosos. *En Actas de la 5ª Conferencia USENIX sobre Explotaciones a gran escala y amenazas emergentes*. vol. 12, 2012.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[17] LEE, K., EOFF, BD. y CAVERLEE, J. Siete meses con los demonios: un estudio a largo plazo de los contaminadores de contenido en Twitter. *En Actas de la 5ª Conferencia Internacional AAAI sobre Weblogs y Social Media*, 2011. 185-192.

[18] VISWANATH, B. y otros. *Un análisis de defensas de sílabas basadas en redes sociales*. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review* 41, 4, 2011. 363-374.

[19] RATKIEWICZ, J. y otros. Mapeo de la propagación de astroturf en secuencias de microblog. *En Actas de la 20ª Conferencia Internacional en la World Wide Web*, 2011. 249-252.

[20] YANG, Z. y otros. Descubrimiento de las sibilas de las redes sociales en la naturaleza. *ACM Trans. Knowledge Discovery de Data* 8, 1, 2014. 2.

[21] FREYRE, M. L. *El capital social. Alcances teóricos y su aplicación empírica en el análisis de políticas públicas*. Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

[fecha de consulta 31 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2K6kD9K>.

[22] BENICE, K; PHILIP N. HORWARD; SAMUEL C. WOOLLEY. *Bots and automation*

over Twitter during the U.S election. Universidad de Oxford. Universidad de Washington. Universidad de Corvinus. [fecha de consulta 1 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KlgHSA>.

[23] PUJANTE MESEGUER, J. A. *La realidad en un #hashtag*. Profesor autónomo. Facultad de Turismo, Universidad de Murcia.

[fecha de consulta 1 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rLtgzd>.

Datos de Contacto: (Times New Roman, 10, negrita)

Martín Mouriño. Universidad Tecnológica Nacional. 1082. vicdamartin@gmail.com.

Ignacio Garay. Universidad Tecnológica Nacional. 1406. garaynacho12@gmail.com.

Lautaro Puchol. Universidad Tecnológica Nacional. 1834. lautipuchol@gmail.com.

Lucas Battaglia. Universidad Tecnológica Nacional. 1852.

lucassebastianbattaglia@gmail.com.

Wilson Cruz. Universidad Tecnológica Nacional. 1712. davidwilsoncruzcr7@hotmail.com.

Impacto del uso de la telefonía móvil en la población

Rodríguez Cary, Hernán; Conde, Nicolás; Del Burgo, María Abril;
Gagliardi, Diego; Coen, Ezequiel; Brama, Uriel

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El teléfono móvil tiene utilización en el área educativa, control de enfermedades y posee un papel fundamental en la comunicación, aparte de que rompe con los límites de tiempo y espacio en cuanto a accesibilidad. A pesar de ello, el uso del celular trae aparejados efectos negativos, como por ejemplo problemas cervicales y de columna, que pueden provocar complicaciones físicas a largo plazo. En este contexto, el objetivo del presente artículo es analizar los efectos positivos y negativos que acarrea la utilización del teléfono móvil en la población mediante el estudio y comparación de diferentes porcentajes.

Palabras Clave

Teléfono móvil, Impacto, Educación, Salud, Comunicación.

Introducción

“La comunicación entre seres humanos, que desde hace miles de años es un factor vital en el desarrollo de culturas, saberes y relaciones sociales, ha experimentado grandes cambios en el último siglo, a medida que las relaciones humanas son intermediadas por la tecnología” [1]. Esta última se desarrolla de manera exponencial en los últimos años, y la evolución del teléfono móvil es prueba de ello [2]. Es indudable el beneficio que la telefonía celular tiene en diferentes áreas [1], ésto se evidencia en la rápida comunicación, el acceso a Internet, ubicación y orientación, m-learning, en áreas educativas [3], de salud y hasta en la vida cotidiana.

Aunque los teléfonos móviles demuestran ser herramientas beneficiosas para distintas actividades, poseen aspectos negativos que repercuten de manera tanto directa como indirecta en los usuarios [4]. La alteración del sueño y el aumento en los niveles de estrés [5] son ejemplos de esta problemática. En este contexto, el objetivo del trabajo práctico (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada), es realizar un análisis sobre los efectos positivos y negativos que conlleva el uso del teléfono móvil en la población. Para cumplir con dicho objetivo, el presente trabajo consta de 5 secciones estructuradas de la siguiente manera: en la sección 2, se describen las características del teléfono móvil; en la sección 3 se analizan los porcentajes de uso del teléfono móvil a nivel global; en la sección 4 se detallan los efectos positivos del uso del celular y, en la sección 5, se especifican los efectos negativos. Por último, en la sección 6 se detallan los resultados, y en la sección 7 las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Características del teléfono móvil

El *teléfono móvil* o *celular* es “un dispositivo electrónico de comunicación, normalmente de diseño reducido [...] y se basa en la tecnología de ondas de radio (es decir, transmite por radiofrecuencia), que tiene la misma funcionalidad que cualquier teléfono de línea fija. Su rasgo

característico principal es que se trata de un dispositivo portátil, táctil e inalámbrico, esto es, que la realización de llamadas no es dependiente de ningún terminal fijo y que no requiere de ningún tipo de cableado para llevar a cabo la conexión a la red telefónica” [6]. Además de realizar llamadas como un teléfono convencional, un celular moderno permite llevar a cabo acciones propias de una PDA (Personal Digital Assistant o Asistente digital personal), e incluye además, características cercanas a las de una computadora personal. Es por ello que estos teléfonos móviles se los conoce como *smartphones* (teléfonos inteligentes) [7]. “Los teléfonos inteligentes se caracterizan por tener pantallas táctiles, un sistema operativo así como la conectividad a Internet, acceso al correo electrónico, cámaras integradas, la administración de contactos, software multimedia para reproducción de música, visualización de fotos y programas de navegación, entre muchas otras funciones” [8].

3. Porcentaje del uso del teléfono móvil a nivel global

El número de personas que tienen un celular en el mundo es asombrosamente alto [9]. Los teléfonos móviles representan

la tecnología más utilizada en el mundo, por encima de Internet, los computadores y las líneas telefónicas fijas [10].

En la Figura 1 se analizan datos obtenidos a partir la Encuesta Global de Consumidores de Dispositivos Móviles (realizada en 2016), que cubre 6 continentes, 31 países, y 49.500 encuestados (representa cerca del 70% de la población total del mundo) [11] :

- Un 78% de la población mundial posee teléfonos inteligentes
- Las compras a través de móviles (m-commerce) en el mundo crecen actualmente casi tres veces más que el e-commerce tradicional y desplazan a las compras a través de tablets
- Solo cuatro regiones en el mundo tienen una penetración del móvil menor del 100%. El Centro y Este de Europa es la zona que mayor penetración móvil tiene con un 139%, seguida del Sureste de Asia, Europa Occidental (124%) y Oriente Medio (123%). La penetración más baja se encuentra en el Sur de Asia con un 77% seguido de África con un 82% y Centro América con un 88% [12]. En la Figura 1 se pueden observar estos datos.

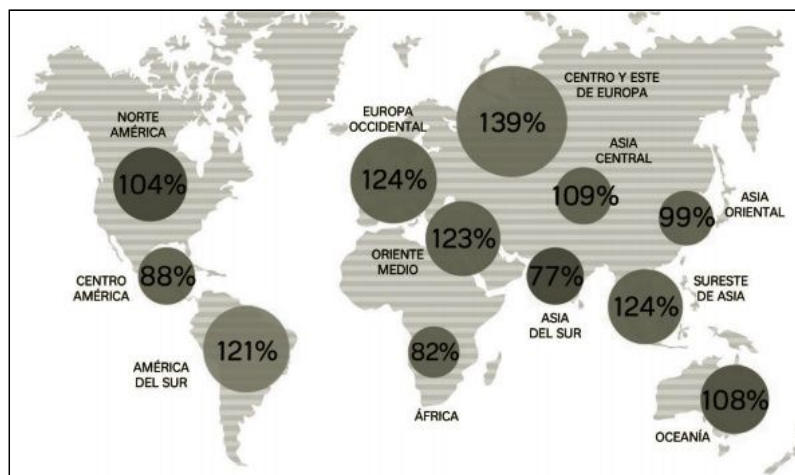


Figura 1. Porcentajes de la penetración del móvil en el mundo

- Los hábitos de consumo del móvil difieren en función de los países. Los españoles son los que más lo utilizan para ver videos (51%); los japoneses lideran la lectura de noticias (58%) y la visualización de video-noticias (20%); los estadounidenses son los que más escuchan la radio (30%) y música en streaming (24%); los franceses los que más TV ven desde el móvil (10%); y los ingleses los que ven más programas de televisión en diferido (9%)
- El 73% de los estudiantes estadounidenses utilizan los celulares para realizar tareas y trabajos escolares
- Una persona comprueba el celular un promedio de 150 veces al día, dedicándole cerca de 177 minutos al día
- El 93% de los consumidores ven su teléfono dentro de la hora o menos posterior a despertarse
- Por la noche, un 16% de la población lo tiene en la mano o en la cama (y un 55% en la mesa de luz).
- El uso del teléfono móvil hasta el año 2015 indica que los latinoamericanos tenían en su mayoría (73%) acceso a este dispositivo
- Las estadísticas con respecto a Ecuador marca que el 80,1% posee celular [13]
- Respecto a un estudio realizado en Argentina, Chile, México, Uruguay, Colombia y Estados Unidos, se demuestra cómo, dependiendo del tipo de usuario, el teléfono móvil puede ser utilizado en un rango de 1 a 14 horas diarias [14].

De esta manera, se evidencia que el uso del celular afecta, en gran medida, a la población, ya sea tanto para entretenimiento como para estudio y trabajo.

4. Efectos positivos del uso del celular

“Los beneficios surgidos de la aparición del teléfono móvil son innegables al posibilitar nuevas vías para la comunicación y para el desarrollo de entornos sociales. Además, más allá de su función comunicativa, el teléfono móvil se ha convertido en un instrumento de ocio y entretenimiento (ej., Internet, juegos, reproductor de música, cámara fotográfica y de video) que ofrece al mismo tiempo otros posibles usos, como el de la agenda, despertador, reloj y diario [...]. Su generalización en nuestra sociedad ha conllevado importantes repercusiones a nivel individual, social, tecnológico y económico, así como un considerable número de ventajas para la mayoría de las personas” [15]. Esta sección se divide en dos subsecciones: en la 4.1 se trata sobre los efectos positivos del uso del celular en el aula, en la 4.2 se detallan los efectos positivos del uso del celular en la comunicación, y, finalmente, en la 4.3 se desarrolla el caso particular de la utilización del celular para control de enfermedades.

4.1 Efectos positivos del uso del celular en el aula

Los recursos didácticos mediados por tecnologías son una alternativa para desarrollar procesos de aprendizaje. La implementación de estos medios genera el diseño de diversos ambientes, más allá de los presenciales [16]. El celular, por ejemplo, además de ser usado con fines comunicacionales, también es utilizado actualmente para la búsqueda de información y la investigación de diferentes elementos [17]. De esta manera, es posible nombrar muchos de los beneficios que

conlleva la utilización pedagógica del móvil en el aula [18]. Por ejemplo:

- Mayor portabilidad
- Conectividad en cualquier momento y lugar
- Acceso flexible y oportuno a los recursos de aprendizaje
- Inmediatez de la comunicación
- Experiencias de aprendizaje activas
- Aumento de la alfabetización informática
- Mejora de las competencias de comunicación y creación de comunidades
- Aprendizaje colaborativo

Un ejemplo de la utilización de celular como recurso de aprendizaje, son las plataformas e-Learning. Éstas son aplicaciones web que integran un conjunto de herramientas para la enseñanza en línea, que permiten una enseñanza no presencial (e-learning) y/o una enseñanza mixta (b-learning) [19].

“El objetivo primordial de una plataforma e-Learning es permitir la creación y gestión de los espacios de enseñanza y aprendizaje en Internet, donde los profesores y los alumnos pueden interactuar durante su proceso de formación” [19]. Con e-learning se logra lo siguiente [20]:

- Reducción de costos: permite reducir y hasta eliminar gastos de traslado, alojamiento y material didáctico
- Rapidez y agilidad: las comunicaciones a través de sistemas en la red confiere rapidez y agilidad
- Acceso *just-in-time*: el usuario accede al contenido desde cualquier conexión a Internet, cuando surja la necesidad
- Flexibilización de la agenda: no se requiere que un grupo de personas coincidan en tiempo y espacio

4.2 Efectos positivos del uso del celular en la comunicación

“La comunicación es un proceso vital para el desarrollo individual y de las sociedades. Actualmente se han multiplicado en gran número las posibilidades de comunicación a distancia, y uno de los medios más populares y con más difusión en el mundo es el teléfono celular” [21]. La tecnología está integrada como un objeto privilegiado en el contexto de interacción simbólica y conductual en el cual se desenvuelve el ser humano [22].

La percepción que tiene el usuario del dispositivo, acerca de su equipo móvil, es la de un instrumento interactivo que resuelve sus problemas de comunicación y de otros más que dependen de su configuración. Es precisamente esa evidencia la que eventualmente produce una marcada dependencia en el individuo usuario. El uso de los teléfonos móviles ha causado un impacto considerable en la comunicación. Esto se evidencia en [22]:

- Formas preexistentes de comunicación: la comunicación telefónica ya existía, no obstante los móviles aportan la posibilidad de comunicarse desde y hacia casi cualquier lugar, estén, o no, los individuos movilizándose de un lugar a otro
- Nuevas modalidades de comunicación: la telefonía móvil a partir de la segunda generación (2G) introduce los mensajes de texto (SMS) como recurso para incrementar las posibilidades de comunicación, la cual es especialmente empleada de manera permanente por los usuarios jóvenes

El desarrollo de la telefonía móvil

supone una segunda revolución digital caracterizada por [22] :

- Translocalidad: comunicación en trayectorias de desplazamiento; esto es independiente del lugar
- Integración: coordinación de aplicaciones, funciones y servicios en un metadispositivo digital de comunicación y acceso

La conectividad que producen los teléfonos móviles no se reduce a lo tecnológico sino a la conexión social de múltiples aspectos de la vida de los individuos, como el cruce del espacio y tiempo, el incremento de la accesibilidad y la expansión de las redes sociales [22].

4.3 Utilización del celular para control de enfermedades

La incorporación de Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) como los celulares e Internet, desempeña funciones importantes en el manejo y control de enfermedades.

Por ejemplo, los teléfonos móviles tienen la capacidad de ayudar en el manejo de la diabetes. En España se demuestra la existencia de beneficios en un sistema que transmite datos, como los niveles de glucosa en sangre y peso corporal por el paciente vía mensajes de texto, con envío de los resultados de HBA1c (Prueba de hemoglobina glicosilada) mensual por mensajes de texto a celulares. De esta manera, la persona se entera con mayor facilidad los resultados de la prueba de hemoglobina glicosilada. La percepción hacia un sistema o programa usando celulares o Internet para el soporte de pacientes con diabetes es realmente positiva [23]. Por otro lado, *SafeWalks* es una aplicación para ayudar a personas con

Alzheimer en las fases iniciales de esta enfermedad. Se trata de una aplicación Android que reside en el dispositivo del paciente. Valiéndose de la información facilitada por el GPS del dispositivo, la aplicación registra los desplazamientos del usuario y los analiza para aprender y detectar sus rutinas. Comprueba continuamente si los desplazamientos realizados son acordes a dichas rutinas, sino emite avisos tanto al paciente como a su cuidador según diferentes niveles de alarma que pueden ser configurados [24].

5. Efectos negativos del uso del celular

Si bien en la actualidad, el uso del celular trae aparejado muchos aspectos positivos, también se puede observar que existen aspectos negativos. Un creciente número de investigadores se centra en valorar los riesgos que entraña la tecnología de la información en la salud física y emocional [25]. Esta sección se divide en dos subsecciones: en la 5.1 se detalla sobre los efectos sociales y, en la 5.2, se trata de los efectos físicos y fisiológicos.

5.1 Efectos sociales

El teléfono móvil presenta una característica especial que lo hace susceptible de producir ciertos comportamientos, como son la sociabilidad, autoconfianza, diversión, estatus social, entre otras. Este uso inapropiado del teléfono móvil conlleva una serie de efectos negativos, como por ejemplo, problemas en el ámbito laboral, social, familiar y escolar [26]. “La particularidad de ser un medio móvil, accesible en espacios abiertos o cerrados, puede provocar que al usarse se ignore no sólo el aquí y ahora, sino a los otros, lo que se interpreta como una falta de

urbanidad y provoca un conflicto situacional [...] Los celulares, son a menudo, criticados porque se cree distorsionan una auténtica interacción cara a cara, concebida así por los defensores de la comunicación interpersonal pura. De esta manera, se sostiene que, por ejemplo, los mensajes de texto son un distractor del contacto personal íntimo y dan pauta para no involucrarse personalmente y deshacerse del manejo de la autopresentación” [27].

5.2 Efectos físicos y fisiológicos

“La dependencia que el teléfono móvil está creando sobre nosotros puede conllevar problemas musculoesqueléticos en un futuro. Un estudio ha demostrado que los usuarios con dispositivos móviles a su alcance tienden a tener síntomas de dolor en cuello, hombro y primer dedo, y que la gravedad de estos síntomas se encuentra directamente relacionada con la cantidad de tiempo que los usuarios utilizan el móvil” [28].

Cuando se mira un teléfono móvil, se tiene una postura más hacia delante, en la que se realiza una flexión cervical, en comparación a cuando no se lo mira. Se considera una cabeza en posición adelantada, a una cabeza con una flexión de cuello de más de 40°. En general, se puede observar que cuando se mira el teléfono móvil se adelanta la cabeza. Se puede decir que una cabeza adelantada, o en flexión continua, puede ser un factor de riesgo para la aparición y perpetuación de dolor en cuello, espalda, hombros y miembros superiores [28]. En la Figura 2 se puede observar la postura tomada durante el uso del teléfono móvil.



Figura 2. Postura tomada durante el uso del teléfono móvil

“Conversar por un teléfono móvil cuando se maneja, aumenta hasta cinco veces más la posibilidad de provocar un percance vial ya que absorbe de ocho a trece segundos de distracción en promedio, responder la llamada o el mensaje” [29]. En conclusión, relacionado con la integridad física, los casos en que las personas se accidentan por causa de conducir usando el móvil simultáneamente se incrementan rápidamente.

6. Resultados

A partir de la investigación realizada, se obtiene que el 78% de la población mundial posee un teléfono inteligente. Éste posee efectos tanto positivos como negativos. En el área educativa el celular facilita la búsqueda de información y la investigación de diferentes elementos. Éste otorga un acceso flexible a los recursos de aprendizaje. En el ámbito comunicativo, el celular permite la comunicación desde y hacia cualquier lugar, sin importar si los individuos se encuentran movilizándose. En el área de salud, el celular se utiliza para el control de enfermedades como la diabetes o el Alzheimer. No obstante, el celular posee efectos negativos, como es el caso en el área social, donde es comúnmente criticado ya que se considera que interrumpe la

naturalidad en la interacción social. Además, el uso continuo del mismo trae aparejadas complicaciones físicas a largo plazo, entre las cuales se destacan los problemas cervicales y de columna.

7. Conclusión

A pesar de las connotaciones negativas que pueda acarrear el uso del teléfono móvil, éste ha logrado romper barreras de tiempo y espacio a lo ancho del mundo; y ha servido para facilitar y agilizar la vida cotidiana de sus usuarios en múltiples aspectos. Si bien se han demostrado a lo largo de este trabajo aspectos negativos, muchos de ellos están ligados con el tipo de uso que se le da al teléfono celular (por ejemplo, la utilización excesiva e indiscriminada) y por lo tanto se pueden solucionar teniendo un manejo consciente del mismo. Por lo tanto, gran parte de sus efectos negativos pueden ser controlados mediante un uso concientizado. Finalmente se destaca que la utilización del teléfono móvil continúa en crecimiento, tanto en las áreas de salud, comunicación y educativas, como en el de ámbito personal, el cual en muchos aspectos se incrementa con el correr de los años. Como futuras líneas de trabajo se prevé investigar cómo se pueden contrarrestar los efectos negativos que se analizan en el presente artículo y ahondar en el cambio de las tareas cotidianas, con la accesibilidad que provee el teléfono celular.

Referencias

[1] Gómez Hernandez, Patricia y Monge López, Carlos. Potencialidades del teléfono móvil como recurso innovador en el aula: una revisión teórica [en línea]. *Revista DIM*. 2013, N° 26, 1-16. [Fecha de consulta: 30/04/2018].

ISSN: 1699-3748. Disponible en: <https://bit.ly/2Fn3iGj>

[2] Clarke, Modet. *Tendencias en las tecnologías móviles y sus aplicaciones* [en línea]. España : Escuela de Organización Industrial, 2014. [fecha de consulta : 12/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KZtaMj>

[3] Cantillo Valero, Carmen y otros. Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La educaci@n digital Magazine*. 2012, N° 147, 3. [Fecha de consulta: 28/04/2018]. ISSN 0013-1059. Disponible en: <https://bit.ly/2sFrkHI>

[4] González, Luis Ignacio. Representación Social del Teléfono Celular. Universidad Empresarial Siglo 21. Diciembre 2017. [Fecha de consulta: 30/04/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HYrX9A>.

[5] Educational Portal of the Americas – Department of Human Development, Education and Culture © OEA-OAS. [Fecha de Consulta: 10/05/2018]. ISSN 0013-1059 La Educ@ción Digital Magazine N 147– www.educoas.org. Disponible en: <https://bit.ly/2JIHw2u>

[6] Basterretche, Felix Juan. Dispositivos Móviles [en línea]. 2007. [Fecha de consulta: 10/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2GemoPI>

[7] Navarro, Jose. La evolución de los smartphones [en línea]. [Fecha de consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2GepNgQ>

[8] Alonso Baz, Arturo y otros. Dispositivos móviles [en línea]. [Fecha de consulta: 10/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Ilnzyj>

[9] Hernandez, Rodrigo. Estadísticas y Datos del Uso del Celular [en línea]. [Fecha de consulta: 02/06/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2oleegX>

[10] Diaz, Alberto Carlos. Casi el 75% de la población mundial tiene un teléfono móvil [en línea]. [Fecha de consulta: 01/06/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2sJ2GXm>

[11] Global mobile consumer trends: Second edition [en línea]. [Fecha de consulta: 10/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2pnVZds>

[12] Rivero, Fernando. Informe Mobile en España y en el Mundo 2016 [en línea]. 2016. [Fecha de Consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2fU0gB0>

[13] Benavidez Andrea, Galarza Fanny. *Razón y Palabra*. 2011. [Fecha de consulta: 02/07/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MJtLBM>

[14] Aldo Van Weezel. Uso de Teléfonos Móviles por los Jóvenes [en línea]. Universidad de los Andes, Santiago, Chile. 2009. [Fecha de consulta: 02/07/2018]. Disponible en: <https://goo.gl/LBz3wt>

[15] GÁMEZ-GUADIX, Manuel y otros. Usos y abusos del teléfono móvil: características e intervención educativa. *Más allá de las drogas: nuevos retos en la intervención con jóvenes*. Disponible en: <https://bit.ly/2OdX80D>

[16] Ramírez Montoya, María Soledad. Recursos tecnológicos para el aprendizaje móvil (mlearning) y su relación con los ambientes de educación a distancia: implementaciones e investigaciones [en línea]. ITESM, Monterrey, 2009. [Fecha de Consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1IkQgcM>

[17] Cisneros Hernandez, Lidia Robles, Rodríguez Sara. ¿Para Qué Utilizan El Celular en el Aula, los Estudiantes Universitarios? [en línea]. Trabajo de investigación educativa. Congreso Nacional de Investigación Educativa. San Luis, Potosí, 2017. [Fecha de consulta: 15/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2IiywEJ>

[18] Aprendizaje Móvil [en línea]. [Fecha de consulta: 02/06/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2HnWnxx>

[19] Fernández Ana, Cesteros Pampillón. Las plataformas e-learning para la enseñanza y el aprendizaje universitario en Internet [en línea]. 2008. [Fecha de consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1PiFp3e>

[20] Garzón Bernarda. Todo Sobre E-Learning y B-Learning ¿Tiene más ventajas o desventajas? [en línea]. [Fecha de consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rHhSEJ>

[21] López Díaz González, Tamara. La creación de un nuevo mundo viviendo dentro de teléfonos móviles: El impacto social de en jóvenes [en línea]. Trabajo Final. Universidad Iberoamericana. [Fecha de Consulta: 01/06/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JkyRDx>

[22] La Rosa, Amaro. Teléfonos Móviles, Comunicación, e Interacción [en línea]. 2014. [Fecha de Consulta: 15/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2k0ypzi>

[23] Curioso, Walter y otros. Uso y percepciones hacia las tecnologías de información y comunicación en pacientes con diabetes, en un hospital público del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 2009, vol 26. ISSN 1726-4634. Disponible en: <https://bit.ly/2sxqz4W>

[24] Lozano Pérez, Pablo y otros. SafeWalks: aplicación móvil de supervisión de pacientes de Alzheimer [en línea]. Universidad de Extremadura, Universidad de Málaga. [Fecha de consulta: 14/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2jY23Fm>

[25] Robaina Flores, Noelia y otros. Adicción al móvil en alumnos de secundaria: efectos en la convivencia. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*. 2013, Vol. 3, Nº 3, (Págs. 215-225). [Fecha de consulta: 14/05/2018]. ISSN 2174-8144. Disponible en: <https://bit.ly/2IIT3nO>

[26] Vazquez, Esteban y otros. *Dispositivos digitales móviles en educación*. 2015. ISBN: 978-84-277-2101-2. [Fecha de consulta: 04/06/2018] Disponible en: <https://bit.ly/2M0NMEE>

[27] Ana Luz Ruelas. El teléfono celular y las aproximaciones para su estudio [en línea]. Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 13/10/2009 [Fecha de consulta: 15/5/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2GlcqvB>

[28] Javier Prieto Garbieri. Efectos del uso del teléfono móvil en el sistema musculoesquelético revisión. [en línea] Departamento Patología y cirugía. Junio de 2017. [Fecha de consulta: 15/05/2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2IiVrQt>

[29] *Nomofobia en la adolescencia. Investigación experimental*. Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, México, 2016. Disponible en: <https://bit.ly/2JvZ3OQ>

Datos de Contacto:

Hernán Rodríguez: hernanrodriguez806@gmail.com

Abril del Burgo: pildelburgo@gmail.com

Diego Gagliardi: deko_gagli@hotmail.com

Ezequiel Coen: ezecoen@gmail.com

Nicolas Conde: nicoconde99@hotmail.com

Uriel Brama: uribrama@gmail.com

Privacidad del usuario en un entorno informático

Varisco Nahuel, Faure Federico, Pastori Matias, Zalatinik Julian, Palazzini Mariano, Luján Yamila

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En el pasado, el lugar más común para encontrarse con conocidos eran reuniones en los clubes o en las esquinas del barrio. Si bien estos puntos de encuentro siguen presentes, las Redes Sociales se volvieron el nuevo standard al momento de interactuar con otras personas. La posibilidad de saber qué están haciendo con tan solo levantar el celular ha revolucionado la forma de comunicarse, sin embargo como toda revolución, ésta viene con sus pros y sus contras. Es común quedar desconcertado al momento de preguntarse a dónde va todo lo que subimos a las Redes Sociales. Se sabe que llegan a donde se quiere, pero en el camino hasta sus dispositivos pasan por los servidores de estas Redes donde no se sabe bien qué pasa con la información. El objetivo del presente trabajo es analizar las políticas de privacidad de Redes Sociales y exponer el funcionamiento de mecanismos que, en base a la información recaudada del usuario, fuerzan al mismo a recibir publicidades o propagandas.

Palabras Clave

Redes Sociales, softwares, usuario, datos, políticas, información

Introducción

Las Redes Sociales y softwares han cambiado la forma de comunicarse y de guardar la información del usuario [1], causando incertidumbre en el manejo de la privacidad del mismo.

Según [3], en la actualidad, existen casos en los que se hace un uso inapropiado de los datos del usuario, ya sea porque las políticas de privacidad no siempre especifican qué datos se envían y almacenan en la nube, o qué se hace con dichos datos.

Sin embargo, otras veces se especifica y se cometen infracciones contra el derecho al acceso y rectificación de los datos por parte del usuario, no permitiendo, por ejemplo, la objeción del mismo si los datos fueran enviados a un tercero [1].

De esta forma, los terceros tienen la capacidad de imponer publicidades intrusivas basadas en su ubicación y gustos

de los cuales el usuario no puede rechazar recibirlos.

En este contexto, el objetivo de este trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar las políticas de privacidad de la Red Social Facebook exponiendo una conclusión de las mismas y analizar Redes Sociales que funcionan con tecnología de mensajería efímera[13], tomando como caso de análisis Snapchat y exponer el funcionamiento de mecanismos que en base a la información recaudada del usuario, fuerzan al mismo a recibir publicidades o propagandas.

Para ello, el presente trabajo se divide de la siguiente manera: en primer lugar, se explica qué son las políticas de privacidad; en segundo lugar, se analizan los derechos del usuario; en tercer lugar, se analizan las políticas de privacidad de Facebook; en cuarto lugar, se analiza la mensajería efímera en Snapchat. Finalmente se desarrollan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

Políticas de privacidad

Una política de privacidad es un documento legal en el cual se explica qué datos del usuario se almacenan, cuáles se procesan y cómo se manejan los mismos.

“Cuando pensamos en la privacidad en Internet, la palabra privacidad no se debe interpretar como intimidad o secretismo” [7]. Entonces la privacidad en Internet se basa en que el usuario pueda decidir de qué forma se manejará su entorno privado. Como se explica en [8] las personas, en su mayoría, no se dan cuenta de la información que están entregando y la privacidad a la que pueden estar renunciando, por ejemplo, publicando una foto en una Red Social.

Entonces, en muchos casos, la pérdida de la privacidad se da por el usuario, es decir, el

usuario acepta perder su privacidad sin darse cuenta.

También [8] expresa que nadie lee las políticas de privacidad, aun sabiendo que existen.

Derechos del usuario

En muchos países se encuentran diferentes formas para mantener el derecho del usuario con respecto a su información en las Redes Sociales. En Argentina, “la ley 25.326 de Protección de Datos Personales, que es un desarrollo del artículo 43 de la Constitución que, tras la reforma del 94, incorpora el Habeas Data” [17]. Además, ésta ley se puede ejercer en el ámbito de Internet, aunque en muchos casos se dificulta la práctica de la misma. “En el caso de Argentina no hay un “derecho al olvido” como tal, es decir expresado de ese modo, aunque sí se reconoce legalmente al usuario que pueda pedir corrección o eliminación de datos” [17].

Además, la Dirección Nacional de Protección de Datos Personales es la encargada de controlar la información del usuario y atender a las personas que necesiten ayuda con respecto a estos temas ya sea recibiendo denuncias o reclamos.

Políticas de privacidad de Facebook

La Red Social Facebook tiene antecedentes de haber sido fuertemente criticada, llegando a formar parte de escándalos, incluso algunos muy recientes, debido a sus políticas de privacidad. Sin embargo, actualmente al leer las políticas de privacidad, las mismas resultan claras.

En el pasado, el artículo “Intimidad y «extimidad» en las Redes Sociales. Las demarcaciones éticas de Facebook” [12] ha realizado una crítica sobre como Facebook se reserva el derecho a modificar sus políticas de privacidad sin dar previo aviso a sus usuarios. Actualmente en el documento correspondiente a las condiciones del servicio de Facebook [11], se expresa “A menos que la ley disponga lo contrario, te enviaremos una notificación antes de modificar estas Condiciones y

tendrás la oportunidad de revisar los cambios antes de que entren en vigor”. Otra de las observaciones que realiza este artículo es que “Pese a que las fotografías pueden desetiquetarse y las cuentas pueden ser desactivadas, la permanencia de la información hace que se mantenga en la base de datos de la compañía indefinidamente, aunque no sea pública.” [12]. Actualmente, Facebook expresa “Puedes eliminar el contenido o tu cuenta en cualquier momento para interrumpir esta licencia. Debes saber que, por motivos técnicos, el contenido que eliminas puede permanecer durante un tiempo limitado en copias de seguridad”. En base a documentos de 2016 y 2017, Facebook realizó algunas modificaciones, entre éstas, incluyó un nuevo servicio el cual llamó “News Feed”. Este nuevo servicio, que se muestra en la pantalla de inicio, privilegia la acumulación de lo reciente y lo más relevante dependiendo del usuario, se basa en el algoritmo Edgerank y consta de 3 partes: peso/relevancia, afinidad y tiempo [10].

Peso/Relevancia: se divide en 2. Por una parte se encuentra sobre qué se muestra, es decir, un video tiene más peso que sólo publicar texto.

La otra parte se basa en el peso dado por el usuario, o sea la reacción del usuario ante la publicación.

Afinidad: implica la cantidad de veces que interactúa el usuario con un perfil o página. Cuanto más se interactúa, más noticias y publicaciones aparecerán.

Tiempo: cuando se habla de tiempo en Facebook, se habla sobre cuán nueva o vieja es la publicación. No tiene la misma relevancia una publicación de hace meses que una del día de la fecha por lo que en el inicio, aparecerá lo nuevo [9,10].

Este nuevo servicio generó que sea más sencillo ver los datos de los usuarios. En este año, el fundador de Facebook dio testimonio ante el Congreso de Estados Unidos por “el uso y protección de datos” [10].

Snapchat y la mensajería efímera

El principal atractivo presentado por las Redes Sociales como Snapchat, es la posibilidad de contar con mecanismos internos de autodestrucción de la información; mensajes, imágenes y demás tipos de información enviada o compartida se eliminan rápidamente y estas Redes se convierten en plataformas para compartir “momentos” en lugar de un depósito de almacenamiento permanente de datos del usuario [13].

Snapchat, fue creada en 2011 por Evan Spiegel, Bobby Murphy y Reggie Brown, estudiantes de la Universidad de Stanford [18]. Su principal enfoque radica en el envío y recepción de fotos, las cuales solo están disponibles para ser vistas durante un corto período de tiempo luego del cual son eliminadas, evitando el acceso a las mismas tanto para el/los receptor/es como para quien envió la imagen.

Como se expresa en la página web proporcionada por la compañía Snap.inc correspondiente al centro de privacidad de Snapchat [14] se hizo un gran esfuerzo por distanciarse de otras Redes Sociales que funcionan mostrando cronologías de todo lo subido por el usuario, haciendo especial enfoque en que el usuario tenga las herramientas para elegir qué compartir y por cuánto tiempo.

“Ten en cuenta que los usuarios a los que envías Snaps, Chats y cualquier otro contenido, siempre podrán guardarlo o copiarlo fuera de la aplicación. Por lo tanto, el mismo sentido común que se aplica a Internet en general se aplica también a Snapchat: no envíes mensajes ni compartas contenido que no te gustaría que alguien guardara o compartiera.” [14].

En la sección “Durante cuánto tiempo conservamos tu información”[14], se especifica qué tipos de datos son almacenados en la plataforma y por cuánto tiempo. Datos básicos de la cuenta, posición geográfica y gustos personales, son tipos de datos que se mantienen en los servidores de Snapchat durante más tiempo. Sin embargo, la gran mayoría de contenido

subido por el usuario recae dentro de la categoría de datos que el propio servidor de Snapchat elimina tras un corto período. Dentro de estos datos, están los Snaps, la forma que tiene la plataforma de referirse a imágenes que se envían por los usuarios y son eliminadas en un período de tiempo. Según se expresa en la página web de soporte de Snapchat [15], los snaps son eliminados automáticamente tras ser vistos por todos los destinatarios, o incluso aun no habiendo sido abiertos después de 30 días.

Al igual que con los Snaps, existen los chats e historias entre otros tipos de contenidos que soporta la plataforma, encontrándose detallados cómo funcionan los plazos para la eliminación de este contenido de los servidores de Snapchat [15].

A esto se le agrega el constante recordatorio, de no enviar información que resulte sensible y la certeza de que la eliminación de la cuenta garantiza la salida de los servidores de Snapchat. “Tienes el derecho de controlar tu información. Por eso, proporcionamos maneras sencillas de acceder a tu información y actualizarla, de ajustar cuánta compartes con nosotros y de pedirnos que la eliminemos del todo... ¡incluso tu cuenta completa!”[14].

De todas formas este formato para la transmisión de información puede llegar a funcionar como un inhibidor, es decir, hacer creer que se está totalmente protegido y que se puede enviar cualquier información, la seguridad de los mensajes de autodestrucción puede ser ilusoria. Los mensajes de autodestrucción de Snapchat hacen que los usuarios se sientan inmunes a la repercusión y a las consecuencias, pero se debe tener en cuenta que los datos borrados pueden hacer que los trasposos sean difíciles de detectar y de seguir [13].

Uno de los casos emblemáticos fue investigado por la compañía de ciberseguridad Kaspersky donde advirtió que las publicaciones de snapchat realmente no son temporales ya que hay formas de evitar la autodestrucción de la información [13].

El problema se encuentra cuando los ciberdelincuentes se aprovechan de estos datos para estafar y engañar. Además al conectar Snapchat con aplicaciones de terceros la información puede ser recopilada. Un caso importante fue el conocido como “the snappening” donde se subieron más de noventa mil fotos privadas a una web [16].

Conclusiones

Como resultado de esta investigación se puede ver que los usuarios no siempre están contentos con las nuevas versiones de las Redes Sociales y en rara ocasión se toman el tiempo de informarse de éstas. Tal es el caso de “News Feed” de Facebook. Aunque en muchas instancias, la desinformación del usuario suele ser por su falta de compromiso al no leer las políticas de privacidad; el usuario no sabe qué está aceptando que se haga con respecto al manejo de su información.

Por otra parte, se observa que las políticas de privacidad de las Redes Sociales analizadas presentan problemas y, en algunos casos no se aplican correctamente. Se recomienda leer las políticas de privacidad ya que explican cómo se manejan los datos y la información privada del usuario. De esta forma, cada usuario puede saber si lo que está haciendo la Red Social con su información es legal o no.

Por último, existen formas de alterar las Redes Sociales y es recomendable no subir información privada, esto demuestra que el simple concepto de privacidad referido a una Red Social no es más que ilusorio dado que el usuario nunca puede estar seguro de lo que pasa con su información ni seguirla dentro de los servidores de la compañía.

La información puede ser una gran herramienta que puede facilitar la vida de las personas pero, a su vez, puede ser peligrosa para cada individuo ya que es posible que termine en lugares no deseados. Es por ello que hay que entender cómo los datos se almacenan en Internet y quién tiene derechos sobre ellos. Una de las principales

acciones a tomar es informar, por ello como futuras líneas de trabajo y en base a lo analizado, se podrán realizar encuestas que examinen qué tan comúnmente los usuarios leen las políticas de privacidad, razones para que se sumen a una Red Social, y el impacto que tiene en sus vidas.

Referencias

- [1] Abel lozoya-de-Diego, María-Teresa Villalba-de-Benito, María Arias-Pou. Taxonomía de información personal de salud para garantizar la privacidad de los individuos vol. 26, núm. 2. Último acceso: 15/09/2018.
Disponible en: <https://bit.ly/2x9y3iW>
- [2] Keith Cheverst, Gareth Smith. Exploring the notion of information push and pull with respect to the user intention and disruption. Último acceso: 15/09/2018.
Disponible en: <https://bit.ly/2Hq5ZZt>
- [3] Brett Stalbaum, Cicero I. da Silva. La red de sensores es la computadora (o por qué debes superar la idea de privacidad). Último acceso: 15/09/2018.
Disponible en:
<https://bit.ly/2I8gy88>
- [4] Manuel Castells. Internet y la sociedad red. Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/1vTEDCD>
- [5] David Caldevilla Domínguez. Las redes sociales. Tipología, uso y consumo de las redes 2.0 en la sociedad digital actual. Último acceso: 15/09/2018.
Disponible en:
<https://bit.ly/2ydQKBj>
- [6] Campos Freire, Francisco. Las redes sociales trastocan los modelos de los medios de comunicación tradicionales. Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/2IG2WWJ>
- [7] Cécile de Terwangne. Privacidad en Internet y el derecho a ser olvidado/derecho al olvido. Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/2IFhuNf>
- [8] Simón Mario Tenzer, Olga Ferro, Nuria Palacios. Redes sociales virtuales: personas, sociedad y empresa. Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/2MvZTZb>
- [9] Alena Chramosta. Edgerank de Facebook: los 3 aspectos que debes saber sobre el algoritmo de Facebook.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/2IYOfsd>

[10] Ariel Gurevich. El tiempo todo en Facebook.
Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/2GHciqq>

[11] Facebook. Condiciones del servicio. Último
acceso: 2018. Disponible en: <https://bit.ly/1vFKrhM>

[12] Lucia Tello. Intimidad y «extimidad» en las
redes sociales. Las demarcaciones éticas de
Facebook. Último acceso: 15/09/2018. Disponible
en: <https://bit.ly/2keNTj0>

[13] Jennifer Charteris, Yvonne Masters, Sue
Gregory. Snapchat “selfies” the case of disappearing
data. Último acceso: 15/09/2018. Disponible en:
<https://bit.ly/2ziwDEd>

[14] Snapchat:Centro de privacidad. Último acceso:
15/09/2018.
Disponible en: <https://bit.ly/2J35MLD>

[15] Snapchat:Ayuda de Snapchat. Último acceso:
15/09/2018. Disponible en: <https://bit.ly/2KTLFRY>

[16] EL MUNDO Madrid. Los peligros de usar
Snapchat. Último acceso: 15/09/2018. Disponible
en:
<https://bit.ly/1qM7cS8>

[17] Desirée Jaimovich. ¿Se puede desaparecer de la
web?: qué es y cómo funciona “el derecho al olvido”
en la Argentina. Último acceso: 15/09/2018.
Disponible en:
<https://bit.ly/2udYtw3>

[18] Wikipedia Snapchat. Último acceso:
15/09/2018. Disponible en: <https://bit.ly/1d80rnc>

El quehacer ético en las TICs y la Informática

Diaz Ezequiel, Eden Roy, Güerci Lucas Julián, Toñanez Néstor, Urteaga Naya Martín

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El dinamismo característico de las TICs, la Informática y su gran impacto en la humanidad las convierten en disciplinas de suma importancia e interés. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es analizar y dejar en evidencia la importancia de la ética en el quehacer relativo a las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la Informática; considerando dichas disciplinas como partes fundamentales e inherentes al desarrollo de la sociedad.

Palabras Clave

Ética, Sistemas de Información, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Informática, Facebook, Uber

1. Introducción

Desde siempre, los avances tecnológicos y científicos han presentado un reto a la ética, por ejemplo cuando propician ventajas bélicas. Este es el caso de las “Máquinas Enigma”, que a partir de los avances en criptografía eran utilizadas durante la Segunda Guerra Mundial por Alemania para enviar mensajes cifrados [1].

Hoy en día, los estandartes del progreso tecnológico son las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación) y la Informática. Un claro ejemplo de cómo las TICs y la Informática ayudan en el progreso de la sociedad, es su utilidad a la hora de combatir la corrupción en los gobiernos. Gracias a la información que las TICs y la Informática proveen a los ciudadanos acerca de las actividades del gobierno, se crea transparencia política [2]. Por ejemplo, el gobierno de los Estados Unidos ha creado entre 2009 y 2017, en el marco de la “Open Government Initiative”, páginas web públicas con el objetivo de que los ciudadanos puedan acceder a

información estatal sensible y opinar sobre futuros proyectos [3].

Otro ejemplo del progreso que implican las TICs y la Informática se halla en el estado de Karnataka, India. Aquí, los títulos de propiedad se publican en Internet. De esta forma, se ha logrado eliminar una estructura de corrupción en la que funcionarios solían exigir sobornos a cambio de trámites más ágiles y sin acciones burocráticas arbitrarias [4].

Las TICs y la Informática se relacionan con el hombre en muchos ámbitos, ya sea en la enseñanza de la medicina, en la educación o en el entretenimiento con el caso de la realidad aumentada [5-7]. Dada la presencia de la tecnología en prácticamente todos los ámbitos de la vida, la ética en relación a las TICs y la Informática juega un papel importante. El usuario debe hacerse responsable de no provocar un impacto negativo en la sociedad al emplear la tecnología para realizar su actividad. La tecnología jamás tuvo valor moral, pero es su uso el que le da carácter ético o no ético [8].

Existen casos actuales, como el escándalo Facebook-Cambridge Analytica, en los cuales es recurrente el cuestionamiento sobre hasta qué punto son las empresas dueñas de la información de los usuarios. La falta de una respuesta concreta evidencia lo manipulables y ambiguas que pueden ser las interpretaciones de la ética en cuanto a las TICs y la informática [9].

El primer paso en el análisis del uso ético de las TICs corresponde a definir adecuadamente qué se entiende por ética informática. Según escribe Del Pilar Jiménez Quesada [10], existen esfuerzos

por definir la ética informática valiéndose de términos y conceptos de la filosofía; por ejemplo el utilitarismo (según la RAE: “Doctrina moderna que considera la utilidad como principio de la moral” [11]). Por otro lado, puede hallarse una interpretación más amplia, que considera estándares profesionales, códigos de conducta, legislaciones y normas impuestas por las empresas. También, Silva y Espina sostienen en su trabajo que ante el rápido avance de las TICs y los cambios que éstas producen en la sociedad, se generan “dilemas de carácter ético” [12]. Puede decirse, entonces, que definir el término “ética informática” de manera precisa es una tarea compleja.

En este contexto, los objetivos del presente trabajo, realizado en el marco de la materia Análisis de Sistemas de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, son: analizar la importancia de un obrar ético respecto a las TICs y la Informática teniendo en cuenta la ambigüedad del término y el amplio alcance de las tecnologías; evaluar el impacto negativo de ignorar la ética en el uso de las TICs y la Informática; definir “ética” en el marco de las TICs y la Informática y comparar casos éticos y no éticos.

Para cumplir con dichos objetivos, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección, se realiza una introducción a los temas a tratar; en la segunda sección, se encuentran detallados los elementos de trabajo y la metodología utilizada; en la tercera sección, se define el concepto de ética TIC/Informática; en la cuarta sección, se expone sobre por qué la ética es importante en relación a las TICs y la Informática; en la quinta sección, se evidencia el impacto negativo de un uso no ético de las TICs y la Informática; en la sexta sección, se comparan casos de uso ético y casos de uso no éticos; en la séptima sección, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Elementos del Trabajo y metodología

Para la realización del presente trabajo se lleva a cabo la recopilación de libros, artículos, entrevistas e informes, con el objetivo de obtener definiciones, ejemplos y material necesarios. Esta recopilación fue realizada a través de Google Scholar [13], el Repositorio Institucional Universitario de la UTN [14], el Repositorio Institucional de la Universidad de La Plata (SEDICI) [15] y la Biblioteca del Ministerio de Ciencia y Tecnología [16]. Una vez que se dispone de la información suficiente se realiza una puesta en común de todo lo recolectado para, de este modo, producir nuevos resultados.

3. Definición de ética TIC/Informática

En [17] se reconoce a la Informática como “la ciencia que estudia el fenómeno de la información, los sistemas de información y el procesamiento, transferencia y utilización de la información, mediante computadoras y las telecomunicaciones como herramientas para *el beneficio de la humanidad*”. Esta definición puede inducir a la confusión ya que sugiere que la Informática lleva consigo un fin “bueno” o “beneficioso”. Esta posible interpretación queda descartada dado que existen ocasiones en las que el potencial de la Informática y las TICs es explotado con fines maliciosos o no éticos. Esto representa un primer avance en la definición: el quehacer ético no está ligado a la Informática y a las TICs en sí mismas como herramientas sino que se encuentra vinculado a quiénes las utilizan y con qué fines.

Existen diversas legislaciones que determinan con rigurosidad qué es correcto hacer y qué no al utilizar la Informática y las TICs [18]. Sin embargo, como escribe Manuel Alvarez Rico, existen todavía vacíos legales [19], es aquí donde la ética cumple un rol clave, porque, como escribe Mario González Arencibia, ofrece una guía

más allá de las leyes de “cómo actuar de manera racional” [20].

Por último, siendo la ética un “conjunto de normas morales que rigen la conducta de la[s] persona[s] en cualquier ámbito de la vida” (según la RAE [21]), se puede afirmar que la responsabilidad, de qué se hace y con qué fines, es en todo momento de la o las personas que hacen uso de las herramientas de Informática o TICs.

En este contexto, se concluye que hacer un uso ético de la Informática y las TICs es la utilización de la Informática y las TICs respetando en todo momento las leyes; y las libertades y derechos individuales, como lo es por ejemplo el derecho a la propiedad [22] (ya sea intelectual, material o con relación a la información personal) de cada una de las personas alcanzadas por dicha utilización. De infringir cualquier derecho o legislación, las personas o las empresas que hayan propiciado esta infracción, valiéndose de la Informática y las TICs, deberán responder.

Es importante destacar que, estando ligada la ética Informática/TIC a ciencias de gran dinamismo y constante cambio [23], la definición de ética también es propensa a sufrir cambios, aunque el eje de la cuestión (respetar en todo momento las leyes; y las libertades y derechos individuales) permanece intacto.

4. Importancia de la ética en relación a las TICs y la Informática

La ética informática se encuentra intrínsecamente relacionada con los dilemas conceptuales y los vacíos en las regulaciones que ha ocasionado la tecnología de la información [24]. El problema principal es que existe una falta de reglamentación en cómo utilizar estas tecnologías que posibilitan nuevas actividades para las cuales no hay o no se perciben con nitidez principios de actuación claros [25]. Estos desarrollos tecnológicos provocan que se realicen continuos planteos relacionados acerca de la ética de su uso.

Es evidente que las TICs causan efectos positivos en la vida de las personas y en el ámbito de las corporaciones. Sin embargo, también se abren nuevas posibilidades para la utilización de esos medios tecnológicos en actividades que no pueden ser catalogadas como “buenas” o “positivas” para los individuos ni para las instituciones. Por ejemplo, el control y monitoreo en determinados lugares sin el conocimiento de los afectados [26].

Al respecto, cabe citar que actualmente la sociedad se vuelve más vulnerable al mal uso de los computadores por parte de los seres humanos. La mayoría de estos problemas son producidos por personas mal intencionadas cuyo único fin es beneficiarse a costa de la víctima [27].

Según Joyanes, el desarrollo de la ética aplicada a la informática, es una vía para combatir estos delitos informáticos. Una de las tareas más importantes de esta ética es plantear la formulación de nuevas normas y leyes que protejan la información privada y los procesos de trabajo [28].

Por otro lado, la ética informática busca analizar las implicaciones de la Inteligencia Artificial (según la RAE, Inteligencia Artificial es una “Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.”[29]). Sin embargo, se generan problemas éticos referentes a los valores internos del sistema y a la toma de decisiones. ¿Tiene más valor la vida de un anciano o la de un niño? ¿Se debe proteger al usuario, aunque dañe a más personas? Estos tipos de dilemas éticos provocan una disyuntiva que señala hasta qué punto son los diseñadores de estos sistemas responsables de los resultados de los mismos [30]. Es cuestión de tiempo para que los autos autónomos, es decir, vehículos controlados por una computadora sean parte de la vida cotidiana. El objetivo es reducir los

accidentes que los humanos cometen al manejar. Sin embargo, un efecto secundario de esta situación es el problema ético que genera en el momento en el cual el automóvil debe “elegir” qué hacer en caso de un accidente inminente. Por ejemplo: “un auto autónomo se encuentra circulando por un camino de cornisa y ocurre una falla que hace que un accidente sea inevitable. El auto puede entonces elegir entre dos opciones: una alternativa es evitar el precipicio y chocar de frente a un ómnibus escolar lleno de chicos, probablemente matando a varios de ellos y dejando herido al dueño del auto; la otra opción es lanzarse al precipicio para evitar matar a los chicos, pero condenando a muerte al ocupante” [31].

Por otro lado, los informáticos siempre han participado en la investigación, desarrollo y producción de tecnología militar. La ética informática busca concientizar a estos profesionales sobre la eticidad de desarrollar sistemas y/o máquinas que provocan sufrimiento a otros seres humanos y de fomentar, por ende, mercados militares en países en desarrollo por parte de las potencias tecnológicas [32].

5. Impacto negativo del uso no ético de las TICs y la Informática

La magnitud del impacto del uso no ético de las TICs puede ser variada, desde el simple descontento de los usuarios por la falta de privacidad sobre su propia información a ser graves al punto de afectar a un país entero, como el caso de Cambridge Analytica donde ésta adquirió información de varios usuarios de Facebook infringiendo los términos y condiciones, y luego éstos se utilizaron en campañas políticas con el fin de alentar un partido en particular, lo que se presume que afectó en los resultados de las elecciones presidenciales de Estados Unidos del año 2016 según notas del diario New York Times [33].

Según Linnet Taylor, incluso durante la epidemia de Ébola en el período de 2014-2015 en el este de África, algunos investigadores propusieron utilizar datos de geolocalización obtenidos de teléfonos celulares para generar modelos de políticas de cuarentena, basándose en movimientos a nivel grupal y estadísticas de dinámicas de redes sociales, aunque no fue llevado a cabo dadas las fuertes críticas sobre la ética de la propuesta y las posibilidades de que se realice un mal uso de estos datos [34].

En conclusión, se debe tener en cuenta que de no establecer fuertes normas éticas en la manipulación de datos de los usuarios, lo que puede parecer un simple descontento de una minoría puede derivar en problemas masivos capaces de afectar a todo el globo o a una gran parte de éste, e incluso, hasta poner en riesgo la vida de las personas.

6. Casos de uso ético y uso no ético, análisis de casos particulares

En esta sección y sus respectivas subsecciones se procede a analizar casos particulares en los cuales se evidencia claramente una tendencia ética o no ética en el aprovechamiento de las capacidades de la Informática o las TICs. En 6.1 se describe el caso de Facebook y Cambridge Analytica. En 6.2 se describe el caso de Uber y Greyball.

6.1. Facebook, Cambridge Analytica y la privacidad y el uso de datos

La firma de análisis de datos Cambridge Analytica es un ejemplo de falta de ética en el manejo de información personal sobre los usuarios de la plataforma Facebook. Utilizaron la información de al menos 50 millones de perfiles de la red para diseñar un software de predicción de influenciabilidad de la decisión de las personas a la hora de votar [35, 36].

Estos perfiles provenían mayoritariamente del listado de amigos de Facebook provenientes de un grupo de personas que participó en una encuesta de personalidad

con fines académicos [35, 36].

Desde Facebook negaron que se tratase de un robo de datos, sino que el acceso a éstos se hizo “de forma legítima y por los debidos canales pero no como avalan las reglas” [35, 36].

La aplicación se “aprovechaba” de unas “políticas de la plataforma” que permitían recolectar datos para mejorar la experiencia de usuario en la aplicación y así construir “modelos de personalidad” de los usuarios así como intentar predecir resultados de decisiones políticas. Esos datos privados fueron luego utilizados para análisis de consultoras políticas desde el año 2014. Los datos debían de ser destruidos cuando se conoció esta información en el año 2015. Sin embargo esto no ocurrió y Facebook nunca estuvo al tanto del seguimiento del caso [35, 36].

Mark Zuckerberg pidió disculpas públicamente y anunció que esos hechos fueron una “equivocación por parte de Facebook” después de cinco días de escándalo manteniendo silencio [35, 36]. Aclaró que deben existir miles de empresas que pueden utilizar grandes cantidades de datos de Facebook. También inició un proceso por el cual cada usuario puede restringir los datos que comparte a partir de un menú de la aplicación [35, 36].

El código utilizado por Cambridge Analytica fue diseñado con un propósito no ético de la extracción de datos a partir del funcionamiento del código de Facebook.

El código de Facebook en cambio, fue diseñado para la utilización de esos datos en su propia plataforma (más allá de casos especiales donde se aportan datos a terceros).

Aquí Cambridge Analytica se aprovecha de que Facebook no haya tomado en consideración que se pueden utilizar su código y sus políticas con fines no éticos. De todas formas cabe aclarar que Facebook también ha tenido varias indagaciones sobre sus manejos de información tanto en el sitio como al ingresar o salir (haciendo

un seguimiento sobre los usuarios, proveeduría de datos personales de usuarios a terceros, entre otras prácticas), por ende puede no estar fuera de contemplación la posibilidad de que Cambridge Analytica solo se aprovechara de que Facebook ya de por sí diseñó su código para ser utilizado con propósitos no éticos [35, 36]. Esto se denota por la decisión de dejar que a partir de este momento que los usuarios decidan sobre cómo se limita el manejo de su información en el sitio.

6.2. Uber y Greyball

La empresa Uber utiliza un software para poder funcionar en países donde la aplicación no es legal sin tener que enfrentar repercusiones tanto para sus usuarios como para la empresa [37].

Uber diseñó el programa Greyball en el año 2014 con el propósito de disuadir del uso de la aplicación a aquellos usuarios que violasen los términos de servicio [37]. Fue descubierto ese mismo año en Portland cuando se le informó a las fuerzas de seguridad sobre el uso del servicio en la ciudad de manera ilegal (ya que no habían pedido permiso para utilizarlo en la ciudad) [37].

Las autoridades instalaron el servicio con el propósito de demostrar que estaba funcionando ilegalmente en la ciudad y con la intención de iniciar un juicio. Solicitaron vehículos en distintas localizaciones de la ciudad esperando detener conductores y así obtener evidencia [37].

Sin embargo, al momento de intentar acercarse a los vehículos para multar a los conductores, se dieron cuenta de que la aplicación estaba mostrando “vehículos virtuales” que no representaban a ningún vehículo real. Esto se debe a que Uber había anotado a todo el equipo de investigación y sus usuarios asociados en el programa Greyball y éste, por ende, había logrado “interceptar” todos los pedidos con “vehículos fantasma” para disuadir a las autoridades (mostrando un clon de la

aplicación con vehículos falsos). En los casos que el contacto se hubiese dado con un conductor humano, Uber informaba de la situación a éste y cancelaba su ruta para evitar que sea multado o detenido [37].

Según Uber, esta aplicación está diseñada para disuadir a aquellos usuarios que violen los términos de servicio (como por ejemplo agresión a conductores). Sin embargo, logra también engañar a competidores y oficiales de la policía para así funcionar de manera ilícita [37].

Uber se basa en bancos de datos públicos asociados a los nombres de las cuentas que utiliza su aplicación, así como la localización de su apertura y los lugares a donde solicita. Existe un equipo de monitoreo al tanto de la situación encargado de activar el programa de forma manual en casos donde se considere necesario. Su utilización se inició cuando Uber comenzó a infringir la ley a partir de la aceptación de conductores no profesionales [37].

El código diseñado por Uber puede haber sido un producto genuino de un equipo de trabajo con intención de proteger a los conductores que utilizan su aplicación [37]. En caso de que ya hubiese sido diseñado con el único propósito de evadir la ley, claramente se trata de un ejemplo de falta de ética del equipo de diseño [37].

Está latente la duda sobre quiénes son los responsables (en materia de ética): el equipo (diseño) o las autoridades (implementación - utilización).

7. Conclusión y futuras líneas de trabajo

Considerando los dos casos particulares analizados, Facebook-Cambridge Analytica y Uber-Greyball, en conjunto con la definición de ética TIC/Informática brindada y el desarrollo sobre el uso no ético de las TICs y la Informática y su potencial dañino, pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- Dada la extendida presencia de las TICs y la Informática en todos los

ámbitos de la vida, es clave respetar las leyes que determinan su uso correcto y su uso incorrecto.

- Teniendo en cuenta que el avance de la tecnología es más rápido que el de las leyes, la ética TIC/Informática cumple un rol fundamental como guía de lo correcto cuando se presentan vacíos legales.
- Las TICs y la Informática por sí solas carecen de valor ético; son herramientas. El uso que se les da es lo que debe ser juzgado como ético o no ético.
- Tomando los dos puntos anteriores, no es válido utilizar el dinamismo de la tecnología y los vacíos legales como excusa para sacar provechos maliciosos de la tecnología; existen lineamientos éticos consensuados que deben ser respetados, aunque aún no se hayan concretado en leyes.

Como futuras líneas de trabajo se prevé contactar expertos en derecho Informático para profundizar en el estudio de las legislaciones vigentes, su grado de adaptabilidad y cómo la ética TIC/Informática las influye.

Referencias

- [1] HAMER, D. H. / SULLIVAN, G. / WEIERUD, F. *Enigma Variations: An Extended Family of Machines*. Reino Unido. Disponible en: <<https://goo.gl/NYNAtt>>
- [2] BERTOT, J. C. / JAEGER, P. T. / GRIMES J. M. *Using ICTs to create a culture of transparency: E-government and social media as openness and anti-corruption tools for societies*. University of Maryland. EE.UU. Abril 2010. Disponible en: <<https://goo.gl/pFou1e>>
- [3] U.S. Department of State. *Open Government Initiative*. EE.UU. 2009. Disponible en: <<https://goo.gl/aUnb8t>>
- [4] BHATNAGAR, S. *Global Corruption Report: E-Government and access to information*. 2003. Disponible en: <<https://goo.gl/U32RjS>>
- [5] AGÁMEZ LUENGAS S. / ALDANA BOLAÑO, M. / BARRETO ARCOS, V. / SANTANA GOENAGA, A. / CABALLERO-URIBE, C. V. *Aplicación de nuevas*

tecnologías de la información en la enseñanza de la medicina. Colombia. Universidad del Norte. 2009. Disponible en: <<https://goo.gl/kCQyX5>>

[6] COLECTIVO EDUCACIÓN INFANTIL Y TIC *Recursos educativos digitales para la educación infantil (REDEI)*. Colombia. Universidad del Norte. 2014. Disponible en: <<https://goo.gl/2ot3yE>>

[7] VON ITZSTEIN, G. / BILLINGHURST, M. / SMITH, R. / THOMAS, B. *Augmented Reality Entertainment: Taking Gaming Out of the Box*. En: Lee N. (eds) *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Springer, Cham. Disponible en: <<https://goo.gl/LHFDW>>

[8] RODRÍGUEZ-PORRERO, C. / GIL GONZALEZ, S. *Ética y TIC*. España. Abril 2014. Disponible en: <<https://goo.gl/KvCM42>>

[9] SMITH, G. *Facebook scandal reveals urgent need for greater data transparency, trust and ethics*. Australia. Marzo 2018. Disponible en: <<https://goo.gl/ymqjRQ>>

[10] DEL PILAR JIMÉNEZ QUESADA, M. *Ética informática*. Marzo 2008. Disponible en: <<https://goo.gl/AiJ9QV>>

[11] Diccionario de la Real Academia Española. Versión Digital. Disponible en: <<https://goo.gl/X32Nbz>>

[12] SILVA, N. / ESPINA, J. *Ética Informática en la Sociedad de la Información*. Venezuela. Revista Venezolana de Gerencia v.11 n.36 Maracaibo oct. 2006. Disponible en <<https://goo.gl/tUsj4R>>

[13] Google Scholar <<https://goo.gl/4UJjLT>>

[14] Repositorio Institucional Universitario de la UTN <<https://goo.gl/9xGCFq>>

[15] Repositorio Institucional de la Universidad de La Plata <<https://goo.gl/vmCtFJ>>

[16] Biblioteca del Ministerio de Ciencia y Tecnología <<https://goo.gl/aUJCGW>>

[17] HAJNA RIFO, E. / LAGREZE BYRT, F. / MUÑOZ NAVARRO, P. / TEXIA IGLESIAS, M. *Derecho e Informática*. Ediciones Instituto Profesional de Santiago. Chile. 1989. Disponible en: <<https://goo.gl/szH5ig>>

[18] CALLEGARI, N. *Delitos informáticos y legislaciones*. Artículo publicado en "Oficina eficiente". 1985. Disponible en: <<https://goo.gl/7KqSbC>>

[19] ALVAREZ RICO, M. *Informática y Derecho en España*. Revista Iberoamericana de derecho informático. Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid. España. 1997. Disponible en: <<https://goo.gl/vv2nT9>>

[20] GONZÁLEZ ARENCIBIA, M. *Ética aplicada a la informática: un reto para el desarrollo social*. Revista cubana de Ciencias Informáticas. Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. 2008. Disponible en: <<https://goo.gl/Swwaae>>

[21] Diccionario de la Real Academia Española. Versión Digital. Disponible

en: <<https://goo.gl/Pb3MTU>>

[22] Constitución de la Nación Argentina <<https://goo.gl/YntSuH>>

[23] BARLETTA, F. / PEREIRA, M. / ROBERT, V. / YOGUEL, G. *Argentina: Dinámica reciente del sector de software y servicios informáticos*. Revista CEPAL 110. Argentina. 2013. Disponible en: <<https://goo.gl/Ppg7Ng>>

[24] UNIVERSIA.CR - *Desconocimiento y vacíos legales facilitan la ciberdelincuencia en el país*. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 2011. Disponible en: <<https://goo.gl/L3JUZZ>>

[25] WECKER, J. / ADENEY, D. *Ética informática y de las ciencias de la información*. Madrid, Fragua. 2000.

[26] JOHNSON, D. *Computer Ethics*. Prentice Hall. 1985.

[27] MOOR, J. *What is Computer Ethics*. *Metaphilosophy* 16.4. 1985.

[28] JOYANES, L. *Cibersociedad. Retos sociales ante un nuevo mundo digital*. McGraw-Hilunteramericana de España, S. A. U. España. 1996.

[29] Diccionario de la Real Academia Española. Versión Digital. Disponible en: <<https://goo.gl/fnkFkc>>

[30] GUIBERT UCÍN, J. M. *¿Qué es la ética de la informática?*

[31] BILINKIS, S. *Los autos autónomos y la ética en algoritmos*. Diario La Nación. Argentina. 2018. Disponible en: <<https://goo.gl/Sj1qQU>>

[32] GONZALES TORRES, A. *La ética informática y los valores humanos*.

[33] ROSENBERG, M / CONFESSORE, N. / CADWALLADR, C. *How Trump Consultants Exploited the Facebook Data of Millions*. New York Times. Marzo 17, 2018. Disponible en: <<https://goo.gl/G2GEvf>>

[34] TAYLOR, L. *No place to hide? The ethics and analytics of tracking mobility using mobile phone data*. Octubre 6, 2015. Disponible en: <<https://goo.gl/37Rds3>>

[35] CADWALLADR, C. / GRAHAM-HARRISON, E. *Revealed: 50 million Facebook profiles harvested for Cambridge Analytica in major data breach*. The Guardian. Marzo 17, 2018. Disponible en: <<https://goo.gl/UD4nse>>

[36] CARRIE WONG, J. *Mark Zuckerberg apologises for Facebook's 'mistakes' over Cambridge Analytica*. The Guardian. Marzo 22, 2018. Disponible en: <<https://goo.gl/mNf3Yu>>

[37] ISAAC, M. *How Uber Deceives the Authorities Worldwide*. New York Times. Marzo 3 2017. Disponible en: <<https://goo.gl/xiSbJW>>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Datos de Contacto:

*Ezequiel Diaz. Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951.
E-mail: ezequiel.dz@gmail.com*

*Roy Eden. Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951.
E-mail: roy.ede@gmail.com*

*Lucas Julián Güerci. Universidad Tecnológica
Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

Medrano 951.

E-mail: lucas.guerci@gmail.com

*Néstor Toñanez. Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires. Medrano 951.*

E-mail: nestor.tonanez@gmail.com

*Martín Urteaga Naya. Universidad Tecnológica
Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.
Medrano 951.*

E-mail: martin.urteaganaya@gmail.com

La inteligencia artificial y su implementación en el ámbito empresarial para la optimización en la toma de decisiones

Habif Gaspar, Izraelski Martin, Soffulto Araceli, Zelazny Matias
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La Inteligencia Artificial (IA) se encuentra en un crecimiento exponencial, en torno a los algoritmos utilizados y en relación a los campos en donde se implementa. Gran cantidad de empresas están dedicando tiempo y recursos a la implementación de IA para optimizar alguna de sus tareas. Sin embargo, darle lugar a esta tecnología en crecimiento puede generar un cambio drástico, por un lado en aquellos campos aplicados y, por otro, en la mano de obra encargada de satisfacer aquellas necesidades. Por todo esto, el presente trabajo tiene como objetivo determinar cuán significativo puede ser el aporte que la Inteligencia Artificial brinda al ámbito empresarial, así como también, estimar la rentabilidad de la implementación de esta tecnología en empresas para la toma de decisiones. Sumado a esto, se busca dejar en evidencia, ciertos efectos de la implementación de esta tecnología, con el fin de que las empresas con deseos, pero a su vez incertidumbre, de invertir en IA tengan un respaldo sobre sus futuras decisiones.

Palabras Clave

Tecnología, Inteligencia artificial, empresa, organizaciones, métodos.

Introducción

En este último tiempo se hizo presente un gran avance en el desarrollo de nuevas tecnologías, dentro de las cuales se destaca la Inteligencia Artificial (IA). La IA es capaz de comprender, evocar, movilizar e incorporar conocimientos ante nuevas situaciones [1]. Existen diversas técnicas que combinan esta tecnología con la toma de decisiones que influyen significativamente en las organizaciones, dos de ellas son denominadas MBA (Management By Algorithm) y DSS (Decision Support System) [2]. El objetivo principal de las mismas es razonar y resolver problemas como lo haría un humano, teniendo en cuenta sus recursos y utilizándolos de manera eficiente [3].

Actualmente, estos sistemas ya se encuentran encargándose de responsabilidades previamente asignadas a los CEOs, en empresas como Google o Amazon [4], alegando que estas personas deberían enfocarse en liderar y motivar a sus empleados, en lugar de manejar altos niveles de estrés por la presión de tomar decisiones que puedan resultar dañinas tanto para la rentabilidad de la empresa y como para su salud financiera [5].

Es difícil determinar en qué segmentos es más efectiva, ni cuán significativa puede ser la ventaja generada. Por lo tanto, empresas pequeñas o medianas, que se encuentran cómodas con sus métodos actuales, o no disponen de tanto capital, prefieren no salir de su “zona de confort” y optan por no incorporar a la IA como tecnología. Como consecuencia, si la inserción de la IA en el ámbito empresarial resultara beneficiosa, las empresas pequeñas y medianas no gozarían de estos beneficios, por lo que aumentaría la brecha entre estas compañías u organizaciones y las de mayor dimensión.

En este contexto, el objetivo del trabajo (realizado en la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es determinar cuán significativo puede ser el aporte que la Inteligencia Artificial brinda al ámbito empresarial como también estimar la rentabilidad de la implementación de la IA en empresas.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se expone cómo es la toma de decisiones en las empresas sin la utilización de la IA; en la sección 2, se presentan las organizaciones que aplican IA con las diferentes técnicas (MBA y DSS); en la sección 3, se realiza una comparación entre las empresas que

emplean IA contra las que no; en la sección 4, se nombran los costos de la inserción de la IA en las empresas. En la sección 5, se describe la manera que la IA llegará a impactar en las empresas tanto a corto como largo plazo; en la sección 6, se plantean los segmentos que se ven más beneficiados por la IA; finalmente en la sección 7, se determinan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Toma de decisiones en las empresas sin utilización de Inteligencia Artificial

En todas las empresas, la división de trabajo es un aspecto fundamental para el buen funcionamiento de las mismas, por lo tanto no puede faltar. A pesar del criterio que utilice cada organización para segmentar su trabajo, todos los sectores son administrados y coordinados por distintos gerentes [6]. Esto implica que la toma de decisiones de cada sector empresarial están llevadas a cabo por el mismo rol [6]. Para esta toma de cualquier decisión el gerente debe pasar por un proceso compuesto por ocho etapas [7]. La primera es el reconocimiento del problema, la toma de una decisión comienza con un problema pero no siempre el mismo se muestra fácilmente y en su totalidad, esta etapa se la considera subjetiva, por el hecho de que, lo que uno analiza como problemático, otro puede analizarlo como normal. La segunda etapa consiste en determinar sobre qué criterios se tomará la decisión [8]. Estos criterios son aquellos que llevan a una alternativa a ponerse sobre la otra, si no la elección no podría ser tomada. Para poder considerar a un criterio más importante que otro entra en juego la etapa tres, la cual consiste en ponderar cada uno utilizando una escala de valores [8]. Un ejemplo sería ponderar al considerado más importante con un diez, y luego darle valor al resto basándose en este estándar. Luego de esta ponderación de los criterios, el gerente debe entrar en la cuarta etapa. En la misma se necesita un gran

nivel de creatividad ya que se deben listar aquellas alternativas que se consideran aptas para la resolución del problema. Una vez listadas, se deben analizar aquellas alternativas por medio de los criterios previamente ponderados. Esta es la quinta etapa [8]. Cuando el gerente logra identificar una alternativa que resulta superior o mejor, la selecciona. Aquella selección se la considera como la sexta etapa. Cuando una alternativa fue analizada y luego seleccionada se entra en la etapa número 7, donde se implementa la misma teniendo en cuenta si existieron cambios en el ambiente donde está siendo implementada. Al implementarla el gerente se encuentra en la última etapa, la cual consiste en evaluar la efectividad de la decisión previamente tomada, comprender si el problema se ha resuelto [8]. En caso de que no se haya resuelto debe analizar qué ha salido mal y como se podría resolver este error en la decisión tomada. En caso de que el mismo sea mayor, quizá lo óptimo es comenzar con el proceso nuevamente.

Los problemas que surgen a partir de los tipos de toma de decisiones pueden ser tanto estructurados como no estructurados, y la manera de plantear una decisión frente a cada uno es distinta [9]. Los primeros, son aquellos considerados sencillos y conocidos, por lo cual suele haber una rutina estandarizada para resolverlos [9]. La decisión de aplicar una rutina estandarizada se considera programada [9]. Existen tres tipos de decisiones programadas: el procedimiento, que es una serie de etapas secuenciales que se utilizan para solventar el problema. Una regla, la cual es una afirmación explícita que le indica al gerente que puede y no puede hacer; y las políticas, que son aquellas pautas para tomar una decisión [8]. Estas pautas son parámetros generales establecidos para el tomador de decisiones. Los problemas no estructurados son aquellos problemas nuevos e inusuales que

para confrontarlos los gerentes deben tomar decisiones no programadas [9]. Este tipo de decisión implica buscar soluciones a medida. El gran problema que se presenta en la toma de decisiones, cuando se piensa en el mundo actual, es que toda decisión tomada está intensamente ligada al carácter de aquella persona tomadora de la misma [8]. Por un lado, esto se analiza como algo positivo ya que, según quién está analizando las posibles alternativas frente a un problema, surgen diversas formas de enfrentarlo, pero, si se habla en un marco de capacidad, toda decisión depende de la habilidad de la persona que debe tomarla, y como aquella persona es un humano, el mismo no podrá evaluar todas las alternativas y aquellas que sí podrá analizar, lo hará bajo criterio de su razón, en otras palabras, toda elección o propuesta será subjetiva [8]. Esto genera que no exista una verdadera objetividad en la toma de decisiones y que no todo el entorno sea analizado, por lo que la alternativa planteada no siempre será de las mejores posibles [7]. Si el gerente intenta aproximarse a una decisión considerada correcta tendrá que utilizar demasiado tiempo en la investigación del contexto, en el análisis de las alternativas y en pensar a futuro cómo éstas podrían impactar en la organización. En otras palabras, la utilización de recursos por parte del tomador de decisiones puede alcanzar niveles altos, por ejemplo, si el sistema a analizar es de gran complejidad, puede derivar en un gran estancamiento temporal para el gerente que deberá dedicar grandes cantidades de tiempo a la recolección y utilización de la información. Esto, a la larga, se traduce en grandes pérdidas de tiempo y costos a la organización [9].

2. Organizaciones que aplican IA con las diferentes técnicas

En la actualidad se pueden identificar múltiples tecnologías diferentes entre sí, a

la hora de hablar sobre la implementación de la Inteligencia Artificial. En el campo de la gestión financiera y empresarial, las más destacadas son cuatro[10]:

- Redes Neuronales Artificiales (RNA)
- Lógica Difusa
- Manejo por Algoritmos (MBA)
- Sistemas Expertos

Las RNA buscan recrear el funcionamiento del cerebro a la hora de tomar decisiones tanto lógicas como matemáticas [10]. Al igual que en las neuronas de los humanos, la Inteligencia Artificial en esta técnica surge a partir de los pensamientos, que a su vez son generados a partir de inputs, que en las personas serían los estímulos que uno recibe constantemente a partir de los sentidos (la vista, el olfato, etcétera). Es decir que la IA basada en Redes Neuronales Artificiales consiste en unidades de procesamiento que intercambian datos o información, para luego ser utilizadas en el reconocimiento de patrones [11]. Esta técnica es muy utilizada a la hora de pronosticar el precio de acciones o, interpretar los gastos producidos llevando a empresas como al Banco BBVA a ofrecer productos a sus clientes que los ayudan a planificar y decidir sobre sus gastos en base a transacciones pasadas [12].

La Lógica Difusa en términos matemáticos es aquella que, a diferencia de la lógica de Boole, contempla no solo opciones de verdadero y falso, sino también las múltiples variables de respuesta que se encuentran entre ambas [13]. De esta forma, en el campo de las empresas, donde muchas de las decisiones son tomadas en base a criterios subjetivos, aparece la Inteligencia Artificial basada en Lógica Difusa. La misma se utiliza para resolver procesos muy complejos los cuales carecen de un modelo matemático simple [13]. Empresas prestamistas como por ejemplo ZestFinance [14] o Affirm [15]

utilizan esta tecnología para evaluar los riesgos a la hora de decidir sobre el otorgamiento de un crédito y, también, para detectar posibles fraudes [16].

El Manejo por Algoritmos, o MBA (por sus siglas en inglés Management by Algorithm) es una de la técnicas más utilizadas dentro del campo de la Inteligencia Artificial. Los Algoritmos utilizados en el MBA son llamados Algoritmos Genéticos, ya que son el resultado de recientes avances en la computación evolutiva. Estos algoritmos simulan la mecánica de la selección natural y la genética histórica para encontrar una solución óptima [3]. Empresas como Google, Netflix, Amazon, Alibaba y Facebook optan por esta técnica a fin de lograr identificar el perfil de cada usuario, para luego darle a la IA la capacidad de decidir entre una gran cantidad de películas, artículos, o publicidades, cuál es más adecuada para cada uno [4].

Por último, pero no menos importante, los Sistemas Expertos utilizados en la IA emulan el comportamiento de un experto humano en la solución de un problema [17]. Almacenan conocimientos concretos para un campo determinado y mediante la deducción lógica de conclusiones resuelven los diferentes problemas [17]. Estos sistemas pueden estar basados en reglas, donde disponen de unos conocimientos predefinidos que utilizan para tomar todas las decisiones, o basados en casos (CBR, Case Based Reasoning), donde aplican el razonamiento basándose en soluciones a problemas similares, planteados anteriormente [17]. Esta técnica es conocida ya que supone un gran apoyo para los profesionales, les permite optimizar los tiempos, y en ocasiones hasta realiza las tareas por sí misma. Por ejemplo, General Electric Company[18], que se encarga de la reparación de locomotoras utiliza un Sistema Experto llamado DELTA[19] que le facilita el

diagnóstico a los mecánicos y luego la misma IA decide cual es la mejor forma de proceder a reparar la locomotora, instruyendo al profesional la manera adecuada de hacerlo [20].

3. Comparación entre las empresas que emplean IA y las que no

No hay duda de que el futuro que se aproxima para las empresas será protagonizado por los diferentes tipos de IA. Grandes empresas realizando importantes inversiones para la investigación y especializándose en Inteligencia Artificial, dejan en claro que está cambiando el manejo de las empresas a la hora de tomar decisiones [7].

Si bien existen muchas empresas que implementan esta tecnología, también se encuentran las que no ven esta implementación de manera favorable, y continúan con su proceso de toma de decisiones tradicional [3].

Las empresas que no utilizan IA, suelen dividirse en sectores administrados por un gerente, quien será el que tomará la decisión determinante a la hora de concluir cada tarea (luego de pasar por las 8 etapas), por lo que la decisión será un reflejo de su capacidad de razonamiento, la habilidad que tenga a la hora de tomar decisiones y de su punto de vista únicamente.

Las empresas que sí utilizan la IA, tienen como principal ventaja la capacidad de combinar los conocimientos de distintas disciplinas, procesando información y resolviendo problemas imitando, y mejorando, lo que un humano haría [17]. Las técnicas de IA, no son únicamente utilizadas para el procesamiento de la información, sino que también es una herramienta importante para la organización de información que permite realizar una toma de decisiones más precisa, en función de los objetivos perseguidos. También, a través de la utilización de sistemas automatizados para

realizar tareas que resulten rutinarias o repetitivas se logra una amplia mejora en la productividad, ya que se reduce la tasa de error comparada con la que tendrían a cargo del personal. Otra clara ventaja de la implementación de la IA es la optimización del tiempo, ya que el gerente no ocupa su tiempo en la toma de decisiones y, en cambio, tendrá la posibilidad de abocar ese tiempo para la solución de otros problemas que no sea posible o eficiente ser resueltos a través de IA.

4. Costos de la inserción de la IA en las empresas

Dado que cada desarrollo se adapta a las necesidades de la empresa y que no siempre éstos son realizados por la empresa misma (sino que también puede ser realizado por terceros, tales como consultoras o empresas dedicadas al desarrollo de IA), no es posible enunciar un precio exacto. Sin embargo, existen cuatro fases principales a contemplar para el costeo de un desarrollo [19]:

- Requerimientos
- Datos
- Modelo
- Producción

El proceso del desarrollo comienza en la fase de requerimientos. Esta fase se basa en entender qué es lo que la empresa busca del producto. Mientras más precisa sea la interacción entre ambas partes, más fácil le será al desarrollador determinar el costo del producto. En esta etapa, es crucial el entendimiento y el diálogo entre las dos partes, a fin de que el producto se realice exitosamente [19].

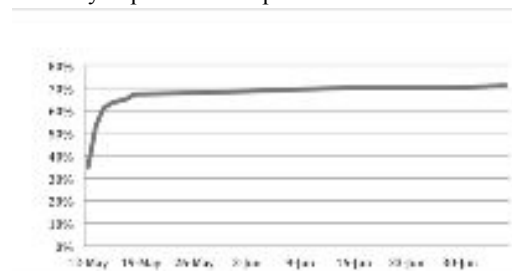
La segunda fase es la base de datos. En esta etapa, se recopilan datos para poder “alimentar” al algoritmo a utilizar. Es importante que los datos usados sean de buena calidad ya que sino, la prueba del modelo se vuelve inútil [19].

La siguiente fase es la de modelo. El modelo es la parte del desarrollo que se

encarga de devolver la información procesada por el algoritmo. En esta fase, se debe establecer objetivamente la métrica para medir el éxito y la precisión del modelo. En la figura 1, se observa la precisión del modelo a lo largo del tiempo, a medida que al modelo se lo va perfeccionando. Es la etapa más extensa del desarrollo ya que puede llevar varios días elegir el algoritmo a utilizar, preparar el modelo y probarlo [19].

La cuarta, y última fase, es la de producción. Esta etapa se divide en dos partes: primero se integra el desarrollo con el sistema informático actual de la empresa. La segunda parte, es la actualización del modelo, en la que se busca principalmente darle nueva información al modelo para mejorar su capacidad [19].

Figura 1. Relación entre porcentaje de precisión del modelo y el paso del tiempo.



5. Impacto de la IA en las empresas

Las empresas, para mejorar su competitividad, necesitan tener la capacidad de tomar decisiones basadas en el conocimiento de sus procesos y clientes para mejorar el modelo de negocio [20]. El impacto producido al incorporar técnicas de IA es altamente beneficioso tanto a corto como a largo plazo.

La IA lleva a las empresas a evolucionar hacia sistemas más inteligentes y autónomos que integran de manera natural la parte económica y la parte operativa, cualquiera sea el rubro del negocio (desde finanzas, educación, hasta agricultura)

[20]. De esta manera, las empresas son capaces de tomar decisiones de manera más rápida y con mayor certeza [21]. Los procesos se transforman para ser altamente flexibles, lo que implica la personalización del producto acorde a las nuevas necesidades de los clientes, sin dejar de lado la economía actual e inclusive aprovechándola para encontrar nuevos nichos de negocios.

Otros beneficios son la optimización del flujo y transparencia de la información, ya que el proceso de toma de decisiones (desde el análisis de opciones hasta la justificación de la decisión final) queda por completo registrado en los sistemas, permitiendo a futuro nuevas evaluaciones de los procesos y métodos llevados a cabo. A través de la IA, las empresas logran aumentar la conectividad con los ecosistemas de negocios, logrando mejores rendimientos y subiendo su posicionamiento global [22].

Los procesos de toma de decisiones tradicionales son rudimentarios y estáticos, lo que genera un control deficiente en la gestión de negocios. Por eso, una de las más grandes ventajas competitivas que logra la implementación de la IA se debe a que incorpora indicadores socio-económicos, representando situaciones reales como fuente de información de vital importancia para la evaluación del mercado. Estos indicadores disminuyen la incertidumbre a partir de las condiciones actuales del mercado e inferirlas tanto a corto como a mediano plazo [23].

De todas formas, existen ciertos obstáculos a tener en cuenta que imposibilitan el uso eficiente de la IA. En primer lugar, la falta de capacitación y entrenamiento del personal lleva al mismo a cometer errores al momento de aplicar los sistemas de toma de decisiones, lo que provoca fallas en la evaluación de casos [21]. Por otro lado, existe poca flexibilidad en los procesos internos de comunicación de las

empresas. Esto no permite una evaluación real de las circunstancias de la empresa y las decisiones a las que se llega no logran cumplir los objetivos para los que fueron adquiridas.

6. Segmentos beneficiados por el uso de la IA

La Inteligencia Artificial ha ganado una gran participación en las empresas. Sin embargo no todo es tan sencillo, ya que la decisión de utilizar esta tecnología se toma con mucha precisión y análisis. “Resulta difícil invertir dinero, recursos, personal y tiempo de formación en una nueva tecnología...” [21] es por ello que las empresas que deciden emplear IA conocen con exactitud, con una serie de estudios, qué sectores se verán más beneficiados. Cabe mencionar entre ellos al sector financiero, el Área Contable y en las instituciones bancarias, el área de inversiones y gestión monetaria [25].

A pesar de ser una tecnología que posee un buen rendimiento, tiene limitaciones humanas careciendo de creatividad y de sentido común. Por lo tanto, los segmentos que requieren de ella son los que necesiten tomar decisiones objetivas, consistentes y desapasionadas con todo el conocimiento acumulado (que se verán más adelante) [16].

La IA cuenta con diversas actividades donde puede implementarse, algunas de ellas son: la robótica, la visión artificial, técnicas de aprendizaje y de ingeniería del conocimiento [25]. Las últimas mencionadas son destacadas como “las más aplicables al campo de las finanzas, desde el punto de vista de los negocios” [25].

El sector financiero depende de la informática financiera, que se basa en el almacenamiento de datos y la realización de cálculos para producir estimaciones futuras que generan a través de algoritmos sencillos.

Es posible destacar como actividad que se realiza en este sector a las Redes Neuronales Artificiales ya que “sus sistemas basados en computación neuronal están dotados de gran poder predictivo y capacidad de adaptación a un entorno cambiante” [25]. En este sector el humano puede verse desbordado por la inmensa cantidad de información que debe manejar. Por consiguiente, busca ayuda en IA para que manipule estos complejos conocimientos [16].

Otro segmento específico donde también es reconocido el uso de IA es el Área Contable, ya que no sólo se trata de facilitar datos a los empleados del sector, sino que también recomienda el mejor camino a seguir que deben tomar. Algunas de estas decisiones se basan en la reducción de costos, la evaluación de incrementos en la inversión o la necesidad de la compañía de utilizar fuentes de financiamiento externo, entre otras. Es por esto que, muchas organizaciones en el ámbito de la contabilidad tienen un gran interés en IA como el AICPA (*American Institute of Certified Public Accountants*), el ICAEW (*Institute of Chartered Accountants in England and Wales*), o la AAA (*American Accounting Association*), la cual posee un área dedicada exclusivamente a esto con más de 300 asociados [25].

Por otro lado, se puede observar cómo las instituciones bancarias buscan con IA mejorar su política de préstamos e inversiones. Así es como la aplican a las áreas relacionadas con las estrategias de las inversiones y gestión monetaria [3].

7. Conclusiones

En el presente trabajo se describe cómo funciona la implementación de IA en el ámbito empresarial para la optimización del proceso de toma de decisiones. Con dicho propósito, primero se ha descrito por separado cómo se toman las decisiones en las empresas que optan por medidas

más tradicionales, y cómo es el proceso en las empresas que aplican técnicas de IA. Se ha hecho un contraste entre ambas que permitió ver las diferencias fundamentales entre una y otra. Luego, se analizó tanto el costo como el impacto que genera la inserción de la IA en las empresas y cuáles son los segmentos que se ven mayormente beneficiados, para dar un enfoque más amplio y tangible que permita proyectar en empresas reales, no solo a presente o mediano plazo si no también a futuro. Como futura línea de trabajo, se considera estudiar si la utilización de la IA representa una amenaza real a los recursos humanos que estaban a cargo de las tareas ahora realizadas (más eficientemente) por las técnicas mencionadas.

Referencias

- [1] SGMA. *Inteligencia Artificial*, Capítulo 4 ,p. 113-122, 2011. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lko8>
- [2] NEMATI, Hamid. *Knowledge warehouse: an architectural integration of knowledge management, decision support, artificial intelligence and data warehousing*, University of North Carolina at Greensboro, 2012. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lkz>
- [3] SOSA SIERRA, María Del Carmen. *Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial*, Universidad del Atlántico y Universidad del Norte, 2017. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/LkRw>
- [4] SCHRAGE, Michael. *4 Models for Using AI to Make Decisions*, Harvard Business Review, 2017. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lkgv>
- [5] PIÑERIO SÁNCHEZ, Carlos. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, Diaz de Santos S.A, 2013. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/LxGB>
- [6] CARDOZO, Alejandro Pablo. *Administración empresarial, Capítulo 1*, Temas Grupo Editorial, 1a edición, Buenos aires, 2007. Fecha de consulta: 5 de Septiembre de 2018.

- [7] CARDOZO, Alejandro Pablo, BARRIENTOS, Jorge Washington. *Temas de administración, Capítulo 6*, Temas, 1ra edición, Buenos Aires, 2011. Fecha de consulta: 5 de Septiembre de 2018.
- [8] ROBBINS, Stephen . *Administración, Capítulo 2*, 10ma edición, México, 2010. Fecha de consulta: 5 de Septiembre de 2018.
- [9] JONES, Gareth R., GEORGE, Jennifer M.. *Administración contemporánea, Capítulo 7*, McGraw-Hill Interamericana Editores, 4ta edición, 2003. Fecha de consulta: 5 de Septiembre de 2018.
- [10] CARRANZA BRAVO, Paola. *Introducción a las técnicas de inteligencia artificial aplicadas a la gestión financiera empresarial*, Fides Et Ratio La Paz, 2010. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lxo0>
- [11] MATICH, Damian Jorge. *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*, UTN FRRO, 2001. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lxou>
- [12] RODRIGUEZ-SERRANO, Jose Antonio. *¿Que es la inteligencia artificial?*, BBVA Data & Analytics, 2018. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/LxoE>
- [13] BALLESTER BRAGE, Luis - COLOM CAÑELLAS, Antonio. *Lógica difusa: una nueva epistemología para las Ciencias de la Educación*. Universidad de las Islas Baleares 2006. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/LxoG>
- [14] ZestFinance. Compañía prestamista que introduce utiliza IA. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: www.zestfinance.com
- [15] Affirm. Compañía prestamista que introduce utilización IA. Fecha de consulta: 7 de Septiembre de 2018. Disponible en: www.affirm.com
- [16] EQUIPO FINTECH. *Aplicaciones de la inteligencia artificial en el sector financiero*, Observatorio FinTech, 2017. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/LxoQ>
- [17] PINO DIEZ, Raul - GOMEZ, Alberto - DE ABAJO MARTINEZ, Nicolas. *Introducción a la inteligencia artificial: Sistemas expertos, redes neuronales artificiales, y computación evolutiva*. Universidad de Oviedo, 2001. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/LxoX>
- [18] General Electric Company. Corporación conglomerada multinacional con diversos propósitos. Disponible en: www.ge.com. Apartado dedicado a locomotoras. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2z2NTx5>
- [19] DELTA: Diesel Electric Locomotive Troubleshooting, Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2Kvmhpl>
- [20] FUENTES COVARRUBIAS, Ricardo. *Desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de fallas automotrices*. ResearchGate , 2013. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lxoq>
- [21] SAVASTANO, Piero. *How much does machine learning cost?*, 2016. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lx94>
- [22] SCHWARZ DIAZ, MAX. *Reflexiones sobre el proceso de toma de decisiones gerenciales en la empresa*, Universidad de Lima Facultad de Ciencias empresariales y economicas, 2018. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lx9Y>
- [23] GARCÍA-MARTÍNEZ, ALEJANDRO. *Impacto de los sistemas de soporte de decisión en el sector eléctrico*, Geotermia, Vol. 21, No.2, Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación, México, D.F. 2008. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lx9d>
- [24] SCHEEL MAYENBERGER, CARLOS, RIVERA, ÁNGEL EUSTORGIO. *Utilización de las TIC y su impacto en la competitividad de las empresas latinoamericanas*, Universidad & Empresa, Universidad de Rosario, [S.l.], v. 11, n. 16, p. 71-93, 2009. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lx9U>
- [25] LONDOÑO MORA, PAOLA ANDREA, KURLAT, MARIA ELENA, AGUERO , MARTIN JORGE. *Conjunto de Indicadores Socioeconómicos para un Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones*, Ciencia y tecnología, N°. 13, págs. 327-332, 2013. Fecha de consulta: 8 de Septiembre de 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lx9S>

Vulnerabilidad de datos de los usuarios en las Redes Sociales

Abstract

El presente trabajo tiene como objetivo determinar la vulnerabilidad de los datos personales en aplicaciones o programas que se pueden encontrar en Internet. Muchas aplicaciones requieren de datos personales para su uso. En algunos casos, estas aplicaciones no están exentas de fallos y son vulnerables a ser hackeadas, lo cual pone en riesgo los datos personales de los usuarios involucrando información íntima tal como el acceso a cuentas bancarias, correos, contactos, etc.

Entre los métodos que se utilizan para evitar esta pérdida de datos se encuentran: evitar publicar información personal, utilizar contraseñas seguras, reportar problemas, entre otros.

En conclusión, las Redes Sociales son indispensables para la mayoría de las personas debido a que presentan ventajas tales como la comunicación a larga distancia, el intercambio de ideas, el entretenimiento, la búsqueda de información, entre otros. Sin embargo, también presentan desventajas importantes como por ejemplo la necesidad de exponer información personal para su uso y la posible pérdida de información de los usuarios por parte de cibercriminales.

Palabras Clave: Usuario, privacidad, aplicaciones, cibercriminales, Redes Sociales,

Introducción

A lo largo de la historia, el hombre necesitó implementar recursos para poder comunicarse con otros individuos, algo esencial para poder intercambiar ideas, complementarse y solucionar sus problemas de manera colectiva [1].

La comunicación a larga distancia es una necesidad, y los avances tecnológicos implementan medidas para satisfacerla. Una de estas medidas es Internet, a partir de la cual surgieron nuevas formas de comunicación. Sin embargo, para la comunicación a larga distancia hacen falta programas o aplicaciones que permitan a los individuos establecer diferentes tipos de

conexiones con otros usuarios [2]. Estos programas y aplicaciones conforman las Redes Sociales, las cuales diariamente obligan al usuario a resguardar y confiar su información personal para hacer posible su uso, existiendo así el riesgo de la venta de la identidad e información personal de millones de personas [3].

En este contexto el presente trabajo (en el marco de la cátedra de Sistemas y Organizaciones, año 2018), es determinar la vulnerabilidad de los datos personales de los usuarios dentro de las diferentes Redes Sociales en Internet. Para cumplir con el objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1, se analizan las aplicaciones que requieren permisos por parte de los usuarios para acceder a ciertas funciones de su dispositivo afectando su privacidad; en la sección 2, se comparan los números de usuarios hackeados en cada año; en la sección 3, se determinan métodos, cuya utilización por parte de los desarrolladores o de cibercriminales, afectan a la privacidad y la pérdida de información de los usuarios.; en la sección 4, se listan las consecuencias de pérdida o venta de información sobre los usuarios; en la sección 5, se mencionan las posibles prevenciones o consejos para resguardar los datos confidenciales de cada usuario. Finalmente, en la sección 6 se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

Efecto de las aplicaciones en la privacidad de los usuarios

Cada día son más las aplicaciones que, en mayor medida, obligan a los usuarios a acceder a determinadas funciones de sus dispositivos, como pueden ser la cámara, ubicación, contactos, micrófono, entre otras

[4]. Esto genera ciertas ventajas, entre ellas mejorar la experiencia del usuario en el uso de la aplicación, permitir que los desarrolladores perfeccionen ciertos aspectos de la misma, y además, muchos de estos accesos son lógicos e imprescindibles (una aplicación de fotos debe tener acceso a la galería, una de llamadas a los contactos) [5]. Sin embargo, el problema se encuentra cuando las aplicaciones piden permisos para poder evadir la privacidad y utilizar datos de los usuarios, las desventajas que pueden generar estos accesos pueden ser contundentes. La privacidad involucra información personal del usuario, datos íntimos e importantes de cada persona como puede ser la galería de fotos o datos bancarios [6].

Un claro ejemplo es una aplicación denominada True Caller, la cual sirve para detectar llamadas de números desconocidos y después poder bloquearlos [7]. Si bien esta aplicación tiene buenas calificaciones por parte de los usuarios en Play Store (4,5 estrellas y más de 100 millones de descargas), al solicitar el permiso y el número de celular del usuario, es capaz de extraer datos cómo, con quién habla, por cuánto tiempo o, los números que marca a diario, para luego mandárselo a terceros [8].

En la aplicación de Facebook también se pueden encontrar claros ejemplos de acceso a información personal. En algunas publicaciones aparecen páginas que intentan llamar la atención con títulos como: “¿A qué famoso te pareces?” “Descubrí quién fuiste en tu vida pasada”. Estas páginas aparentan ser inofensivas, pero la realidad es que al intentar abrirlas, te piden accesos a contactos, correo electrónico, fotos, lista de amigos, entre otros [9].

En la figura 1, se muestra una imagen de los requisitos que se solicitan frecuentemente para el uso de aplicaciones.

Figura 1. Imagen representativa de permisos que solicitan publicaciones en Facebook [10].



Según Panda Security (empresa española especializada en ofrecer servicios de seguridad informática), el principal motivo de acceso a los datos es para fines publicitarios [11]. Por ejemplo, a través de la ubicación los desarrolladores pueden enviar publicidad acorde al país en que se encuentre el usuario. Sin embargo, muchas de las aplicaciones conocidas mundialmente como WhatsApp [12], Facebook [13], Instagram [14], Messenger [15], solicitan estos permisos y tienen la posibilidad de utilizar o vender información si ellos se lo disponen. El problema puede ser de gravedad si la aplicación tiene intenciones malignas, puede instalar un malware a través de estos permisos y robar datos bancarios. Además, mediante los permisos a mensajes de texto, una aplicación puede leer y escribir en el nombre del usuario y suscribirlo a un servicio de mensajería, la cual podría enviar mensajes de pago sin su consentimiento.

Es recomendable leer y verificar los permisos que se están solicitando y preguntarse si realmente son o no necesarios. [16]

En la figura 2, se puede observar otro ejemplo de los permisos que pueden terminar siendo un grave problema para el usuario.

Figura 2. Permisos a mensajes de texto, llamadas y contactos por parte de una aplicación [17].



Informe y gráficos de usuarios hackeados

A menudo, las Redes Sociales presentan fallos de seguridad, como por ejemplo Instagram, aplicación la cual debido a sus fallas, gastó más de 4 millones en recompensas a aquellas personas que lograron avisarle acerca de estos fallos a la plataforma [18]. Los usuarios que utilizan estas Redes Sociales, pueden ser perjudicados tanto personal como financieramente [19].

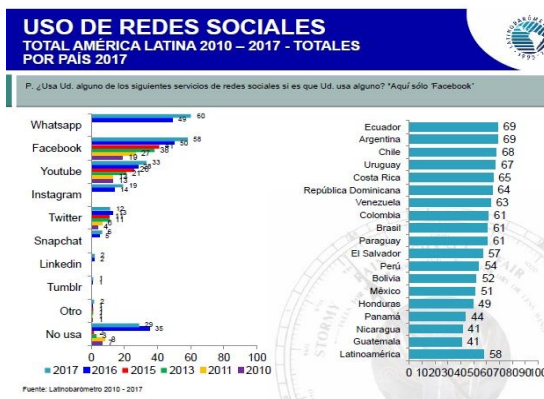
En el año 2016 un virus llamado “Botnet” infectó peligrosamente a una de las Redes Sociales más utilizadas; Facebook, en el cual, se produjo una caída del sistema y dejó inoperantes a sus usuarios. Este virus informático infectó a servidores y ordenadores por igual, actuó de forma remota y autónoma [20].

En Agosto de 2017 el número de usuarios hackeados en Redes Sociales alcanzó la enorme cifra de 3.000 millones de usuarios. (Teniendo en cuenta que la población mundial es de 7.500 millones de personas) [21].

En 2018 se han producido enormes fallos de seguridad en estas Redes Sociales, un ejemplo de éstas es Twitter. Esta empresa tuvo un fallo técnico y se vió obligada a anunciar el cambio de contraseñas a sus 330 millones de usuarios [22].

En la figura 3, se muestra la cantidad de usuarios que utilizan los diferentes tipos de Redes Sociales y los países que más las utilizan: [23]

Figura 3. Estadística del uso de Redes Sociales en América Latina [24]



Esta encuesta realizada en el año 2017, muestra una estadística del uso de de Redes Sociales en la región de América Latina. El uso de Whatsapp, Facebook y Youtube se encuentran en los primeros lugares, demostrando de esta manera, la importancia de la comunicación para las personas.

Métodos de obtención de información por parte de los desarrolladores

Tanto los desarrolladores como los cibercriminales se encuentran en una constante carrera para desarrollar métodos que permitan superar las herramientas del otro. Es por esto que sus metodologías evolucionan para afrontar los nuevos desafíos que se presenten.

Algunos de los métodos que emplean los desarrolladores en la actualidad para proteger al usuario son las medidas que toma Android en sus aplicaciones. Antes de ser descargadas informan al usuario de una lista de permisos que solicita la aplicación, permitiendo al usuario cancelar la descarga si considera que pide accesos excesivos o resulta sospechosa [25]. Por ejemplo, una

aplicación que pida acceso a información del dispositivo como número de teléfono o contactos cuando no hay una necesidad clara para que requiera esos datos. Android también provee herramientas que buscan hacer a las aplicaciones y al sistema más seguro, por ejemplo el archivo strings.xml, que puede ser utilizado por el desarrollador para evitar la fuga de información mediante herramientas de ingeniería inversa o análisis forense de la memoria RAM [26].

Igualmente los cibercriminales emplean diversos métodos para robar información, uno de los más famosos es el ransomware. Este es un tipo de virus que encripta datos con una clave generada en el dispositivo, y a su vez encripta la clave con una clave global, a la que solo el creador tiene acceso. El virus entonces presenta una forma de contactar al creador y éste pide un pago para descryptar la clave, esencialmente un secuestro virtual de datos [27].

Consecuencias por pérdida o robo de datos de los usuarios

Las aplicaciones tienen acceso a una gran cantidad de información personal del usuario como pueden ser su número de teléfono, cuentas de correo electrónico, cuentas bancarias, huella dactilar, ubicación, entre otros [28]. Esto conlleva a que en el caso existir una brecha de seguridad, toda esa información pueda ser robada; lo cual produciría consecuencias en diferentes casos:

- Cuentas bancarias, puede llevar a la pérdida de capital por parte del usuario.
- Correos electrónicos, puede llevar a la sustracción de información como pueden ser cuentas asociadas a ese correo electrónico, información personal, información sensible y posible suplantación de identidad.

- Cuentas de aplicaciones, ya sean Redes Sociales u otras.
- Archivos alojados en el dispositivo, fotos o videos personales, documentos de trabajo.
- Contactos, y con ello información de las personas relacionadas al usuario.
- Ubicación, donde está el usuario e incluso su comportamiento (a donde va y a qué horas lo hace).

Consejos para resguardar los datos confidenciales de cada usuario

Existen ciertas prevenciones para resguardar y al mismo tiempo proteger los datos del usuario, algunas de éstas son [29]:

- No publicar información personal (Nombre completo, domicilio, número de teléfono);
- No permitir que aplicaciones o anuncios tengan acceso a la información personal;
- Si el usuario es menor de edad, se recomienda consultar a sus responsables antes de aceptar el acceso a la información personal por parte de programas externos;
- Utilizar contraseñas seguras, mientras más caracteres, letras y mayúsculas mejor;
- Reportar cualquier tipo de problema que se presente;
- Ante una compra verificar que se encuentre el candado de seguridad, este comprueba una segura comunicación entre el navegador (usuario) y el sitio Web;
- Verificar que el sitio web presenta el certificado de identidad o sello de confianza;
- Siempre utilizar el Antivirus para disminuir el riesgo de pérdida de información;
- Borrar las cookies (información que guarda el navegador sobre uso previo del mismo) todos los días,

estas contienen información personal;

- Leer las políticas de privacidad, permite saber a quienes se le dará acceso a información del usuario;
- Verificar que la dirección del sitio Web empiece con https siendo así un sitio seguro;

Resultados

En el presente trabajo, los resultados demuestran la gran cantidad de gente que sufre ataques por parte de los cibercriminales, los riesgos, pérdidas y la manera en que los mismos se pueden prevenir. Cifras que alcanzan los cientos de millones de usuarios hackeados indican la tangible necesidad de estar informado frente a las maneras en las que se puede proteger la información. Los métodos más comunes y efectivos se encuentran adecuadamente descritos, por lo tanto, el usuario debería ser capaz de reducir las probabilidades de la evasión de su información a futuro a más de la mitad, en caso de no haberlas conocido previamente. Por otra parte, el análisis del uso de aplicaciones y Redes Sociales demuestran la cantidad de gente que se involucra a las mismas, generando un impulso en otras personas a tener que involucrarse en estas Redes para mejorar la comunicación y estar al tanto de lo que sucede día a día, lo cual termina produciendo una cadena de gente que tiende a compartir su información con frecuencia mediante los accesos permitidos. De esta manera, aumenta la cantidad de personas afectadas por la pérdida de información. Se denota sin embargo la necesidad de revisar y actualizar la metodología efectuada de manera anual, debido a la velocidad exponencial con la que el campo de la tecnología digital avanza.

Conclusión

A través de la investigación, se puede observar que los usuarios deben tener presentes las consecuencias del uso de las Redes Sociales. De hecho, todo indica que día a día los riesgos aumentan. La gente, por su parte, agrega datos personales importantes, cuya utilización puede ser gratificante para los cibercriminales. Es decir, la información detallada en este documento revela que el número de usuarios hackeados a lo largo del tiempo, y por lo tanto la posibilidad de que ocurra un hackeo en el presente, es significativa. Teniendo en cuenta que la cantidad de gente que se involucra al uso de Redes Sociales también aumenta de manera amena.

Como futuras líneas de trabajo se prevé realizar un estudio con respecto al número de usuarios afectados por la pérdida de datos y la cantidad de gente que utiliza las Redes Sociales. Por otro lado, se pretende analizar cuáles son las medidas de seguridad que utiliza cada empresa para proteger a sus usuarios e informar la factibilidad de cada uno de los métodos de prevención.

Referencias

- [1] Williams, R. Historia de la comunicación, vol. 1: Del lenguaje a la escritura. Barcelona: Editorial Icaria. Amparo Moreno Universidad Autónoma de Barcelona, 1922. ISBN 9788476762196.
- [2] Cornejo, Marqueza, Tapia, María Lourdes, Redes sociales y relaciones interpersonales en internet. Fundamentos en Humanidades [en línea] 2011, XII (Sin mes).ISSN 1515-4467.
- [3] Lomborg, Stine; Bechmann, Anja. Using APIs for data collection on social media. The Information Society, 2014, vol. 30, no 4, p. 256-265
- [4] Fernando Muñoz; Telefonía Móvil; 2014.

- [5] Luis Ortega; Application Permissons. Posted on 21.01.2018.
- [6] Juan Antonio Pascual. Los permisos de las Apps te roban y espían. ComputerHoy, 2015. [fecha de consulta: 5 agosto 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Cy1wG6>
- [7] Sitio Web True Caller: <http://bit.ly/2N0rUxn>
- [8] Natalia de la Peña Frade. Configura los permisos de Apps en Android [en línea]. Enclaveproductiva, 2015.[fecha de consulta: 5 agosto 2018].Disponible en: <http://bit.ly/2Qgk7Jw>
- [9] Karl Thomas. Permisos de aplicaciones que debes tener cuidado [en línea]. Welivesecurity,2015. [fecha de consulta: 5 agosto 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2MfJSXs>
- [10] Imagen; <http://bit.ly/2oUNAwq>
- [11] Panda Security S.L[en línea] [fecha de consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2O2jhyL>
- [12]Whatsapp Web [en línea][fecha de consulta: 20 agosto 2018].Disponible en:<http://bit.ly/2wS0jnV>
- [13] Facebook [en línea][fecha de consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en:<http://bit.ly/2CBNAuF>
- [14] Instagram [en línea][fecha de consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en:<http://bit.ly/2wYG1cj>
- [15] Messenger [en línea][fecha de consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en:<http://bit.ly/2NYcNAO>
- [16] Manuel Fernández. El Español, 2018 5 Consejos para proteger tu móvil de aplicaciones peligrosas[en línea][fecha de consulta: 12 agosto 2018].
- [17] Rubén Andrés. Computerhoy, 2014. Controla los permisos y acceso de tus aplicaciones Android. [en línea][fecha de consulta: 12 agosto 2018].
- [18] C. Otto. La sexta, Tecnoplora, 2018. El negocio de hackear redes sociales [en línea][fecha de consulta: 14 de junio 2018].
- [19] Jylian Russell. Hootsuite, 2017. 5 riesgos de seguridad en redes sociales y cómo evitarlos[en línea][fecha de consulta: 2 de julio 2018].
- [20] David Sarabia. Eldiario.es, 2016. El año que nos hackearon peligrosamente. [en línea]. [fecha de consulta: 13 de junio 2018].
- [21] El Sol, 2018. Fallo de Seguridad: Twitter pidió a sus usuarios cambiar la clave. [en línea][fecha de consulta: 3 de julio 2018].
- [22] Observatorios de Medios UCA: Uso de Redes Sociales. [en línea]. 2017, octubre, 28 [fecha de consulta: 4 de julio de 2108].
- [23]Pimienta García, Rodrigo, Aguilar Torres, Gualberto, Ramírez Flores, Manuel, Gallegos García, Gina. Métodos de programación segura en Java para aplicaciones móviles en Android. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*. Noviembre 2014, Vol. 21-3 pp. 243-248. ISSN:1405-0269
- [24] Guadalupe Moreno.Stadista, 2017. Los usuarios de redes sociales se acercan al total de la población mundial[en línea][fecha de consulta: 20 agosto 2018].
- [25] Michael Nuncic. Ontrac, 2017. ¿Nos roban los datos las aplicaicones moviles? [en línea][fecha de consulta: 20 agosto 2018] .
- [26] Narinder Pruba. Welivesecurity, 2016. Los cibercriminales se apoyan cada vez mas en el ransomware[en línea][fecha de consulta: 23 agosto 2018].
- [27]Thomas J. Holt, Olga Smirnova & Yi Ting Chua (2016) Exploring and Estimating the Revenues and Profits of Participants in Stolen Data Markets, *Deviant Behavior*, 37:4, 353-367, DOI: 10.1080/01639625.2015.1026766
- [28]Diario El Universal, 2015.¿Cómo protegerse de los delitos informáticos?[en línea][fecha de consulta: 12 de junio 2018].
- [29]Santillan Arenas, Javier Ulises;Becerril Lopez, Sergio Andrés. Fraude Electrónico[en línea]. 2009.[fecha de consulta: 12 de junio 2018].
- [30]Young, Adam y Yung, Moti. Privacy and Security Cryptovirology: The Birth, Neglect, and Explosion of Ransomware. *Communications of the ACM*. Julio 2017, volumen 60 n. 7, pp. 24-26. DOI:10.1145/3097347

Aplicación de técnicas de Big Data para el análisis del crecimiento poblacional según el nivel de instrucción en provincia de Buenos Aires

José Santiago Cerrutti

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba

Abstract

Análisis una muestra de datos que relaciona la cantidad de nacimientos en provincia de Buenos Aires y el nivel educativo de las madres, entre los años 2010 y 2016. Se pretende analizar si existe una desproporción entre la cantidad de nacimientos de madres de nivel de instrucción bajo y de las de nivel de instrucción alto.

Palabras clave

Provincia de Buenos Aires, Nivel de instrucción de la madre, Crecimiento poblacional en Argentina, Análisis de datos, Datos abiertos, Pandas.

Introducción

El presente artículo corresponde al trabajo práctico integrador de la cátedra electiva: “Big Data: arquitecturas y estrategias para el análisis de datos masivos”, correspondiente al quinto nivel de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información.

La capacidad productiva de una sociedad está estrechamente vinculada con su nivel educativo [1]. Las personas que alcanzan un mayor nivel de instrucción son más competentes y, por lo tanto, pueden realizar trabajos que tengan un mayor impacto positivo sobre la sociedad, con una remuneración superior y con un bajo nivel de vulnerabilidad. Esta es una de las vías que tienen los países para desarrollarse y generar riquezas.

Si el crecimiento de la sociedad argentina se da de forma desproporcionada, esto es, si las personas con menor nivel de instrucción tienen más hijos, el nivel de vulnerabilidad aumenta por lo que el Estado es quien debe afrontar los costos y así el desarrollo se ralentiza.

Para evaluar el crecimiento poblacional de los diferentes sectores sociales del país, se tomó una muestra de datos que vincula la cantidad de nacimientos con el nivel educativo de la madre entre los periodos 2010-2016 en la provincia de Buenos Aires. Se analizaron tendencias de la cantidad de nacimientos año a año, relaciones entre la cantidad de nacimientos y la población, y se generaron gráficas para una mejor comprensión del contenido de los datos

A partir de los resultados, se deja una reflexión de las posibles causas del fenómeno actual.

Elementos del trabajo y metodología

En líneas generales, las personas con mayor nivel de educación perciben mayores ingresos [2]. Si estas forman familia, se podría pensar que sus hijos tendrán una mejor educación, y entonces podrán impulsar de alguna forma el crecimiento económico de la sociedad. En contraste, si se supone que las familias con menor nivel de educación perciben sueldos más bajos, las posibilidades de sus hijos de acceder a una educación de calidad son menores [3]. Consecuentemente, los trabajos que desarrollen tendrán una incidencia menor en la sociedad, y percibirán sueldos más bajos.

Analizando la situación desde el aspecto de las ganancias, el simple hecho de que una persona reciba un mejor salario, impacta directamente en el saldo público nacional, ya que se le cobran más impuestos, el Estado recauda más dinero, y por consiguiente, puede ejecutar políticas

más efectivas, como redistribuir mejor las riquezas, invertir en obra pública, reducir la deuda pública, bajar la presión tributaria, etc. En otras palabras, le permite al país desarrollarse.

El crecimiento de los diferentes sectores sociales tiene un impacto apreciable a largo plazo en la capacidad productiva de una sociedad. Si aquellos sectores de la población con menor nivel de instrucción crecen más que los de mayor nivel de instrucción, la capacidad productiva de la sociedad, en su conjunto, podría verse reducida.

En la sociedad argentina existen algunas creencias sobre la disparidad en el crecimiento poblacional de los diferentes sectores sociales.

Por ejemplo, se cree que las personas con menor nivel de instrucción tienen mayor desconocimiento en materia de métodos anticonceptivos y salud sexual. Por otra parte, existe la creencia de que, las personas con menos recursos, tienden a tener más hijos dado que ven en ellos un mecanismo de acceso a planes sociales, como la «asignación universal por hijo».

En contraste, se podría pensar también que, las personas con un nivel de educación terciario o universitario, tienden a focalizarse en sus objetivos profesionales y postergan la decisión de tener hijos, o en su defecto, planifican familias sin hijos.

El presente trabajo se desarrolla con la intención de verificar si la población de los diferentes sectores sociales crece realmente de forma dispar o no.

En caso de que el crecimiento de los sectores con ingresos más bajos sea más veloz que el de los sectores con ingresos altos, las entidades responsables de proveer acceso a la educación y a la salud de esta nueva población, deberían poner especial atención a este problema.

Para el desarrollo del presente trabajo se cuenta con datos sobre la cantidad de personas nacidas vivas según el nivel de instrucción de la madre, entre los años

2010 y 2016, en la provincia de Buenos Aires. Además, se tienen datos sobre la cantidad de personas de la provincia que han asistido a un establecimiento educativo, según su nivel de completitud, edad y sexo, tomados en los mismos años.

Los datos provienen de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina (INDEC), la Dirección Provincial de Estadística, dependiente del ministerio de economía de la provincia de Buenos Aires, y portal de datos abiertos de la provincia de Buenos Aires.

Para la verificación de la hipótesis se calcularon porcentajes sobre la cantidad de nacimientos por nivel de instrucción, relaciones entre la cantidad de nacimientos y la población femenina fértil, variaciones entre la cantidad de nacimiento año a año, y se realizaron gráficas que permiten analizar mejor las tendencias de los datos.

Planificación

La presente investigación tiene por objetivo verificar la hipótesis de que el crecimiento poblacional de los diferentes sectores sociales en la República Argentina se da de forma dispareja, experimentando un mayor crecimiento aquellos sectores que tienen un menor nivel de educación.

Requerimientos

- Analizar la evolución de la población argentina a lo largo de los años.
- Analizar la relación entre la variación de la población y el nivel de instrucción.
- Identificar los grupos sociales que experimentan los mayores crecimientos poblacionales.
- Comprobar si la variación de la población se da de forma desproporcionada, según el nivel de educación de las personas.

Herramientas a utilizar

Para la limpieza de los datos, el almacenamiento, la realización de cálculos y la generación de gráficos se utilizaron las siguientes herramientas:

- Python (v3.6.5)
- Jupyter (v1.0.0)
- Pandas (v0.23.0)
- Matplotlib (v2.2.2)

Fuentes de datos

Los datos seleccionados para el desarrollo del trabajo son los siguientes:

- «Nacidos vivos según nivel de instrucción de la madre» [4]. Contiene la cantidad de nacimientos según año, municipio y nivel de instrucción de la madre, entre los años 2014 y 2016.
- «Nacidos vivos por nivel de instrucción 2010-2014» [5]. Contiene datos del total de nacimientos según el nivel de instrucción, por año.
- «Población de 5 años y más que asistió a establecimiento educativo según nivel y completud» [6]. Contiene la cantidad de personas que han asistido a un establecimiento educativo, por nivel de educación alcanzado, completitud, y municipio, para el año 2010.
- «Cuadro P29-P. Provincia de Buenos Aires. Población de 5 años y más que asistió a un establecimiento educativo por nivel de educación alcanzado y completud del nivel, según sexo y grupo de edad. Año 2010» [7].

Actividades

1. Identificación de la problemática

A lo largo de los años el crecimiento económico de la República Argentina ha sido bajo [8]. El nivel educativo de la población tiene un impacto directo sobre la capacidad productiva de una sociedad. En cuanto una persona sea más competente laboralmente, mejor es el trabajo que puede desempeñar, y puede aportar en diferentes aspectos a su entorno social [2].

En la medida que las poblaciones limitadas en capacidad productiva crezcan a mayor velocidad, el crecimiento económico del Estado puede verse disminuido.

Las competencias y el nivel de educación que las personas pueden alcanzar están limitados por sus recursos. Debido a la incidencia descrita a largo plazo, estos sectores requieren una asistencia especial de aquellas entidades gubernamentales que deseen generar un crecimiento sostenido en el tiempo.

2. Búsqueda de set de datos

Los datos utilizados en la presente investigación son públicos y están disponibles en internet. Pueden descargarse desde los links antes mencionados en formato .csv (comma-separated values) o .xls (Microsoft Excel™ spreadsheet). Algunos datos se encuentran protegidos por secreto estadístico; en estos casos, en lugar de encontrar un valor numérico en la celda en cuestión, se halla una 's'.

3. Capacitación en las herramientas a utilizar

Los procesos de preparación de datos y generación de gráficos fueron efectuadas con herramientas conocidas por el autor mediante su trabajo en otros proyectos de características similares.

4. Preparación de los datos

Todos los procesos de extracción, transformación y carga fueron ejecutados en forma manual.

En primera instancia se buscó una denominación común y un código para los niveles de instrucción, ya que estaban descritos de diferentes formas en los datasets.

Hubo que definir un código y una descripción en formato texto para aquellos dataset que tenían los datos desagregados por sexo, municipio, región y rango etario.

En los casos que se encontraron datos protegidos por secreto estadístico, fueron reemplazados por un dato numérico (-1) que no tiene sentido de cantidad.

Todas estas operaciones fueron desarrolladas mediante el uso de la librería «Pandas» de Python.

5. Modelado

Dado que las herramientas a utilizar manejan los datos como tablas en memoria, no fue necesario utilizar ningún tipo de motor de base de datos. Para el caso de que los datos no quepan en memoria, Pandas prevé la utilización de archivos en formato .hdf5 (hierarchical data format) y mediante la librería PyTables permite tratar estos archivos como tablas y abstrae al desarrollador del uso de almacenamiento.

Se modelaron las siguientes tablas:

1. Cantidad de nacimientos, entre los años 2010-2014; columnas: {año, nivel de instrucción de la madre, cantidad}
2. Cantidad de nacimientos, entre los años 2014-2016; columnas: {año, municipio, región, nivel de instrucción de la madre, cantidad}
3. Cantidad de personas que asistieron a un establecimiento educativo, para el año 2010; columnas: {grupo de edad, sexo, nivel de instrucción, cantidad}
4. Cantidad de personas que asistieron a un establecimiento educativo, para el año 2010; columnas: {municipio, región, nivel de instrucción, cantidad}

6. Procesamiento de los datos

Para la generación de gráficas, fue necesario crear copias de los conjuntos de datos y reducirlos hasta contener sólo los datos necesarios para dibujar las gráficas. Se graficaron curvas y gráficos de barra a través de la librería Matplotlib.

El framework de Pandas y de Numpy permite hacer operaciones entre filas, columnas, consultas agrupadas y

operaciones sumarias de una forma sencilla, por lo que el procesamiento de los datos no requirió demasiado tiempo ni costos computacionales.

7. Resultados

Los datos analizados contienen la siguiente información: entre 2010 y 2016 se registraron un total de 2.001.307 en la provincia de Buenos Aires. Como se observa en « figura 1», en 2012 se registró un número menor de nacimientos que entre sus años próximos 2011 y 2013; en 2016 se registra un mínimo de 27.1496 nacimientos.

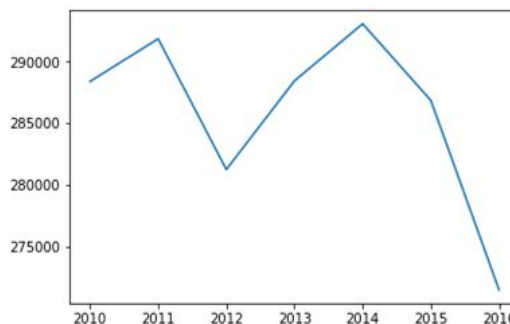


Figura 1: Cantidad total de nacimientos por año.

En todos los casos, hay un número de nacimientos registrados de los cuales se desconoce el nivel de instrucción de la madre («tabla 1»). En 2016, esta cantidad de registros sin ese dato alcanza el 12,07% del total de los nacimientos registrados.

Año	Nacimientos registrados	Nac. reg. sin datos	Porc.
2010	288.382	11.326	03,93%
2011	291.843	10.224	03,50%
2012	281.247	14.481	05,15%
2013	288.432	18.254	06,33%
2014	293.058	19.363	06,61%
2015	286.849	22.149	07,72%
2016	271.496	32.768	12,07%
2010-2016	2.001.307	128.565	06,42%

Tabla 1: Cantidad total de nacimientos por año.

En 2016, el mayor número de nacimiento se produjo en madres con educación secundaria completa (33,33%), secundaria incompleta (24,69%) y primaria completa (20,06%).

Lease, de aquí en más, los niveles de instrucción:

- # Descripción
- 1 *Nunca asistió*
- 2 *Primaria incompleta*
- 3 *Primaria completa*
- 4 *Secundaria incompleta*
- 5 *Secundaria completa*
- 6 *Superior incompleto*
- 7 *Superior completo*

Nivel de instr.	Nacimientos	Porcentaje
1	281	00,12%
2	5.016	02,10%
3	47.895	20,06%
4	58.937	24,69%
5	79.566	33,33%
6	15.081	06,32%
7	31.952	13,38%

Tabla 2: Cantidad de nacimientos por nivel de instrucción en 2016.

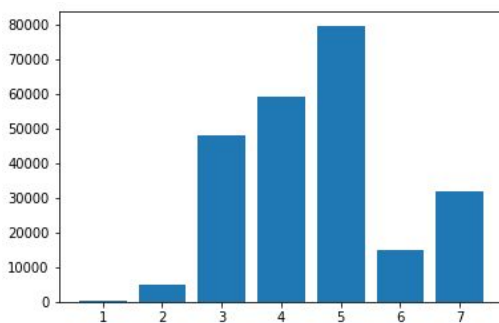


Figura 2: Cantidad de nacimientos por nivel de instrucción en 2016.

Entre 2014 y 2016, para todos los niveles de instrucción, la cantidad de nacimientos registrados decrece, mayormente en la población que nunca asistió, donde hay un 40,09 % menos de nacimientos, y manteniéndose casi constante en personas con educación secundaria completa,

educación superior incompleta y educación superior completa.

#	Nacs. 2014	Nacs. 2016	Diferencia	Proporción
1	469	281	-188	0,5991
2	7.440	5.016	-2.424	0,6742
3	64.689	47.895	-16.794	0,7404
4	66.613	58.937	-7.676	0,8848
5	85.355	79.566	-5.789	0,9322
6	16.115	15.081	-1.034	0,9358
7	33.014	31.952	-1.062	0,9678

Tabla 3: Cantidad de nacimientos por nivel de instrucción en 2014 y 2016.

En «figura 3» se observa que el mayor decrecimiento en la cantidad de nacimientos, en el periodo de análisis 2010-2016, lo experimentan personas con primaria completa.

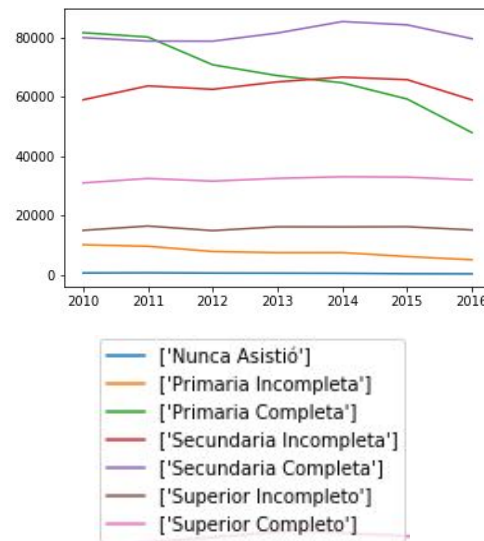


Figura 3: Cantidad de nacimientos por año, según nivel de instrucción.

Analizando la cantidad de nacimientos registrados y la población femenina fértil el año 2010, se observa lo siguiente: la mayor cantidad de mujeres fértiles poseen instrucción secundaria completa (un total de 842.674 mujeres). Sin embargo, la mayor cantidad de nacimientos registrados

son de mujeres con instrucción primaria completa (81.599 nacimientos).

Se considera edad fértil de una mujer: entre los 15 y los 50 años.

#	Cant total de Nacimientos	Población femenina fértil	Proporción cnac/pobl. fem. fértil
2	10086	174528	0,0578
3	81599	679033	0,1202
4	58965	579396	0,1018
5	79941	842674	0,0949
6	14948	209161	0,0715
7	30944	508720	0,0608

Tabla 4: Cantidad de nacimientos y población femenina fértil, por nivel de instrucción, en 2010.

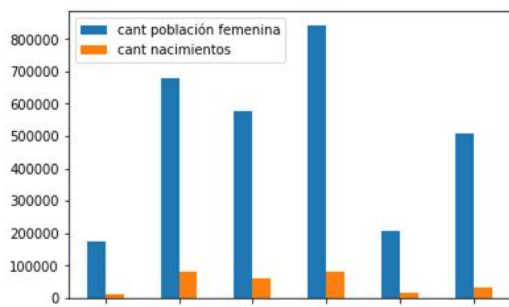


Figura 4: Cantidad de nacimientos y población femenina fértil, por nivel de instrucción, en 2010.

En «figura 5» puede observarse que el 12,02% de las mujeres con educación primaria completa tuvieron hijos, lo que representa la mayor proporción entre las variables «cantidad de nacimientos» y «población femenina fértil». Por otra parte, la cantidad de nacimientos experimentado en mujeres con secundaria incompleta y secundaria completa es similar al anterior, siendo 10,18% y 9,49% respectivamente. En última instancia, el menor porcentaje de mujeres que tuvieron hijos fueron las de instrucción primaria incompleta (5,78%).

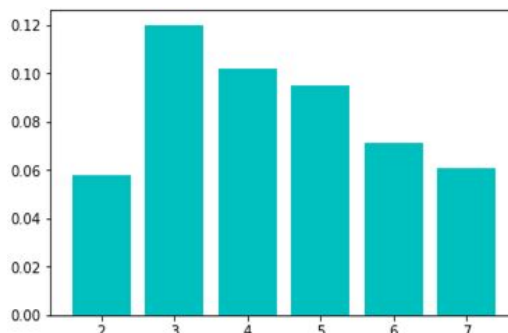


Figura 5: Proporción entre cantidad de nacimientos y población femenina fértil en 2010.

8. Conclusión

Como conclusión al análisis de datos realizado, se puede observar que la población con nivel de instrucción bajo (secundaria incompleta e inferior) experimenta un crecimiento mayor comparado con la población con nivel alto (secundaria completa en adelante). Como se observa en «tabla 5», de la muestra de 276.533 nacimientos registrados en 2010 en la provincia de Buenos Aires, el 54,48% corresponde a madres con nivel de educación bajo.

Para ese mismo año, se contabilizaron 1.560.555 mujeres fértiles con nivel alto, de las cuales 125.833 (el 8,06%) tuvieron hijos. Por otra parte, de las mujeres 1.432.957 fértiles con nivel de educación bajo, 150.650 de ellas (10,51%) tuvieron hijos. Visto de otra forma, cada 100 bebés que nacen de madres con nivel de instrucción alto, nacen 120 de madres con nivel de instrucción bajo.

Nivel de instrucción	Cant total de nacimientos	Población femenina fértil
bajo	150650	1432957
alto	125833	1560555

Tabla 5: Cantidad de nacimientos y población femenina fértil años, por nivel de instrucción (alto o bajo), en 2010.

Un nivel de instrucción en una persona inferior al secundario completo, dificulta en gran medida su acceso a un trabajo bien remunerado. Las cifras muestran que más

de la mitad de los bebés nacen de madres en estas condiciones. Para el crecimiento económico de una sociedad en el largo plazo, es fundamental que su población tenga un buen nivel de educación y pueda impulsar el desarrollo. En provincia de Buenos Aires 54 de cada 100 bebés requieren especial atención de las entidades gubernamentales encargadas de asegurar su acceso a la educación. Implementar políticas de acceso a la educación puede entenderse como políticas de crecimiento económico a largo plazo.

En «figura 6» puede observarse la desproporción de la que hablan las cifras. Es importante remarcar que la población de mujeres fértiles con secundario completo o superior representa el 52,13% del total, aún así, la cantidad de nacimientos registrados de este grupo es menor en un factor de 0,7669 con respecto a la cantidad de nacimientos registrados por madres de nivel educativo bajo.

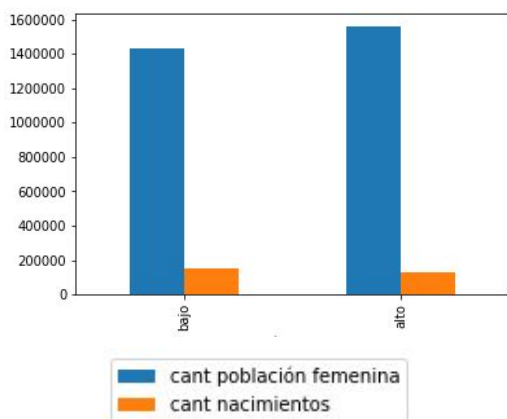


Figura 6: Cantidad de nacimientos y población femenina fértil, por nivel de instrucción (alto o bajo), en 2010.

Aún más preocupante es lo que se observa en «figura 5», en dónde se visualiza que la mayor proporción, entre cantidad de nacimientos y población femenina fértil, la tienen las mujeres con primaria completa (el 12,02% de ellas tuvieron hijos en 2010, lo que las hace el grupo de nivel de instrucción que más se reproduce). Puede

suponerse que esta proporción sea alta dado que este grupo de mujeres desconoce de métodos anticonceptivos. Probablemente, se trate de un grupo que, por su nivel de educación y (en algunos casos) por su edad, esté en una posición vulnerable en varios aspectos. Establecer programas de educación sexual en las escuelas primarias en etapas tempranas, podría hacer que esta proporción se reduzca.

Es necesario aclarar que, dadas las características de los datos, este análisis se encuentra sesgado desde varias aristas. En un principio, el 6,42% de los nacimientos en el periodo no tienen registrado el nivel de instrucción de la madre. Por otra parte, no hay datos sobre los ingresos percibidos por la madre, sobre el nivel de instrucción o de los ingresos percibidos por el padre, y el dato de nivel educativo se registra solo al momento del parto (y no hay un seguimiento del nivel educativo de la madre a lo largo de su vida).

Seguramente, en todas las muestras analizadas, hay casos en los que los ingresos percibidos por una madre de bajo nivel educativo son altos; hay casos en los que, si bien la madre no tiene un buen nivel de instrucción, el padre sí lo tiene; hay casos de partos de madres adolescentes que han seguido estudiando y hoy en día son profesionales; y la lista de variantes sigue.

Una línea de investigación futura podría incluir un análisis más certero sobre la evolución de la población, el acceso a la educación de estos grupos, y la relación con el crecimiento económico. Sería importante que en este análisis se incorporen los datos antes mencionados. Se podría analizar también qué ocurre en otras regiones de la República Argentina, ya que para el trabajo en cuestión, se utilizaron datos de la Provincia de Buenos Aires, y no hay forma de saber si estos datos se comportan de forma similar en otras zonas del país.

Referencias

- [1] Plata, L. (2003). *La pertinencia de la educación superior. Elementos para su comprensión*. Revista de la educación Superior, 32(3), 127.
- [2] Márquez, A., & Muñoz Izquierdo, C. (2000). *Indicadores del desarrollo educativo en América Latina y de su impacto en los niveles de vida de la población*. REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2(2).
- [3] Jiménez-Benítez, D., Rodríguez-Martín, A., & Jiménez-Rodríguez, R. (2010). *Análisis de determinantes sociales de la desnutrición en Latinoamérica*. Nutrición Hospitalaria, 25, 18-25.
- [4] Portal de datos abiertos, provincia de Buenos Aires. (2018). *Nacidos vivos según nivel de instrucción de la madre*. Recuperado el 11.05.2018 de [:http://catalogo.datos.gba.gob.ar/dataviews/240410/nacidos-vivos-segun-nivel-de-instruccion-de-la-madre/](http://catalogo.datos.gba.gob.ar/dataviews/240410/nacidos-vivos-segun-nivel-de-instruccion-de-la-madre/)
- [5] Dirección provincial de estadística, provincia de Buenos Aires. (2018). *Nacidos vivos por nivel de instrucción 2010-2014*. Recuperado el 11/05/2018 de: <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/index.php/sociedad/salud/natalidad-y-fecundidad/164-metodologia-natalidad/204-cuadros-estadisticos-natalidad>
- [6] INDEC. (2018). *Población de 5 años y más que asistió a establecimiento educativo según nivel y completud*. Recuperado el 11/05/2018 de: <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/index.php/sociedad/educacion/132-metodologia-educacion/153-cuadros-estadisticos-educacion>
- [7] Dirección provincial de estadística, provincia de Buenos Aires. (2018). *Cuadro P29-P. Provincia de Buenos Aires. Población de 5 años y más que asistió a un establecimiento educativo por nivel de educación alcanzado y completud del nivel, según sexo y grupo de edad. Año 2010*. Recuperado el 11/05/2018 de: https://www.indec.gob.ar/censos_provinciales.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&p=06&d=999&t=0&s=0&c=2010
- [8] Gatto, F. (2007). *Crecimiento económico y desigualdades territoriales en Argentina. En: Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina, 2002-2007-LC/W. 165-2007-p. 307-356.*

Obsolescencia tecnológica

Matías Ezequiel Beorlegui, Martina Rolon Tazbaz, Axel Omar Torcasso, Brenda
Ariela Zattera y Facundo Gonzalez Soria
*Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
Buenos Aires, Argentina*

Abstract

El presente artículo explora la temática de la obsolescencia programada, sus orígenes en la historia e implicaciones en las sociedades actuales. Se pretenden analizar estos aspectos mediante la utilización de diversos libros y artículos que tratan el tema desde diferentes puntos de vista, concluyendo finalmente con una proyección hacia el futuro, buscando posibles alternativas para resolver las implicaciones de la obsolescencia tecnológica.

Palabras Clave

Obsolescencia tecnológica, tecnología, información, impacto ambiental, desechos, e-waste.

Introducción

En toda sociedad es fundamental el uso de la tecnología (conjunto de técnicas que permiten el aprovechamiento científico [1]) con el fin de mejorar la calidad de vida. Para ello, es necesario adaptarse a las nuevas máquinas, pero sin necesidad de dejar de utilizar las más antiguas que aún siguen en vigencia.

La obsolescencia es un término que se refiere a la vida útil, o valor de uso, de un artefacto o servicio en función del tiempo, y en el contexto económico se asocia con la depreciación. El concepto de costo del empobrecimiento de la calidad de la mercancía se ha adoptado rápidamente con la intención de lograr una mayor ganancia, y se ha impuesto como medida de la vida útil de un artículo, agregando que la obsolescencia puede ser sentida por el consumidor como un problema o una garantía de calidad [2].

La obsolescencia tecnológica es un fenómeno que está creciendo en las sociedades actuales y tiene, como consecuencia, inconvenientes no solo ambientales, sino que también pone en riesgo la información [3]. Para la humanidad, la información siempre ha sido

muy importante, y, como consecuencia, no puede permitir que se pierda; por ello ha buscado mecanismos y estrategias que faciliten su conservación: métodos prehistóricos (como quipus y petroglifos), tablas de arcilla, papiros, pergaminos, imprenta, libro, cilindro de cera, discos de carbón, discos de vinilo, cintas magnéticas, tarjetas perforadas, discos duros, discos flexibles, discos ópticos, discos en estado sólido, memoria flash y almacenamiento virtual muestran la evolución de la mencionada condición [3].

La información se ve afectada ya que es más susceptible a perderse debido a la rápida evolución de los dispositivos de almacenamiento y “en la incompatibilidad de sus mecanismos de recuperación” [3]. En este contexto, se desarrollan métodos de reciclaje y reutilización para aprovechar los desechos tecnológicos producidos por este fenómeno.

La oferta de servicios hoy en día se incrementa constantemente, generando un comportamiento consumista que es aprovechado por las empresas, provocando que servicios y productos queden obsoletos con rapidez cuando, posiblemente, su vida útil sea mayor [4]. Esta realidad crea indirectamente necesidades en las personas con el objetivo de que sigan adquiriendo nuevos lanzamientos, es decir, la obsolescencia tecnológica es una herramienta utilizada como estímulo para obtener como resultado un incremento en el consumo [5].

El objetivo del presente trabajo es analizar el impacto de la obsolescencia programada sobre los consumidores, los efectos colaterales de la misma y lo que desencadena en la sociedad.

Para cumplir con los objetivos propuestos, el trabajo se estructura de la siguiente manera: la primera sección del trabajo analiza los orígenes y utilidades obsolescencia tecnológica. La segunda sección analiza los efectos adversos de la obsolescencia en el ambiente. La tercera sección estudia las técnicas y los conocimientos necesarios para vencer de manera eficaz este fenómeno y alargar la vida útil de los objetos, junto con posibles soluciones a la problemática. Finalmente se establecen conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. Orígenes y utilidades

La obsolescencia tecnológica consiste en diseñar un producto de manera tal que cumpla una vida útil determinada, previamente establecida por el productor, y luego de ese tiempo quede obsoleto o roto [6].

Este fenómeno surge en la segunda década del siglo pasado, en donde el cartel Phoebus conformado por las fábricas más grandes de bombillas incandescentes de EEUU y Europa como General Electric, Phillips, Osram entre otros [7], estandariza su fabricación, reduciendo su calidad a solo 1000 horas de duración. Esta situación sucedió debido a que se llegaron a crear bombillas que duraban más de 100000 horas (incluso en Livermore, California existe una bombilla que se encuentra encendida desde 1901 [8]) los fabricantes de bombillas necesitaban la compra regular de su producto, en caso contrario significaría una desventaja económica para el negocio, siendo este el primer antecedente conocido relacionado con la obsolescencia programada utilizado como una estrategia [8].

Esta táctica es estrictamente beneficiosa para el fabricante, ya que obliga a los consumidores a adquirir varias veces el mismo producto, incrementando así la demanda del mismo.

Vance Packard fue uno de los primeros en criticar la forma en la que funcionan los sistemas de consumos y, particularmente,

mecanismos como el previamente mencionado.

En su libro “The Hidden Persuaders” (1957) el autor expone un análisis de las tácticas subliminales de la propaganda en la sociedad de consumo y la subdivide en al menos dos tipos: la *obsolescencia funcional*, producida por alguna razón física ajena al consumidor en la cual el producto ya no cumple su función, y la *obsolescencia psicológica*, en la cual el fabricante trata de hacer obsoleto el objeto en la mente del consumidor, aunque el mismo no haya culminado su vida útil [9].

La obsolescencia programada funciona gracias a la introducción de un dispositivo acorde: los defectos artificiales están concebidos desde el principio, desde la ideación del objeto analizado [10].

Los mecanismos implementados para reducir el tiempo de vida de un producto son variados, desde la creación de chips cuya función es contabilizar las veces que ha sido utilizado y bloqueándolo una vez que haya llegado a un límite preestablecido; hasta la falta de repuestos, sin los cuales el producto no puede arreglarse para recuperar su funcionamiento [11].

Llevando este concepto al área informática, por ejemplo, las memorias RAM más antiguas tienen menos demanda que las modernas, por lo que conseguir repuestos es mucho más costoso en términos de dinero y tiempo. También, en muchos casos, existen artículos cuya reparación requiere más dinero que la compra de uno nuevo, o en cambio, hay otros que son irremplazables, y cuyo mal funcionamiento implica directamente la necesidad de comprar otra unidad nueva [11]. En este último caso se pueden destacar las placas madre de las computadoras; si estas tuvieran piezas intercambiables, su reparación sería fácil y poco costosa, entonces los fabricantes las diseñan de forma en la que todas vayan soldadas a un tablero de circuitos, y así la reparación requiere un trabajo muy fino y difícil de realizar. De esta forma es más fácil adquirir una nueva unidad completa [11].

Un caso muy claro, que resume todas las estrategias mencionadas anteriormente, es el del “iPod”, creado por Apple Computers, un reproductor de música mp3 lanzado al mercado en 2011 [12]. La empresa se vio involucrada en varios juicios por parte de los usuarios debido a reportes, más tarde verificados, en los cuales se denunciaba que dichos productos habían sido diseñados para que cuando la batería se agotara (puede observarse en la figura 1 una pintada de pared a modo de reclamo ocasionado por esta situación común), la única solución sería desecharlo, ya que ni la misma empresa proporcionaba repuestos oficiales que ayudaran con el problema, los hermanos Neistat crearon un documental llamado “iPod’s Dirty Secret” en el que hablan sobre cómo la batería solo estaba destinada a funcionar por dieciocho meses. Además, modificaron las publicidades expuestas en las calles por la empresa fabricante, con una frase que informaba sobre el mal funcionamiento. Ante esto Apple debió mostrar los documentos técnicos acerca del diseño y efectivamente se comprobó que se trataba de un ejemplo de obsolescencia tecnológica programada [11,12].

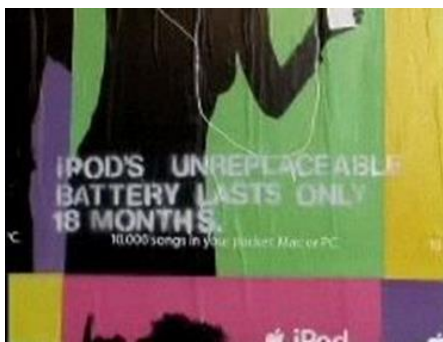


Figura 1: Publicidad alterada por los hermanos Neistat.

En países como Francia, la obsolescencia programada ha sido declarada penalmente punible, como “el conjunto de las técnicas a través de las cuales el comercializador mira a reducir deliberadamente el ciclo de vida de un producto para aumentar la tasa de reemplazo” [13]. En este caso, la

obsolescencia programada no es legítima: lo sería si el objetivo fuese salvaguardar la seguridad o la salud. En este caso la técnica consiste en la reducción del ciclo de vida de elementos que notoriamente perderían su funcionalidad en el tiempo y se quiere controlar cuando sucederá esta eventualidad. Se puede tomar como ejemplo el reemplazo de partes de una aeronave para asegurar la seguridad de sus pasajeros, aun cuando sus partes pueden seguir siendo funcionales. [14] En caso contrario, cuando el fin es lucrativo, cesa la legitimidad de la obsolescencia. Las dos técnicas más frecuentes son la interrupción del funcionamiento de un objeto después de un número determinado de usos y la elección de una determinada calidad para el objeto que permita prever y gobernar el decaimiento de este [17].

2. Efectos adversos en la naturaleza

Uno de los principales problemas de la obsolescencia programada es el abuso de recursos naturales con los que se debe abastecer a escala mundial de productos que han hecho creer que son vitales para nuestro día a día [18].

Si año a año son adquiridos nuevos productos electrónicos con mayores funcionalidades y capacidades para adaptarse a nuestras necesidades. ¿Dónde van a parar los productos desechados? ¿El sistema de reciclaje actual es capaz de absorber tal magnitud de basura electrónica?

Se sabe que la mayor parte de productos electrónicos contienen materiales que pueden ser reutilizados a través de un sistema de reciclaje adecuado, evitando así la explotación de nuevos recursos naturales y evitando que los productos contaminantes acaben llegando al medio ambiente destruyendo el hábitat animal y disminuyendo el correcto sistema natural en el que los recursos naturales toman vida. Éstos son materiales que tardan en degradarse alrededor de unos 1000 años, y

que además conllevan graves problemas para la salud [18].

Mucho cobre, así como otros metales, se descarta anualmente en millones de computadoras y otros equipos electrónicos que terminan en la basura común. La chatarra electrónica desechada contiene aproximadamente 40% de metales y el resto corresponde a plásticos y óxidos refractarios [19]. La recuperación de metales preciosos proporciona el principal incentivo para recuperar metal de la chatarra electrónica con concentraciones altas de materiales caros, tales como el cobre, la plata, el oro, el paladio, el platino y otros metales nobles que se distribuyen íntegramente en los elementos del circuito y pueden recuperarse pirometalúrgicamente mediante la fusión en cobre líquido, y luego recuperarse mediante electrorrefinación convencional (proceso por el cual se separan y eliminan las impurezas del cobre [17]). Para optimizar la recuperación de valor, los procesadores eliminan los componentes estructurales de acero y aluminio que de todos modos serían descartados en la escoria de subproductos del proceso pirometalúrgico [18].

La destrucción de la naturaleza, producto de los modernos patrones de producción y consumo, tales como el uso de materiales tóxicos, o el poco control sobre los residuos desechados, y sus consecuencias para la humanidad, son cada vez más evidentes. Esto se puede apreciar claramente en temas aislados como contaminación del aire, agua, suelo, desertificación o generación de residuos [19]. Estas formas de producción rompen la relación hombre-naturaleza, dejando de lado la dependencia con ella para la vida y considerándola exclusivamente materia prima del ciclo económico, en vez de algo fundamental para la vida animal y la humana, desnaturalizándola para insertarla en el mercado, y convirtiéndola en mercancía [19].

Quizás la consecuencia más importante de estos desechos, también llamados E-Waste (Electronic Waste, o basura electrónica), es

que, al ser desechados en basurales comunes, estos artefactos reaccionan con el agua y la materia orgánica, liberando tóxicos al suelo y a las fuentes de aguas subterráneas. Ahí es cuando la contaminación se torna más seria [20].

3. Cómo proceder con los desechos tecnológicos

El correcto tratamiento de las computadoras obsoletas es el que realiza, por ejemplo, la Fundación Equidad [21], la cual tiene un taller en el que se computadoras en desuso de empresas, particulares y organismos del Estado, se reciclan y se donan a organizaciones, comedores y escuelas, que las precisan para concretar sus proyectos. Diariamente recibe una tonelada de computadoras, logrando reciclar y donar al año más de tres mil PC. A través de este proceso colabora con la reducción de la brecha digital en Argentina, cuidando además al medioambiente, ya que evita que las PC se conviertan en residuos electrónicos. La Fundación Equidad, es una organización sin fines de lucro que tiene como misión proveer servicios y productos tecnológicos para promover la igualdad de oportunidades, la integración social y el cuidado ambiental. Para ello, lleva adelante diversas iniciativas de reciclado de computadoras, de apoyo y cooperación en investigación sobre acceso y uso de las tecnologías de la informática y las comunicaciones (o TICs), y de creación de centros de acceso comunitarios, de manera coordinada con otras organizaciones de la sociedad civil y diversas empresas [21].

Otro claro ejemplo es lo que desarrolla el Grupo Pelco [22], el cual, en junio de 2016, embarcó cincuenta toneladas de plaquetas con destino a la planta Umicore, en Bélgica, en una operación que presentó un ingreso de doscientos mil dólares, ayudando así a dar el puntapié inicial para un negocio exportador que para Argentina podría generar un ingreso de divisas por más del doble de la exportación de soja. Este grupo cuenta con un Centro de Recepción de Aparatos Electrónicos en Desuso en

Benavidez y dos Plantas habilitadas para la operación de RAEEs en Tigre, provincia de Buenos Aires, y en Puerto San Martín, en la provincia de Santa Fe, donde se realiza la separación de las piezas consideradas residuos peligrosos según la legislación bonaerense, todo esto en conjunto con la Municipalidad de Tigre [23].

4. Resultados

En base a la información mostrada se observa que la obsolescencia, vista como pérdida de utilidad, es algo que tarde o temprano llegaría debido a la fuerte evolución de la sociedad avanzada en la que vivimos. El inevitable desarrollo tecnológico y económico hace que cualquier producto tenga vida útil limitada debido a su obsolescencia técnica y económica. Por lo tanto, no tiene sentido crear productos con intención de disminuir su vida útil ya que de una forma u otra su obsolescencia termina por producirse.

Por eso algunas medidas o formas de evitarla o comenzar a combatirla podrían ser:

- Si la reparación de un dispositivo dura más de un mes, la garantía debería ser extendida ese tiempo que no se tenga el dispositivo. El proveedor debería también ajustar indistintamente todos los malfuncionamientos del producto no causados por el usuario, o cubrir los gastos de reparación del dispositivo durante el tiempo en que la garantía sea vigente.
- Crear incentivos para fomentar las reparaciones y las ventas de segunda mano.
- Informar sobre las consecuencias de una falta de reciclaje de los residuos creados al comprar a menudo un nuevo producto que sustituyen al anterior.
- Tener siempre la opción de optar por un reparador independiente; que no dependamos únicamente del fabricante. Con este fin, también facilitar la difusión geográfica de los repuestos necesarios.

- Componentes importantes como las baterías y pantallas deberían poder intercambiarse.
- Los fabricantes deben ofrecer partes de repuesto, los cuales tengan un costo razonable en relación a la importancia del componente y el precio del dispositivo.
- Se debería dar a conocer una definición formal y comunitaria de “obsolescencia programada” e introducir pruebas contra este tipo de prácticas.

5. Conclusión

La obsolescencia tecnológica es utilizada de forma estratégica por las grandes empresas capitalistas para generar un incremento en las ventas de sus productos. Esto conlleva a diferentes situaciones que son perjudiciales tanto para la sociedad que los consume como también para el medio ambiente en el que se ven insertados.

El creciente desarrollo tecnológico trae consigo el incremento de la oferta de nuevos e innovadores dispositivos, que, unido a la estrategia conocida como obsolescencia tecnológica, genera una gran cantidad de residuos que la mayoría de las veces no son tratados de forma adecuada, por lo que resultan en una amenaza para el medio ambiente. Así, la contaminación aumenta notablemente con el paso del tiempo.

Otra consecuencia peligrosa de la obsolescencia tecnológica está relacionada con el tratamiento de la información, la cual se encuentra en una situación de vulnerabilidad y existe el riesgo de la pérdida de este recurso. Para evitar que esto suceda, se requiere de acciones muy costosas para las cuales muchos de los usuarios no se encuentran preparados.

Como futura línea de trabajo, es oportuno llevar a cabo lo propuesto sobre las maneras de reducir al mínimo el deshecho que impacta en el medio ambiente, proveer a los demás sobre información al respecto, ya que es algo que nos compete a todos, instruir a las personas sobre lo aprendido y obtener de esta forma resultados a futuro.

Referencias

- [1] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2014). Diccionario de la lengua española (23.ª ed.). Madrid, España: autor.
- [2] DE ANDRADE, Bautista. Estética de la Mercancía y obsolescencia: un estudio de la inducción al consumo en el capitalismo actual. Araraquara, Brasil: Universidad Estatal Paulista (Disertación de Maestría en Sociología)
- [3] VEGA, Omar Antonio. Efectos colaterales de la obsolescencia tecnológica. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia, 2012.
- [4] BRANDLE, Gaspar. Obsolescencia planeada y consumo colaborativo: ¿tendencias contrapuestas en la sociedad de consumo actual? Universidad de Murcia, 2010.
- [5] MORALES GARCÍA, Lino. Resiliencia tecnológica. Revista.um.es, 2014.
- [6] MACKINNON, J. B. The New Yorker. The L.E.D. Quandary: Why There's No Such Thing as "Built to Last". [Online] Julio 14, 2016. goo.gl/n79o7V.
- [7] FRIEDEL, Robert. Obsolescence: Origins and Outrages. 1, Maryland: Johns Hopkins University Press, 2013, Vol. 54
- [8] KRAJEWSKI, MARKUS. goo.gl/4mMKqh. The Great Lightbulb Conspiracy. [Online] Septiembre 24, 2014.
- [9] VANCE PACKARD, The Hidden Persuaders. 1957.
- [10] LATOUCHE, Serge. Bon pour la casse: Les déraisons de l'obsolescence programmée, Les liens qui libèrent, Paris, (reimpresión) 2015.
- [11] N. MAYCROFT. Consumption, planned obsolescence and waste. History of Art and Material Culture, Lincoln School of Art and Design.
- [12] Wikipedia. NEISTAT BROTHERS.
- [13] Ley número 2015-992 del 17 agosto 2015, artículo 99, Francia.
- [14] La Obsolescencia Programada: Medios de Reacción. 2017. [Online] Septiembre 13, 2018. <https://goo.gl/inDCok>.
- [15] VILLAR GONZÁLEZ, D. Luis. La obsolescencia programada: medios de reacción. Universidad de la Laguna, España, 2017.
- [16] Fundación Feniss. Consecuencias de la Obsolescencia Programada en el Medio Ambiente, 28 diciembre, 2015.
- [17] WERNICK, I. Annual Reviews Energy and Environment; reciclaje de metales para el medio Ambiente. 1998.
- [18] Universidad de Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Metalúrgica. [Online] Septiembre 13, 2018. goo.gl/6QKRia.
- [19] Consumo (in) sostenible: nuevos desafíos frente a la obsolescencia programada como compromiso con el ambiente y la sustentabilidad, Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales, Ambiente y Sostenibilidad 2016
- [20] BALLARINO, Fabrizio. FayerWayer. Noviembre de 2013. [Online] Septiembre 12, 2018. goo.gl/4kNpZT.
- [21] Fundación Equidad. Taller de reciclaje de Fundación Equidad. Buenos Aires, Argentina, 2018. [Online] Septiembre 13, 2018. www.equidad.org.
- [22] Grupo Pelco. www.grupopelco.com.ar
- [23] Agencia Telam. Argentina, 12 de junio de 2016. [Online] Septiembre 13, 2018. goo.gl/ANUHif.

Figura 1: extraída de una escena del video documental "Ipod's Dirty Secret"

Implementación de Nanotecnología en fármacos

Acosta Turo, Rafael; Cervantes, Marisol; Gallardo, Ignacio; Hernández, Nahuel; Khalil Silva, Javier; Prieto Ríos, Matías

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La Nanotecnología es un área muy prometedora que se encuentra avanzando a pasos agigantados; y ofrece aplicaciones en diversos ámbitos. Uno de ellos es el de la medicina, donde propone múltiples beneficios. Entre las aplicaciones con fines medicinales de la Nanotecnología se encuentra la de los fármacos, tema central del presente artículo de investigación en donde se estudian a los nanofármacos junto a su desarrollo, funcionamiento y beneficios, así como también las tecnologías informáticas implicadas.

Palabras Clave

Nanofármacos, Nanotecnología, medicina, fármacos.

Introducción

La Nanotecnología se dedica a la manipulación y diseño de la materia a nivel atómico o molecular con diversos fines [1]. Es un fenómeno que ha sufrido grandes avances en los últimos tiempos [2]. Actualmente la Nanotecnología se encuentra presente en diversos ámbitos y ofrece muchísimas ventajas en los mismos.

Entre estos ámbitos se incluye el de la medicina, en donde surge el concepto de “nanofármacos”. Se tratan de nanopartículas controladas para la liberación de fármacos en zonas específicas, utilizando para ello nanovehículos [3]. Si bien todavía es muy reciente y hay pocas experiencias, promete diversas ventajas, como es la reducción de los efectos secundarios que se conocen en los medicamentos tradicionales [3].

En este contexto, el presente trabajo de investigación (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”) tiene por objetivo estudiar cómo se desarrollan y utilizan los nanofármacos, qué tecnologías informáticas se ven involucradas y cuán

beneficiosos pueden ser para la salud de los pacientes.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera sección se presenta el concepto de Nanotecnología y su vínculo con el campo de la medicina. En la segunda sección se expone qué es un nanofármaco, qué características presenta y cómo funciona, así como también se exponen algunas de las soluciones tecnológicas utilizadas. En la tercera sección, se investiga sobre el estado actual de los nanofármacos y qué beneficios e inconvenientes presenta. Finalmente se detallan las conclusiones obtenidas y futuras líneas de trabajo.

1. Nanotecnología

La Nanotecnología es el campo que se dedica al estudio y desarrollo de sistemas para la manipulación de la materia a escalas nanométricas [1].

En los últimos tiempos se consiguieron grandes avances en la Nanotecnología aplicada en distintas disciplinas: la nanoquímica ofrece nuevos materiales artificiales que cuentan con propiedades inusuales [4], en la electrónica constantemente se crean semiconductores más pequeños [5], y entre otras, la medicina utiliza la Nanotecnología para el diagnóstico y el suministro de fármacos [3].

En el campo de la medicina se identifican dos áreas principales de desarrollo para la Nanotecnología [6]. Una es el diagnóstico para la detección de enfermedades. Como se muestra en la figura 1, se pueden utilizar nanopartículas específicas como agente de contraste en sistemas de diagnóstico por

imágenes para así mejorar su sensibilidad y eficacia [6]. Como explica Pablo Botella, científico titular del CSIC en el Instituto de Tecnología Química "las nanopartículas pueden acumularse selectivamente sobre determinados tejidos patológicos, siempre que exista una molécula directora adecuada. Esto sería válido para el diagnóstico de diversos tipos de cáncer; por ahora, estamos trabajando en su aplicación en cáncer de próstata, con resultados positivos"[7;8].

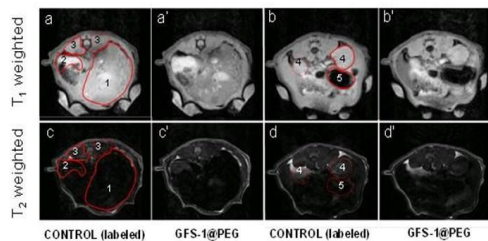


Figura 1. Imágenes in vivo del contraste positivo (T1-weighted) y negativo (T2-weighted) obtenidas en una rata macho Sprague-Dawley con un campo magnético de 7 T. (a-d) Control (línea base) sin administración de nanopartículas magnéticas. Las regiones de interés aparecen marcadas en rojo.

Otra área donde se aplica es el tratamiento de enfermedades. Existen múltiples diseños de sistemas que permiten transportar drogas y liberarlas en lugares específicos [6]. De esta manera se mejora su efectividad y se reducen los efectos secundarios. A estos sistemas se los conoce como nanofármacos [3]. Por ejemplo, el paclitaxel unido a la albúmina (también conocido como Abraxane) y la doxorubicina encapsulada en liposomas (también conocida como Doxil) son nanomedicinas quimioterapéuticas clínicamente aprobadas y utilizadas [9].

2. Nanofármacos

Los nanofármacos son el centro de atención cuando se habla de tratamientos con especificidad mejorada y, sin duda, son prometedores y llevarán a tratamientos más efectivos en el futuro.

Esta sección se divide en dos subsecciones las cuales permiten comprender qué son y cómo funcionan los nanofármacos. En la

subsección 2.1 se explican cuáles son los materiales y tecnologías utilizadas en los nanofármacos y en la subsección 2.2, se explica su funcionamiento.

2.1 Materiales y tecnologías utilizadas en los nanofármacos

La industria farmacéutica, haciendo uso de las innovaciones tecnológicas, utiliza Nanotecnología y nanomateriales (materiales con un tamaño de 1 a 100 nm) para desarrollar fármacos dentro de un sistema llamado liberación controlada [10]. Los fármacos de liberación controlada son todos aquellos que tienen como objetivo proporcionar una dosis terapéutica de una droga a una ubicación del cuerpo en donde sea requiera, y mantener su concentración en los niveles deseados. Este tipo de tecnología permite que sea liberada gradualmente, a un ritmo dictado por las necesidades del cuerpo [10]. A esto se lo conoce como biodisponibilidad.

La biodisponibilidad también aliviará otro problema importante al que enfrentan los farmacéuticos en la actualidad: la interactividad con los medicamentos. Actualmente, algunas drogas pueden habitar todo el cuerpo y mezclarse entre ellas, causando efectos interactivos peligrosos. Un medicamento para el colesterol, por ejemplo, podría tener un efecto interactivo con antidepresivos. La biodisponibilidad promete cambiar esto, ya que las moléculas solo irán donde se necesiten [11].

Existen diversos materiales y tecnologías que se utilizan en la construcción de nanosistemas para la liberación de fármacos. A éstos se los pueden clasificar en 2 grandes grupos [10]:

- Nanoestructuras orgánicas: en este grupo se encuentran los materiales poliméricos con los que se construyen nanoesferas, nanocápsulas, micelas, liposomas, dendrímeros y conjugados polímero-fármaco.

- Nanoestructuras inorgánicas: bajo esta clasificación se encuentran las nanopartículas de óxidos metálicos, nanopartículas de sílicamesoporosa y nanotubos de carbón [10].

2.2 Funcionamiento

Por lo general, los nanovehículos son dendrímeros (moléculas artificiales que encapsulan la medicina) o nanotubos de carbonos (conductos diminutos de láminas de átomos de carbono enrolladas por los que circula el medicamento). Para poder llegar a su destino y así liberar parcial o totalmente el principio activo, los nanovehículos son capaces de atravesar capilares, poros y membranas celulares, viajando por el torrente sanguíneo o el interior de las células. Estos principios activos o medicamentos pueden ser azúcares, péptidos, proteínas y genes, diseñados para que sean reconocidos específicamente por células, tejidos y órganos enfermos. Existen diseños de nanovehículos magnéticos que pueden ser guiados mediante campos magnéticos externos hacia la región afectada [12].

Otro tipo de nanofármaco utilizado es el detector de enfermedades. Se tratan de una clase de nanofármacos que transportan moléculas diagnósticas, las cuales permiten detectar indicadores patológicos relacionados con la presencia de una enfermedad [12]. También se han creado biochips que permiten obtener grandes cantidades de información sobre el organismo al ser transportados por el mismo. Los biochips a nanoescala, como los muestra la figura 2, permiten conseguir abundante información en poco tiempo: la genética del individuo, agentes patógenos, etc [12].



Figura 2. Biochip capaz de obtener información del paciente.

Un equipo de la Universidad de Harvard descubrió un método para detectar presencia de virus basado en el silicio. Consiste en una especie de nanotransistor de efecto de campo (nanoFET) formado por hilos ultrafinos de silicio y, que, debido a sus diminutas dimensiones, puede introducirse en una célula sin trastornarla y así registrar su actividad [13]. Este tipo de dispositivos son muy útiles para recopilar información con una precisión que antes no era posible, y que resulta provechosa para un mejor diagnóstico.

También, existen modelos de unidades computacionales para introducir en el cuerpo humano que, a partir de procesar la información que recogen (como ser la presencia de biomarcadores) pueden informar una situación anómala y actuar de manera acorde (se diagnostica positivo y se suministra el fármaco) [14]. Algunos científicos persiguen la idea del “doctor celular”, una célula genéticamente modificada para procesar y analizar signos biológicos, emitir un diagnóstico, y actuar si es necesario [14]. Estos elementos llevan a comprender que la informática va a ser crucial en el desarrollo de la Nanotecnología en fármacos, ya sea desde la construcción de modelos y simulaciones de estos dispositivos, como así también el procesamiento de las grandes cantidades de información acerca del cuerpo humano que estas tecnologías brindan.

3. Estado actual

La Nanotecnología se está convirtiendo con gran rapidez en una herramienta imprescindible en medicina para resolver las limitaciones de los fármacos y mejorar

su transporte en el organismo, siendo una de las líneas de investigación con más fuerza en los tratamientos contra enfermedades y patologías como el cáncer, el SIDA, la artritis, la psoriasis, entre otras. En los casos del cáncer y el SIDA existen resultados positivos en pruebas con animales, presentando como principal ventaja la “inteligencia” que aportan los nanovehículos para saber dónde dirigir los fármacos, que de otra forma sólo llegan en pequeña cantidad a su objetivo terapéutico [15;16]. La primera generación de medicamentos contra el cáncer distribuidos vía nanopartículas ya fue aprobada por la Administración de Alimentos y Drogas (FDA) de los Estados Unidos [15;16].

En el campo del diagnóstico en tiempo real de enfermedades es donde se vislumbra uno de los mayores potenciales de la nanomedicina. Se llega a detecciones más precoces y eficaces que con los métodos convencionales, ventaja que permite abordar tratamientos con la menor diseminación posible de la patología [17]. Si bien hoy su costo es muy elevado por las patentes a pagar, ya se encuentran en desarrollo (en fases clínicas avanzadas) nanogenéricos, que se espera serán más baratos [17]. Sin embargo, es muy pronto para hablar de Nanotecnología en el cuidado de la salud, y siendo objeto aún de debate, la posibilidad de que sea de utilidad para los países de escasos recursos. Esto se debe a que se considera una gran inversión, cuando está en falta todavía, la asistencia sanitaria más elemental. Hay que agregar el hecho de lo poco estudiada que se encuentra la toxicidad de las nanopartículas para la salud humana y el ambiente [16].

Conclusión

Sin duda, la Nanotecnología es una gran promesa para la medicina. Esta herramienta será imprescindible para la evolución de la industria farmacéutica, debido a sus importantes beneficios respecto a las tecnologías actuales.

Se ha podido observar que la Nanotecnología actualmente tiene múltiples aplicaciones en la medicina, que van desde el diagnóstico, hasta el tratamiento de enfermedades. Entre éstas, se encuentran los nanofármacos, los cuales presentan innumerables beneficios frente a los fármacos tradicionales.

Hoy en día existen diversas soluciones que involucran nanofármacos y que demuestran el gran potencial de esta tecnología, beneficiándose con el uso de las tecnologías informáticas. Sin embargo, todavía queda mucho trabajo de investigación y el desarrollo es aún prematuro. Como futuras líneas de trabajo, se analizará si estas expectativas acarreadas por parte de la medicina y la tecnología informática, llegan a cumplirse en el futuro y de manera accesible, o si en realidad las limitaciones nos acaban superando.

Referencias

- [1] Concepto definición. Definición de Nanotecnología. Disponible en: <https://goo.gl/oAGU8D/>. Fecha de consulta: Abril de 2018.
- [2] Alberto M. Nanotecnología: pasado, presente y futuro. Omnicron. Disponible en: <https://goo.gl/pUz2jW>. Fecha de consulta: Abril de 2018.
- [3] Martínez, Jesús. La revolución de la Nanotecnología en la medicina del futuro. Disponible en: <https://goo.gl/qPKVT5>. Fecha de consulta: Abril de 2018.
- [4] TORRES CEBADA, Tomás. Nanoquímica y Nanotecnología: Nuevos materiales, polímeros y máquinas moleculares. Encuentros multidisciplinares, 2002. Disponible en: <https://goo.gl/3dBdKr>. Fecha de consulta: Mayo de 2018.
- [5] Gabriel Sánchez Santolino. La Nanotecnología y la industria de los semiconductores. Disponible en: <https://goo.gl/DRNxuX>. Fecha de consulta: Mayo de 2018.
- [6] DE SILVA, M. N. Nanotecnología y nanomedicina: un nuevo horizonte para el diagnóstico y tratamiento médico. Archivos de la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Sociedad Española de Oftalmología, 2007.
Disponible en: <https://goo.gl/PujsRt>

[7] EUROPA PRESS. Desarrollan nanopartículas que mejoran el contraste en resonancia magnética y facilitan el diagnóstico[en línea] [fecha de consulta: 03 julio 2018] . Disponible en: <https://bit.ly/2lShgIO>

[8] Pablo Botella Asunción. Desarrollo de nuevos nanomateriales con estructura de polímeros de coordinación, útiles como agentes de contraste para el diagnóstico clínico por resonancia magnética [en línea] [fecha de consulta: 03 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2tPNb10>

[9] Christopher VanLang. *Why aren't we using nanoparticles for drugs delivery?* [en línea]. Fecha de consulta 03 Julio 2018. Disponible en: <http://qr.ae/TUpq9G>

[10] sciencedirect. La nanomedicina y los sistemas de liberación de fármacos. Disponible en: <https://goo.gl/WoZo7Y>

[11] Lucas Karl Hahn. What are the advantages of nanomedicine or nanoparticles in medicine?[en línea] [fecha de consulta: 03 julio 2018]. Disponible en: <http://qr.ae/TUpqcT>

[12] sabermas. Nanovehículos: fármacos inteligentes. Disponible en: <https://goo.gl/ZqvQEu>

[13] Fundación telefónica. Nanotecnología y medicina: biochips y nanotransistores, Mecum. Disponible en: <https://goo.gl/9Bz27k>

[14] Pediatric Research. Nanoinformatics and DNA-Based Computing: Catalyzing Nanomedicine, Maojo, V., Martin-Sanchez, F., Kulikowski, C., Rodriguez-Paton, A., y Fritts, M. Disponible en: <https://goo.gl/KkE4jm>

[15] El Periódico. La inmunoterapia contra el cáncer da resultado. Disponible en: <https://goo.gl/N5WkrM>

[16] Sci Dev Net. PriyaShetty, Nanotecnología para la salud: hechos y cifras. Disponible en: <https://goo.gl/oXB2Nj>

[17] La Voz De Galicia. «El nanofármaco es caro, pero se desarrollan ya nanogenéricos», María José Alonso. Disponible en: <https://goo.gl/9o8p1z>

Identificación de Provincias Argentinas mediante Redes Neuronales Artificiales

Viola, Gabriel; Jalfon, Brian; Dorado, Mariano
Escuela Superior Técnica. Facultad del Ejército - UNDEF
Buenos Aires. Argentina

Abstract

En el presente trabajo, mediante la generación de una Red Neuronal Artificial se busca realizar un identificador de provincias de la República Argentina para utilizar con fines educativos. Para esto, se identifican cada una de las provincias y se entrena la red para llegar a lo esperado.

Palabras Clave

Red Neuronal Artificial, Provincias, Argentina, Inteligencia Artificial, Identificación, Educación.

1. Introducción

Las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) permiten generar ambientes de aprendizaje enriquecidos, en donde se puedan utilizar estrategias modernas dentro del aprendizaje, que faciliten el desarrollo de las habilidades cognitivas de niños y jóvenes [1]. En este contexto, las TICs, pueden ser utilizadas para complementar el aprendizaje de geografía en niños en edad escolar, más específicamente, sobre el conocimiento de la división política de la República Argentina y de las características de cada provincia. Dichas TICs pueden ser desarrolladas a través de diferentes modelos brindados por la Inteligencia Artificial, tales como las Redes Neuronales Artificiales (RNA). Las RNAs son modelos que intentan reproducir el comportamiento del cerebro humano y están formados por la combinación de elementos simples de proceso (denominados como ‘neuronas artificiales’) que se encuentran interconectados y operan en forma paralela para cumplir un objetivo [2]. Entre sus principales ventajas se pueden destacar [3,4]:

- Aprendizaje Adaptativo: Las RNAs tienen la habilidad de aprender a realizar tareas mediante una etapa que

se llama “aprendizaje” o “entrenamiento”.

- Auto-organización: Una RNA crea su propia representación de la información en su interior mediante la definición de los pesos de las conexiones entre las neuronas, quitándole esta tarea al usuario.
- Tolerancia a Fallos: La destrucción parcial de una RNA conduce a una degradación en su estructura, pero algunas capacidades se pueden seguir manteniendo.
- Operación en Tiempo Real: Las operaciones de una RNA puede ser realizadas en forma paralela. Para esto se diseñan redes con hardware especial de forma de obtener esta capacidad.
- Fácil Inserción dentro de la Tecnología Existente: Las RNAs se pueden integrar en los sistemas existentes.

En el contexto de la materia Inteligencia Artificial (quinto año de cursada) y adentrándonos en el tema de Redes Neuronales Artificiales se desarrolla el siguiente trabajo, cuya finalidad es identificar provincias de la República Argentina y sus características mediante la imagen de un mapa.

En este contexto, en la sección 2 se presentan los elementos del trabajo junto con el tipo de RNA utilizada. Luego, en la sección 3 se muestran los resultados de la implementación realizada, los cuales se analizan en la sección 4. Finalmente, se presenta una conclusión en la sección 5.

2. Elementos del Trabajo y Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se utiliza como herramienta principal una Red Neuronal Multiperceptrón Backpropagation

(entrenamiento hacia atrás). Este tipo de red se organiza en capas, donde cada neurona se encuentra conectada a todas las neuronas de la capa anterior (a excepción de las de la primera capa). A las neuronas de la primera capa se las denomina neuronas de entradas, mientras que aquellas de la última capa se las denomina neuronas de salida. Llamándose neuronas de capa oculta a aquellas que quedan entre las neuronas de entrada y de salida [5]. Mientras que el método Backpropagation es un sistema automático de entrenamiento de redes neuronales con capas ocultas, donde solo se conocen las salidas y las entradas de la red, de forma que no se pueden ajustar los pesos sinápticos a las neuronas de las capas ocultas, ya que no podemos inferir a partir del estado de la capa de salida como tiene que ser el estado de las capas ocultas [6].

2.1 Herramientas Utilizadas

En el presente trabajo se utilizan las siguientes herramientas:

- Para la generación de la red se utiliza, en una primera instancia, el software EasyNN-Plus [7].
- En la segunda instancia del trabajo, se utiliza como herramienta el software NeuroPH Studio [8].

2.2 Patrones de Entrenamiento

Para el entrenamiento de la red se utilizan 23 imágenes que corresponden a cada una de las provincias de la República Argentina. Estas imágenes se toman de color negro con fondo blanco, para facilitar el entrenamiento de la red. Algunos ejemplos se muestran en la tabla 1.

3. Resultados

En una primera instancia del trabajo y, con la utilización del software EasyNN-Plus [7], se generan varios prototipos, desde los más simples (ver figura 1), hasta los más complejos (ver figura 2). Sin embargo, no se pueden obtener resultados correctos (ver figura 3), ya que los prototipos generados no fueron capaces de reconocer las imágenes y devolver el nombre correcto de

la provincia presentada. Analizando este comportamiento, se consideran a continuación los posibles factores por los que dichas redes no funcionaron:

- El acotado margen de ingreso de datos que presenta la herramienta de software para el entrenamiento de la red (hasta 100 imágenes, en la versión gratuita).
- Se evidencia que la herramienta presenta numerosas dificultades para la interpretación de archivos de extensión BMP.
- Se observa que es una herramienta ineficiente en cuanto a los tiempos de aprendizaje de la red, ya que estos eran muy extensos.

Tabla 1. Ejemplos de Patrones de Entrenamiento.

Provincia	Imagen Asociada
Buenos Aires	
Salta	
Misiones	
Santa Cruz	
Tierra del Fuego	

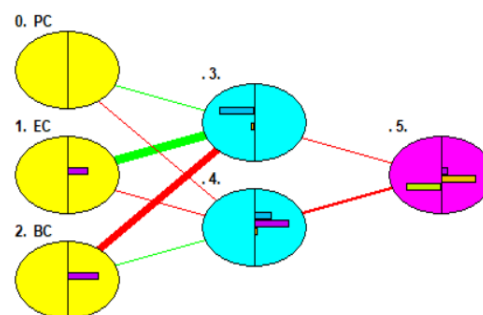


Figura 1: Prototipo Simple Generado por la Herramienta EasyNN-Plus

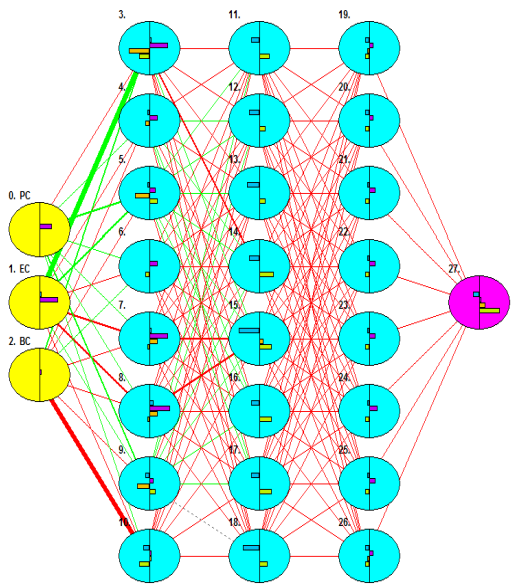


Figura 2: Prototipo Complejo Generado por la Herramienta EasyNN-Plus

	I:0	O:1
Query	Prueba 1	~~~Chubut
Query	Prueba 2	~~~Chubut
Query	Prueba 3	~~~Chubut
Query	Prueba 4	~~~Chubut
Query	Prueba 5	~~~Chubut

Figura 3: Ejemplos de Pruebas Realizadas con la Herramienta EasyNN-Plus

En la segunda instancia del trabajo, se utiliza como herramienta el software NeuroPH Studio [8], mediante el cual, se puede obtener un prototipo más complejo de red (ver figura 4) que permite obtener los resultados correctos. Por un lado, se realizaron pruebas particulares utilizando la opción “Image Recognition Test” que provee la herramienta (ver figura 5) y por otro lado, se realizaron pruebas generales de la red, tal como las que se muestran en la figura 6.

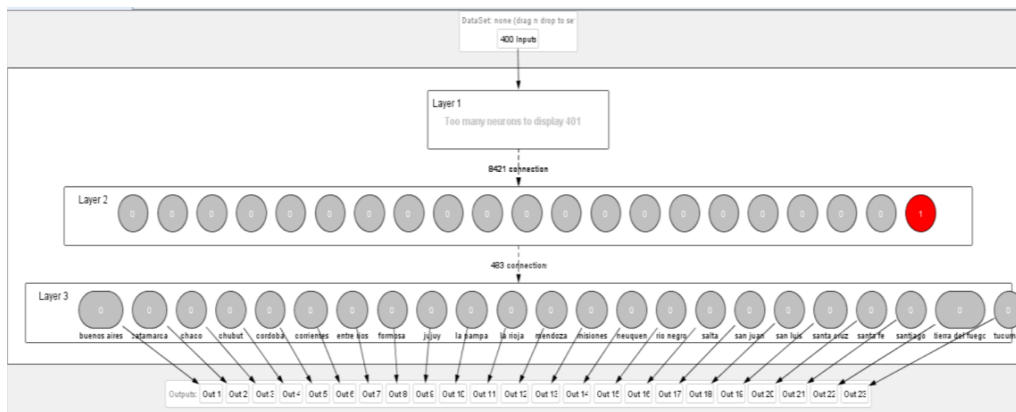


Figura 4: Prototipo Generado por la Herramienta NeuroPH Studio

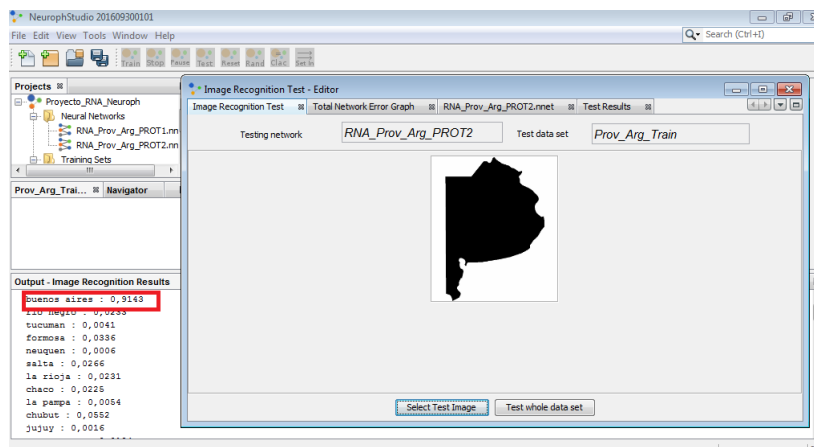


Figura 5: Ejemplo de Prueba Realizada con la opción “Image Recognition Test” - Herramienta NeuroPH Studio

Input					
Out 1: Buenos Aires	0,9143	0,0208	0,0640	0,0202	0,0047
Out 2: Río Negro	0,0233	0,0005	0,0364	0,0462	0,0084
Out 3: Tucumán	0,0041	0,0427	0,0027	0,0010	0,0110
Out 4: Formosa	0,0336	0,0081	0,0021	0,0295	0,0018
Out 5: Neuquén	0,0006	0,0189	0,0094	0,0017	0,0368
Out 6: Salta	0,0266	0,0005	0,0092	0,9115	0,0029
Out 7: La Rioja	0,0231	0,0273	0,0057	0,0305	0,0175
Out 8: Chaco	0,0225	0,0170	0,0145	0,0364	0,0069
Out 9: La Pampa	0,0054	0,0008	0,0640	0,0201	0,0013
Out 10: Chubut	0,0552	0,0562	0,8776	0,0113	0,0014
Out 11: Jujuy	0,0016	0,0096	0,0039	0,0005	0,0045
Out 12: Santa Cruz	0,0194	0,0114	0,0599	0,0060	0,0201
Out 13: Corrientes	0,0035	0,0180	0,0326	0,0048	0,0122
Out 14: Mendoza	0,0065	0,0232	0,0507	0,0045	0,0031
Out 15: San Juan	0,0122	0,0015	0,0047	0,0161	0,0039
Out 16: Santa Fé	0,0076	0,0098	0,0031	0,0168	0,9276
Out 17: Córdoba	0,0448	0,0453	0,0174	0,0494	0,0464
Out 18: Misiones	0,0015	0,0082	0,0087	0,0064	0,0006
Out 19: S. del Estero	0,0004	0,0016	0,0073	0,0111	0,0135
Out 20: Entre Ríos	0,0026	0,0025	0,0141	0,0024	0,0008
Out 21: San Luis	0,0249	0,0220	0,0149	0,0046	0,0221
Out 22: Catamarca	0,0014	0,9218	0,0491	0,0005	0,0024
Out 23: T. del Fuego	0,0069	0,0002	0,0014	0,0250	0,0318

Figura 6: Ejemplos de Pruebas Realizadas en la Herramienta NeuroPH Studio

Asimismo, para evaluar el nivel de degradación de la red generada, se realizaron pruebas específicas con imágenes distorsionadas. Como se puede observar en la figura 7 (pruebas sobre la provincia de Buenos Aires) y figura 8 (pruebas sobre la provincia de Santa Fé), se aprecia que la red reconoce imágenes con grandes diferencias con respecto a la imagen original. Solo en el caso de que la imagen sea muy diferente, la red no puede reconocerla y se confunde con provincias con características parecidas.

Input					
Out 1: Buenos Aires	0,9143	0,4523	0,3047	0,2998	0,1856
Out 2: Río Negro	0,0233	0,0066	0,0065	0,0020	0,0014
Out 3: Tucumán	0,0041	0,0031	0,0053	0,0124	0,2772
Out 4: Formosa	0,0336	0,0218	0,0162	0,0072	0,0149
Out 5: Neuquén	0,0006	0,0017	0,0027	0,0042	0,0085
Out 6: Salta	0,0266	0,0033	0,0028	0,0009	0,0028
Out 7: La Rioja	0,0231	0,0141	0,0202	0,0318	0,0446
Out 8: Chaco	0,0225	0,0087	0,0080	0,0226	0,1147
Out 9: La Pampa	0,0054	0,0030	0,0065	0,0015	0,0002
Out 10: Chubut	0,0552	0,0798	0,1415	0,0372	0,0119
Out 11: Jujuy	0,0016	0,0053	0,0088	0,0036	0,0055
Out 12: Santa Cruz	0,0194	0,1113	0,1569	0,0414	0,0392
Out 13: Corrientes	0,0035	0,0161	0,0227	0,0039	0,0067
Out 14: Mendoza	0,0065	0,0166	0,0448	0,0091	0,0859
Out 15: San Juan	0,0122	0,0040	0,0029	0,0021	0,0142
Out 16: Santa Fé	0,0076	0,0098	0,0109	0,0175	0,2361
Out 17: Córdoba	0,0448	0,0298	0,0372	0,0629	0,0249
Out 18: Misiones	0,0015	0,0014	0,0016	0,0044	0,0021
Out 19: S. del Estero	0,0004	0,0002	0,0004	0,0005	0,0024
Out 20: Entre Ríos	0,0026	0,0113	0,0155	0,0032	0,0005
Out 21: San Luis	0,0249	0,0071	0,0047	0,0121	0,0113
Out 22: Catamarca	0,0014	0,0539	0,1081	0,2642	0,4076
Out 23: T. del Fuego	0,0069	0,0067	0,0048	0,0010	0,0024

Figura 7: Ejemplos de Pruebas Realizadas para la Provincia de Buenos Aires

Input					
Out 1: Buenos Aires	0,0047	0,0037	0,0052	0,0068	0,0127
Out 2: Río Negro	0,0084	0,0032	0,0024	0,0043	0,0049
Out 3: Tucumán	0,0110	0,0095	0,0178	0,0164	0,0055
Out 4: Formosa	0,0018	0,0010	0,0019	0,0042	0,0351
Out 5: Neuquén	0,0368	0,0307	0,0327	0,2591	0,0120
Out 6: Salta	0,0029	0,0058	0,0067	0,0176	0,0332
Out 7: La Rioja	0,0175	0,0134	0,0225	0,0491	0,0312
Out 8: Chaco	0,0069	0,0192	0,0409	0,0987	0,0090
Out 9: La Pampa	0,0013	0,0005	0,0007	0,0010	0,0025
Out 10: Chubut	0,0014	0,0006	0,0014	0,0014	0,0034
Out 11: Jujuy	0,0045	0,0047	0,0060	0,0092	0,0089
Out 12: Santa Cruz	0,0201	0,0147	0,0169	0,0308	0,0122
Out 13: Corrientes	0,0122	0,0170	0,0249	0,0239	0,0492
Out 14: Mendoza	0,0031	0,0101	0,0105	0,0074	0,0101
Out 15: San Juan	0,0039	0,0090	0,0122	0,0365	0,0349
Out 16: Santa Fé	0,9276	0,7305	0,6960	0,5774	0,0853
Out 17: Córdoba	0,0464	0,0562	0,0417	0,0321	0,0261
Out 18: Misiones	0,0006	0,0003	0,0004	0,0009	0,0005
Out 19: S. del Estero	0,0135	0,0387	0,0392	0,0347	0,0062
Out 20: Entre Ríos	0,0008	0,0012	0,0011	0,0025	0,0024
Out 21: San Luis	0,0221	0,0105	0,0113	0,0163	0,0092
Out 22: Catamarca	0,0024	0,0040	0,0073	0,0080	0,0090
Out 23: T. del Fuego	0,0318	0,0106	0,0114	0,0221	0,0084

Figura 8: Ejemplos de Pruebas Realizadas para la Provincia de Santa Fé

4. Discusión

En la primera instancia, con la utilización del software EasyNN, no se tuvo una buena tasa de aciertos, aunque puede llegar a entrenarse eficientemente para una cantidad reducida de imágenes y para tipos de datos no gráficos.

Mientras que, en la segunda instancia, estos inconvenientes fueron notoriamente mejorados. La red generada con la herramienta NeuroPH Studio, luego de su entrenamiento muestra un error menor al 0,004 (ver figura 9) por lo que funciona de forma efectiva obteniendo así resultados correctos a la hora de introducir imágenes.

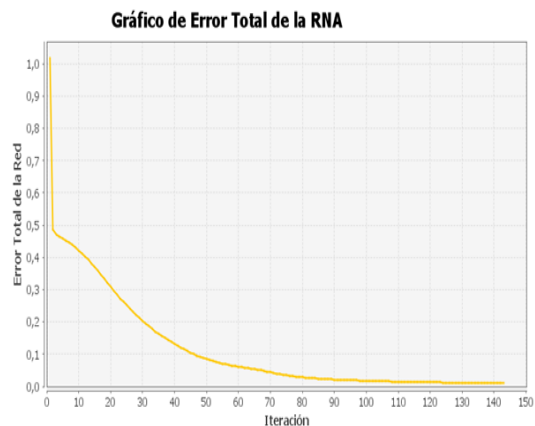


Figura 9: Error Total de la Red luego de la Etapa de Entrenamiento

A partir de las diferentes pruebas realizadas, la red generada fue capaz de reconocer sets de imágenes de provincias argentinas, devolviendo de forma correcta sus respectivos nombres con una tasa de error de 0,0008356 (ver figura 10), lo cual indica, un alto nivel de certeza en la identificación de imágenes.

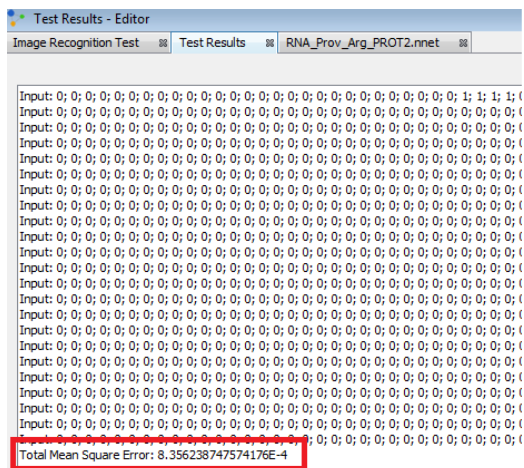


Figura 10: Tasa de Error de las Pruebas Realizadas

5. Conclusión

En este trabajo, se busca realizar un identificador de provincias de la República Argentina y sus características mediante la imagen de un mapa para utilizar con fines educativos. Para esto, se genera una Red Neuronal Artificial Multiperceptrón Backpropagation a través de la utilización de dos herramientas diferentes. En este sentido, la herramienta a utilizar para la creación de una red neuronal es de vital importancia, que queda ejemplificado en las grandes diferencias de resultados obtenidos entre los dos software utilizados. La red generada con el software NeuroPH Studio llega a resultados correctos, con una buena tasa de aciertos, aún en provincias de formas similares.

Se espera que esta red sirva como método de enseñanza para niños. Siendo capaz de reconocer dibujos y devolviéndole la provincia. Teniendo como línea futura de trabajo, desarrollar la interfaz necesaria para que los niños puedan dibujar las provincias y de esta manera complementar el aprendizaje de geografía en niños en edad escolar.

Agradecimientos

Este trabajo fue guiado por Cinthia Vegega a cargo de la cátedra de Inteligencia Artificial de la Facultad de Ingeniería del Ejército - Escuela Superior Técnica.

Referencias

1. Piedrahita Plata F. (2007). *El Porqué de las Tic en la Educación*. EDUTEKA. Disponible en: <http://www.eduteka.org/PorQueTIC.php>. Último Acceso: 03/09/2018.
2. García-Martínez, Servente & Pasquini, (2003). *Sistemas Inteligentes*. Editorial Nueva Librería.
3. Asencio H. & Martínez Bowen A. *Inteligencia Artificial. Redes Neuronales y Aplicaciones*. I.T.T Telemática, Universidad Carlos III, Madrid, España.
4. Matich (2001). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Cátedra de Informática aplicada a la Ingeniería de Procesos. Rosario. Argentina.
5. García-Serrano (2013). *Inteligencia Artificial. Fundamentos, Práctica y Aplicaciones*. Editorial Alfaomega.
6. *Redes Neuronales - BackPropagation* <http://perso.wanadoo.es/alimanya/backprop.htm> Último Acceso: 03/09/2018.
7. *EasyNN Software*. <http://www.easynn.com/> Último Acceso: 03/09/2018.
8. *NeuroPH Studio* <http://neuroph.sourceforge.net/> Último Acceso: 03/09/2018.

AISLAMIENTO PROFESIONAL DEL DESARROLLADOR DE SOFTWARE: OPERANDO EN SOLITARIO.

Autor

Juan Gabriel Olazagoitia

Universidad Abierta Interamericana – Sede Regional Rosario

Email: Juan.Olazagoitia@gmail.com

RESUMEN

Tomamos los resultados del Modelo Diagnóstico de Competencias Universitarias (MDCU), derivado de un proceso de investigación de Inteligencia de Negocios, realizado en la Facultad de Tecnología Informática de la UAI, Sede Rosario.

Identificamos en los resultados una tendencia en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas a asignar mayor valoración al desempeño y resultados del trabajo personal del profesional del área, en oposición al desempeño de tareas con grupos de pares.

Haremos hincapié en los factores socio-culturales que contribuyen a esta tendencia en el profesional del rubro, con un enfoque en los referentes de área y cómo sus trayectorias profesionales se comparan con los resultados obtenidos del MDCU.

PALABRAS CLAVE: colectivismo, modelos a seguir, acción autónoma.

INTRODUCCIÓN

A partir de los resultados obtenidos por el Modelo Diagnóstico de Competencias Universitarias (MDCU), derivado de un proceso de investigación de

Inteligencia de Negocios, realizado en la Facultad de Tecnología Informática de la UAI, Sede Rosario, consecuencia de un trabajo de 6 años, dentro del cual se evaluaron las competencias de la interacción en grupos heterogéneos y el desarrollo de la autonomía observamos una inclinación del estudiante a favorecer el individualismo profesional sobre las habilidades que facilitan el trabajo en grupos de pares.

Dentro del eje de interacción de grupos heterogéneos de pares notamos alguna dificultad en la capacidad de llevarse bien con otros de los futuros profesionales del área de Ingeniería de Sistemas Informáticos. (Poncio, Trottni 2016)

Teniendo en cuenta estos resultados nos planteamos la incógnita de qué factores pueden generar la tendencia en los alumnos en el desarrollo de estas competencias sociales.

Durante nuestra investigación profundizaremos algunos comportamientos de algunos de los más conocidos líderes de la ingeniería de software dando importancia en la trayectoria de estos profesionales a eventos conocidos en los que se resaltan las cualidades de su trabajo personal sobre los logros grupales, lo que permitirá brindar algunas tendencias que pudieran influenciar las competencias valoradas por profesionales recientemente insertados en el área de tecnologías informáticas.

METODO DE RELEVAMIENTO M.D.C.U.

Universo: Alumnos estudiantes de 5to. Año de Ingeniería en Sistemas, año 2017. Universidad Abierta Interamericana, Facultad Tecnología Informática. Ciudad Rosario, Argentina. Población y muestra: 29 (veintinueve) alumnos de 5to. Año de la carrera Ingeniería en Sistemas, año 2017. Mujeres: 1 (una). Varones: 28 (veintiocho). Promedio edad: 30 (treinta) años dentro de la asignatura Seminario Aplicación Profesional. El material seleccionado para abordar este estudio es el resumen ejecutivo: "La definición y selección de competencias clave", específicamente el Programa para la Evaluación Internacional para Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés). Además se utiliza el Instrumento MTBI (Myer-Briggs Type Indicator) para establecer preferencias individuales e identificar las diferencias entre las personas principalmente en aspectos de la personalidad, basada en la teoría tipológica de Jung que consta de 72 preguntas dicotómicas.

Los patrones que se toman como fuente para la realización de este estudio y permiten abordar el método de emparejamiento, incluye la competencia: "Interactuar en grupos heterogéneos", con sus respectivas subcategorías, diseñadas en el Programa PISA y veinte de los indicadores del test Myer Briggs, seleccionados en función de su aporte a las competencias sociales que se abordan en este estudio. En esta categoría se observan mediciones de tres competencias académicas: la habilidad de manejar y resolver conflictos (puntuación 39 sobre 100), la habilidad de cooperar (puntuación 35 sobre 100) y la habilidad de relacionarse bien con otros (27 sobre 100), lo cual denota una ausencia de competencias favorables para el desempeño profesional cooperativo.

INDIVIDUALISMO/COLECTIVISMO

En el centro de la investigación nos encontramos con el conflicto entre individualismo y colectivismo, dos factores a los que nos introduce Hofstede (1993) en su obra "Culturas y Organizaciones: Software de la Mente" que encapsulan las cualidades observadas como resultado de la aplicación del MDCU.

Individualismo representa el grado de interdependencia que mantienen los miembros de una sociedad, en la que se considera que la responsabilidad de un individuo es hacia sí mismo y su familia inmediata, mientras que una cultura colectivista considera al individuo como miembro de un grupo amplio al cual contribuye a cambio de protección.

Según el modelo 6-d de Hofstede (2017), la República Argentina posee un puntaje de 46/100 en la escala de Individualismo-Colectivismo (en la cual un país como Singapur con un puntaje de 20 se considera altamente colectivista mientras que Estados Unidos con un puntaje de 91 se ve como altamente individualista). Con esta dimensión ubicamos al país en un ranking medio. El grupo de investigación Hofstede Insights (2017) nos informa que a consecuencia de olas migratorias y una clase media amplia, Argentina es uno de los países más individualistas de América Latina, esto se puede observar en características típicas como la separación de la vida laboral y personal y las tendencias al uso de lógica calculativa en las relaciones empleador-empleado, sin embargo varios rasgos colectivistas se mantienen, tal como el sentimiento de obligación hacia grupos de amigos o familia extendida.

Según este contexto podemos observar que Argentina posee una predisposición neutra en el espectro Individualismo-Colectivismo lo cual refuerza nuestra hipótesis sobre la importancia de la influencia ejercida por los Modelos a Seguir dentro del rubro.

MODELOS A SEGUIR

La influencia de Modelos a Seguir plantea una posibilidad en la cual haremos énfasis como explicación a los resultados observados en la aplicación de MDCU.

Según la investigación "The Positive Impact of negative Role Models" (2015) llevados a cabo por la Universidad de Lund, podemos considerar al modelo a seguir bajo dos aspectos: *Modelo positivo*, en cuyo caso el profesional tenderá a emular o favorecer los

valores y cualidades poseídas por el mismo, o *Modelo Negativo*, bajo los cuales un profesional toma las experiencias y errores cometidos por el mismo como experiencia para evitar futuras complicaciones laborales. En nuestra investigación nos enfocaremos a casos puntuales de Modelos Positivos y cómo la tendencia del profesional a emular sus cualidades refleja la inclinación general a favorecer la acción autónoma.

Comenzamos analizando los estudios realizados por William Henry Gates, un empresario conocido dentro del rubro y la cultura popular como uno de los principales responsables de definir el papel que toman las computadoras en nuestra vida cotidiana.

Sin embargo el primer hito de su carrera profesional, en 1980 con su venta del sistema operativo MS-DOS a la empresa IBM está marcado por el hecho de que el mismo fue desarrollado por el ingeniero Tim Paterson al cual Gates compró los derechos de licencia del sistema y a quien contrató en la época para su adaptación al uso del procesador 8088 de Intel. Aunque este proceso fue legal podemos observar características de acción autónoma en el desempeño profesional de Gates ya que, durante su contratación, Paterson no fue informado del uso final que tendría el sistema atentoque, el conocimiento de que sería empleado para una empresa del calibre de IBM podrían haber causado que Paterson solicitara más dinero para su adaptación o que se negara a vender los derechos de licencia del sistema.

Pasando a un segundo caso de estudio, Steven Paul Jobs quien es recordado como un líder de pensamiento y un ícono de los últimos tiempos, durante su carrera revolucionó la industria brindándonos el primer ordenador con interfaz gráfica en el Macintosh 128k, y no es una exageración decir que sus contribuciones a la tecnología de los dispositivos portátiles definirán la cultura mundial por las próximas generaciones.

Un análisis básico de la trayectoria de Jobs nos revela su inclinación al desarrollo de proyectos de su propia iniciativa. Según Alan Deutschman (2001) en su obra "La segunda llegada de Steve Jobs", cuando Jobs tuvo conflictos con la misma junta directiva de

la empresa, decidió organizar un grupo de profesionales para que trabajaran exclusivamente en los proyectos que consideraba importantes, llegando al punto que su equipo trabajaba en un edificio separado de las oficinas de su empresa. Jobs equipara orgullosamente a su equipo de trabajo con piratas, diciendo "Es mejor ser un pirata que ser parte de la Marina". Uno de los episodios más conocidos de su carrera se da durante 1985 cuando el conflicto con la junta directiva de Apple termina en la renuncia de Jobs de la empresa, a la cual regresaría triunfalmente en 1996 para propulsarla al liderazgo de mercado que es hoy Apple.

Continuamos con Mark Elliot Zuckerberg, fundador de Facebook, el quinto hombre más rico del mundo según Forbes Magazine, quien fue objeto de controversia debido al modelo de negocios establecido por su compañía, que muchos usuarios consideran una violación a su privacidad, pero su influencia en la cultura moderna llegó al punto de conseguirle una adaptación cinematográfica de los inicios de su carrera.

La creación de Facebook está caracterizada por controversias sobre las actitudes profesionales de Zuckerberg, principalmente las declaraciones de los hermanos Tyler y Cameron Winklevoss. Según su testimonio, el fundador de Facebook deliberadamente retrasó el proyecto mientras trabajaba con las ideas robadas para su propio uso. Una denuncia legal fue hecha en 2004 alegando una violación del contrato, apropiación de secretos comerciales y robo de derechos intelectuales, aunque la misma fue desestimada. En un caso más puntual, cofundador de Facebook, Eduardo Saverin, originalmente compañero de Zuckerberg en la universidad, lo demanda debido a acciones tomadas para reducir su participación de acciones en la compañía y poder eliminarlo del proceso de toma de decisiones. Zuckerberg justificó su accionar alegando negligencia por parte de su asociado pero la corte falló a favor de Saverin otorgándole el 7% de la compañía más el reconocimiento oficial de su papel como co-fundador de Facebook.

En última instancia evaluamos el caso de los cofundadores de Google, LLC Serguei Mijailovich

Brin y Lawrence Edward Page, quienes no captaron el mismo nivel de atención popular que otros modelos a seguir que analizamos durante la investigación no obstante ser los creadores de una de las herramientas informáticas más vitales para la sociedad moderna. Enfocando el contraste con casos anteriores encontramos que ambos son acreditados de forma igualitaria, a diferencia de casos como Bill Gates y Paul Allen en los que una de las figuras eclipsa la participación de la otra en la opinión popular. Sus trayectorias en el rubro muestran situaciones calmas enfocadas en el desarrollo de productos y ambientes empresariales armoniosos, características que se proyectan hasta el día de hoy haciendo de Google LLC la compañía número uno en ambiente de trabajo por múltiples años, según encuestas anuales llevadas a cabo por la revista Fortune, además de poseer fama mundial por sus oficinas que incluyen cuartos de juegos, spa, gimnasio y áreas especiales para que los empleados puedan realizar siestas durante horas de oficina. El caso de Google se presenta para indicar que, a pesar de que la empresa parecería valorar cualidades de Colectivismo, sus fundadores no suelen ser identificados tan fácilmente como modelos a seguir en contraste a los casos presentados previamente para todo público.

DISCUSIÓN.

Analizando el pensamiento detrás de cuatro de las figuras más icónicas en el área de tecnología informática para el público en general, con la intención de brindar un marco amplio de las influencias que pueden afectar al estudiante de Ingeniería en Sistemas, pudimos observar que las cualidades personales por las cuales son más conocidos, referirían a un perfil que favorece la acción autónoma en tres de cuatro casos, mientras que en el caso restante las figuras principales que poseen rasgos colectivistas no tienen el mismo grado de exposición mediática que sus contrapartes. Inferimos de estos casos que la influencia de los modelos a seguir brindaría al estudiante típico de sistemas, la imagen de un líder de área que se desarrolló durante su carrera dependiendo principalmente de sus propias competencias, lo cual

favorecería en la visión del estudiante a las competencias individuales por encima de las capacidades de colaboración en grupos de pares, caso que correspondería con lo reflejado en los resultados de la implementación MDCU.

Las consecuencias del incremento en estas tendencias de trabajo se verán reflejadas en las metodologías que se implementen en los años consiguientes que marcarán el tono de trabajo en el cual se formará la siguiente generación de Profesionales de Sistemas.

Con respecto al área de Inteligencia de Negocios nos encontramos con un dilema: por un lado observamos que los nombres de mayor peso del rubro se caracterizan por logros favorecidos por el accionar individual, lo cual podría sugerir que lo que necesita una empresa para triunfar es un modelo Steve Jobs que pueda impulsarla a la cima de la competencia por lo que se podría estar tentado a generar un ambiente de trabajo que facilite la identificación y desarrollo profesional de individuos excepcionales que puedan operar de forma autónoma y produzcan resultados asombrosos. Sin embargo la comunidad del área sabe desde hace años que un ambiente de trabajo que incentive la cooperación entre pares es lo más benéfico para el futuro del rubro y el desarrollo constante de la tecnología informática por lo cual observamos hoy día la implementación de metodologías ágiles como una herramienta básica para los negocios del rubro. Por esto encontramos relevante preguntarse a la hora de plantear el modelo de trabajo que seguirá una organización, dentro del área, la importancia en diagnosticar el desarrollo de competencias sociales para la interacción entre grupos heterogéneos, desarrollada por el profesional.

Reconocimientos

Este trabajo se desarrolló con la Dirección de la Mg. Ing. en Sist. Silvia V. Poncio, Profesora de la Facultad de Tecnología Informática de la Universidad Abierta Interamericana Sede Regional Rosario, fue revisado metodológicamente con el respaldo de la Mg. Lic. Ana M. Trottni, Prof. de la Fac. de Cs. Empresariales, y se basó en los resultados de la investigación Modelo de Diagnóstico

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

de Competencias Universitarias llevada a cabo en el año 2017.

Referencias y Bibliografía

Poncio S., Trotini A.M. (2016) "Modelo Diagnostico de Competencias Universitarias (MDCU): Aprender a Empezar."

Hofstede, G. (Marzo 1993). "Cultures and Organizations: Software of the Mind". Recuperado de

<http://testrain.info/download/Software%20of%20mind.pdf>.

Hofstede Insights (2017). <https://www.hofstede-insights.com/country-comparison/argentina/>.

Myers, I., Briggs, K. (1976). "Myers Briggs Type Indicator (MBTI)". URL: <http://www.myersbriggs.org/my-mbti-personality-type/mbti-basics/home.htm?bhcp=1>

Al Khalidi, M., Barton, J., Gentile, N., Gosztonyi, S., Ronchi, E. (2015) "The Positive Impact of Negative

Role Models" (tesis de pregrado) Universidad de Lund, Lund, Suecia.

Deutschman, A. (2001). "The Second Coming of Steve Jobs".

Resumen Ejecutivo de "Definición y selección de Competencias Clave" DeSeci OCDE.

<https://es.slideshare.net/primariaraceli85/competencias-clave-deseco>

Wallace J. (Abril 1992). "Hard Drive. Bill Gates and the Making of the Microsoft Empire". Recuperado de

<http://wordsbloom.com/uploads/files/Hard%20Drive%20-%20Bill%20Gates%20and%20the%20Making%20of%20the%20Microsoft%20Empire%20%281%29.pdf>.

Vise D. (Noviembre 2005). "The Google Story. Inside the Hottest Business, Media and Technology Success of our time". Recuperado de http://yanko.lib.ru/books/internet/google_story-1.pdf.

Jones E. (Septiembre 2017). "Mark Zuckerberg: A Biography of the Facebook Billionaire".
Isaacson W. (Octubre 2011). "Steve Jobs".

Analizando la Relación del Bitcoin con el Cibercrimen

Ayrton Marini, Ana Garis
Departamento de Informática
Universidad Nacional de San Luis
Av. Ejército de los Andes 950, D5700BPB San Luis
mariniayrtond@gmail.com, agaris@unsl.edu.ar

Abstract

En tiempos de conectividad y evolución tecnológica permanente, hace su aparición una criptomoneda: el Bitcoin. Pese a que en los últimos años, su uso ha crecido exponencialmente en distintas partes del mundo, es importante hacer una revisión de los riesgos asociados al uso de esta moneda virtual. El presente trabajo describe las principales características Bitcoin, detallando las ventajas y desventajas de su utilización; y exponiendo los conflictos legales y regulatorios que afronta en diversos países.

Palabras Clave: Criptomoneda, Bitcoin, Criptografía, Fraude, Leyes.

Introducción

El Bitcoin [12] es una moneda virtual o electrónica descentralizada, es decir que no se administra a través de ningún banco central o entidad del estado (como las monedas fiduciarias convencionales), e implementada a través de la criptografía y la tecnología peer-to-peer (o punto a punto). Al día de hoy, existen más de 11,2 millones de Bitcoins en circulación que se utilizan diariamente para adquirir una variedad (cada vez más) de bienes y servicios alrededor del mundo [3, 6].

El Bitcoin también puede verse como un algoritmo distribuido que debe funcionar correctamente para que la moneda, a su vez, opere como tal [11]. En este contexto, la operación exitosa de estos algoritmos depende de la cooperación de varios actores participantes en el sistema. En definitiva, el valor de esta criptomoneda se da por consenso de varias partes y también, en función de la capacidad que tienen para ser usados en la compra de bienes o servicios. Por lo tanto, su valor depende de tres tipos de consenso. Los participantes del sistema deben acordar las reglas para determinar la validez de las transacciones, determinar que transacciones se han producido en el sistema y por último, el valor de la moneda propiamente dicha [11].

Pese a que en el mundo el uso de diversas monedas virtuales evoluciona constantemente, el interrogante inmediato que surge a partir de las observaciones precedentes corresponde a la identificación de las diferencias entre un sistema convencional y uno virtual, como el Bitcoin. Es decir, es relevante percibir cuales son los riesgos, ventajas y desventajas que tiene el uso de estos sistemas fiduciarios modernos.

El primer punto a tratar es la inflación. Este fenómeno tiene lugar en la moneda corriente ya que es un organismo gubernamental quien lo respalda. Esto quiere decir que es el estado quien se encarga de proporcionarle estabilidad y reputación, por consiguiente, será quien le permita a los participantes en el comercio de las mismas tener confianza en su valor asociado, puesto que es el mismo gobierno de distribución quien determina su precio [8].

Por otro lado, este tipo de sistemas monetarios centralizados son vulnerables a fallos catastróficos si se tratase de una falla en su núcleo estructural. No obstante, poseer una autoridad inherente garantiza que los conflictos en transacciones y fraude puedan ser resueltos administrativamente. Por lo tanto, es factible argumentar que las criptomonedas (el Bitcoin particularmente) son superiores a las monedas convencionales en cuanto a la flexibilidad y el anonimato, pero carece de un respaldo autoritario y control central.

Sobre el marco de las observaciones realizadas anteriormente se da a entever un conflicto de intereses. Por un lado el Bitcoin es menos propenso a la inflación y ofrece anonimato para las partes involucradas al realizar transacciones, pero por otra parte su valor puede fluctuar dramáticamente (como lo hizo en estos últimos años) y además, no ofrece la seguridad, control y confianza asociadas a una moneda desplegada sobre una infraestructura centralizada y respaldada por un organismo gubernamental [7, 10].

Contribución de este Artículo

Sobre el problema planteado anteriormente, este artículo pretende alcanzar dos objetivos bien diferenciados:

- Por un lado ayudar a la comprensión de la infraes-

estructura que sustenta las monedas virtuales, en el caso particular del Bitcoin. Explicar las partes involucradas, riesgos asociados, ventajas y desventajas.

- Y por otra parte, dar a conocer la situación actual, en cuanto a legislación, que se da en distintos entornos internacionales para con el uso de estas criptomonedas. Es decir, reconocer algún organismo regulador, si existen leyes que avalen, o no, su uso, si sus usuarios están protegidos de alguna manera a través de una posible intervención del estado.

Funcionamiento del Bitcoin

La implementación del Bitcoin incluye una serie de características. Por lo general, a cada usuario de la red Bitcoin se le crea un nodo dentro de la misma, un archivo denominado "Wallet" (o billetera), en donde el mismo pueda almacenar sus monedas, y además, se le brinda acceso a una estructura de datos denominada: "Blockchain" (o cadena de bloques) en donde se almacena información que tenga que ver la toda la actividad pasada referida al uso de la moneda en su historia, básicamente como un libro contable virtual [3].

De esta forma, los Bitcoins se registran como transacciones. Es decir, un usuario "X" no puede retener tres Bitcoins. Lo que en realidad sucede es que el usuario "X" participó en una transacción verificable públicamente donde muestra que recibió tres monedas de otro usuario "Y". Esto quiere decir que el usuario "X" pudo verificar que el usuario "Y" fue capaz de pagar ese monto porque en el historial de transacciones figura que un usuario "Z" anteriormente realizó una transferencia a la cuenta del usuario "Y" de tres Bitcoins.

El ejemplo anterior refleja el funcionamiento de este sistema fiduciario virtual. En palabras simples, para que un usuario pueda enviar monedas a otro, el mismo debe haber recibido antes una cantidad suficiente para hacerlo. Es por ello que cuando se hace un intercambio de monedas se hace un registro de la transacción correspondiente y posteriormente se valida por los mismos usuarios de la red, antes que se agregue a la cadena de bloques.

Conceptos Técnicos

El sistema de Bitcoins se basa en dos tecnologías claves, fundamentalmente son: la clave pública y la validación criptográfica de transacciones. La clave pública permite a cualquier persona crear una clave pública y asociarle una clave privada (valga la redundancia). Esto sirve para que los mensajes cifrados con una clave pública solo puedan ser decodificados por alguien que posea la clave privada correspondiente, por lo tanto, el emisor puede

cifrar un mensaje que solo el destinatario específico pueda decodificar [3].

Retomando el ejemplo anterior, si el usuario "X" quiere transferir tres de sus Bitcoins al usuario "Y", lo que debe hacer es publicar un mensaje en la red de usuarios que indique una transferencia de dicha cantidad de monedas, junto con una referencia a la transacción de la cual el usuario "X" recibió esa misma cantidad (lo que lo habilitaría a realizar la transferencia). Una porción de este mensaje está encriptado por la clave privada del usuario emisor, en este caso "X". Esto permite que la red Bitcoin identifique a sus usuarios solo por sus claves públicas, las cuales funcionan como número de cuenta. De esta forma, cada moneda es propiedad de una dirección que consiste en una clave pública.

Por otro lado, para poder verificar la validez de una moneda a través de la validez criptográfica de su historial, las transacciones que realizan los usuarios de la red se organizan en bloques, las mismas contienen un número de secuencia, una marca de tiempo, el *hash*¹ criptográfico del bloque anterior, algunos metadatos, un *nonce*² y un conjunto de transacciones válidas [13, 14, 5].

Elementos Clave en el Funcionamiento

Entre los elementos más importantes del bloque se identifica en primer lugar el *hash* del bloque anterior, esto es porque su objetivo es brindar la posibilidad de hacer una traza desde la transacción actual hacia las anteriores y es lo que al final permite verificar la consistencia de la transferencia.

El otro elemento clave es el: *nonce*, cuya existencia se justifica bajo el concepto de "Proof of Work" [2]. Para entender esto, cabe destacar que el principal problema de que los mismos usuarios de la red Bitcoin sean quienes validen sus propias monedas, es el fraude. En un sistema descentralizado es preciso impedir que un usuario sea capaz de dominar la red, mediante algún *malware* por ejemplo, y se auto-valide una serie de transacciones para su propio beneficio. En este contexto es que se usa el sistema de Prueba de Trabajo. Básicamente lo que se hace es añadir costo (en términos de consumo de poder de procesamiento) al proceso de *hashing* de los bloques para que no sea tan sencillo llevarlo a cabo. Para conseguir este objetivo, se agregan reglas al formato de la cadena de *hash* que le suman dificultad (por ejemplo los que identifican cada bloque en la red de Bitcoin empiezan todos con una cantidad de ceros preestablecida). Por lo tanto, para lograr una secuencia de caracteres válida que sirva para identificar un bloque, la única forma de conseguirlo es hacer variar (mediante fuerza bruta) el *nonce*

¹ Es un algoritmo matemático que transforma cualquier bloque de datos en una nueva cadena de caracteres de longitud fija. Sirve para identificar unívocamente un bloque de información [9].

² En criptografía, un *nonce* a un número arbitrario que se utiliza una única vez al realizar un tipo de operación.

hasta que la cadena que se forme cumpla con las propiedades necesarias. Se estima que este proceso dure alrededor de diez minutos pero depende de la cantidad de usuarios que estén intentando conseguir ese *hash* por lo que este número debe ser actualizado periódicamente [12].

En este punto es propicio introducir el concepto de “Minería de Bitcoins”. Estos usuarios mineros son los que al fin y al cabo crean, y por lo tanto, mantienen actualizado el registro de transacciones. Este sistema fiduciario virtual recompensa a estos usuarios dándoles una comisión (en Bitcoins) a los que sean capaces de crear un bloque. Esta idea de volver más difícil, a nivel de costos de procesamiento, la tarea de creación de bloques, al mismo tiempo que se recompensa a aquellos que sean los primeros en hacerlo, provoca un entorno de competitividad en donde los mismos usuarios de la red conforman grupos (*pooles*) para trabajar con el fin de validar transacciones y mantener actualizado el registro histórico. En este contexto, es factible concluir que esta situación se traduce a observar un comportamiento anti-fraude, casi por naturaleza, de todos los miembros de la red. Es decir, se vuelve más rentable controlar que todo sea válido antes que intentar timarlo [5].

Riesgos en su Uso

Sobre el marco de las observaciones realizadas en la sección anterior, se espera que el lector haya comprendido el proceso involucrado en la generación y transferencias de Bitcoins.

Una de las características mencionadas con anterioridad es que los Bitcoins, por lo general, se consideran anónimos ya que las direcciones de los mismos se derivan de claves públicas y, por consiguiente, podrían representar a cualquier persona en Internet. Pese a que a priori, la unanimidad pareciera una ventaja, también tiene su lado negativo [1].

Uno de los problemas se da en los escenarios de lavado de dinero, sin poder vincular a un usuario identificable con una sola dirección de Bitcoin, el seguimiento de la inyección, la estratificación y la re-entrada de los fondos sería extremadamente difícil para las entidades encargadas de gestionar este tipo de ilegalidad. Además, como cada nodo minero de la red Bitcoin recibe y procesa todas las transacciones, y dicha red escala automáticamente la dificultad para completar bloques en función de la potencia de procesamiento total, detener la operación requiere inhabilitar a todos los mineros de la red. Por lo tanto, la complejidad de las tareas que tienen que controlar estos aspectos crece proporcionalmente a medida que aumenta su tamaño.

Otro riesgo para sus usuarios es la fluctuación en su precio. La Figura 1 representa el promedio del tipo de cambio dólar-bitcoin en las bolsas más grandes, junto con los volúmenes de comercio semanales. Los bruscos movimientos desde finales de 2013 hasta 2015 serían motivo de preo-

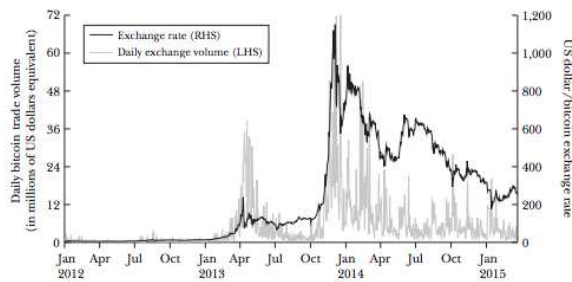


Fig 1. Relación Dólar-Bitcoin

ocupación, tanto para los usuarios que usan la criptomoneda para las transacciones.

Otro de los puntos a recalcar según, es la irreversibilidad de los pagos. Es decir, el sistema de Bitcoin por sí mismo no presenta ningún mecanismo para deshacer una transacción. La irreversibilidad es una desventaja competitiva respecto a otros medios de pago que sí lo permiten [5].

Conflictos Legales en Distintos Contextos

Además de los puntos mencionados en la sección anterior, el Bitcoin enfrenta numerosos riesgos legales y regulatorios en varios países.

En una primera instancia, está claro entonces que la visión de Bitcoin está en tensión con la regulación y el control gubernamental. En este contexto, este sistema de criptomonedas extiende una línea de libertarismo cibernético en contra del papel del estado como organismo de supervisión de las comunicaciones en línea. No obstante, en el último tiempo, parece haber una posibilidad de supervisión regulatoria por parte del estado.

La red de Bitcoins recibe un escrutinio regulatorio para tres clases de delitos: delitos específicos de Bitcoin, lavado de dinero (como se mencionó anteriormente) y delitos facilitados por esta criptomoneda.

Los crímenes específicos de Bitcoin son ataques a la moneda y su infraestructura como el hurto de las mismas, ataques a grupos de minería y ataques de denegación de servicio para manipular las tasas de cambio. La aplicación de la ley a menudo lucha para prevenir o resolver estos conflictos debido a su novedad, la falta de claridad sobre qué organismo y jurisdicción son responsables, la complejidad técnica, la incertidumbre del procedimiento y los recursos limitados.

Con respecto al lavado de dinero, la infraestructura del Bitcoin incluye elementos en su diseño e infraestructura que podrían facilitar el rastreo de fondos, como por ejemplo que la cadena de bloques sea pública para cualquier usuario [5].

El tercer delito relacionado con el Bitcoin es el pago por

servicios ilegales, como los bienes y servicios vendidos en Silk Road [4] y el pago de fondos en extorsión. Claramente, los delincuentes pueden sentirse atraídos a las monedas virtuales porque perciben una falta de supervisión reguladora, porque las transacciones son irreversibles, o porque han sido prohibidos de utilizar otros mecanismos de pago.

Una justificación relacionada para la acción reguladora es la necesidad de protección del consumidor. Las preocupaciones más relevantes en este sentido son el resultado de la irreversibilidad de las transferencias de Bitcoin. La mayoría de los sistemas de pago electrónico proporcionan mecanismos para proteger a los consumidores contra transferencias no autorizadas, y de hecho tales protecciones a menudo se codifican en la ley.

Conclusiones

A lo largo de este artículo se fueron dando los argumentos por lo cual se considera al Bitcoin, así como otras monedas virtuales, como un riesgo. No obstante, hay varios aspectos a destacar:

Como la infraestructura que soporta a la red de Bitcoins es descentralizada, se ha vuelto un interesante instrumento de inversión y es innegable el cambio que ha producido a nivel mundial.

Hace falta remarcar que el Bitcoin es legal. En el mundo se comparte la opinión de que esta moneda no es inherentemente ilegal. Es importante destacar, la aceptación que ha tenido en países como los Estados Unidos, China, Reino Unido, Alemania y demás países. El crecimiento en cuanto al uso está en aumento constante, quedará ver a futuro si se logra controlar eficientemente.

También, es importante no perder de vista el uso ilegal de esta criptomoneda y los riesgos asociados. Algunos de estos hechos han contrariado el uso de la misma y es propicio situar el foco de atención en los conflictos legales que pueda llegar a acarrear su uso, para de esta forma evolucionar sobre los medios disponibles para contrarrestar estas situaciones.

Como punto final, a pesar de ventajas y desventajas que pueda proveer este sistema. En los tiempos actuales, la evolución hacia la conectividad permanente va creciendo a pasos agigantados, en este contexto de permanente cambio, Bitcoin, aparte de estar acompañado de un desarrollo técnico de alto calibre, se ha mantenido en el estado máximo de innovación y evolución de las monedas virtuales.

Referencias

- [1] E. Androulaki, G. O. Karame, M. Roeschlin, T. Scherer, and S. Capkun. Evaluating user privacy in bitcoin. In *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, pages 34–51. Springer, 2013.
- [2] A. Back et al. Hashcash-a denial of service counter-measure. 2002.
- [3] R. Böhme, N. Christin, B. Edelman, and T. Moore. Bitcoin: Economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2):213–38, 2015.
- [4] L. Boulnois. *Silk road: monks, warriors & merchants on the Silk Road*. WW Norton & Co Inc, 2004.
- [5] D. Bryans. Bitcoin and money laundering: mining for an effective solution. *Ind. LJ*, 89:441, 2014.
- [6] F. Corradi and P. Höfner. The disenchantment of bitcoin: unveiling the myth of a digital currency. *International Review of Sociology*, 28(1):193–207, 2018.
- [7] J. G. Fraser and A. Bouridane. Have the security flaws surrounding bitcoin effected the currency's value? In *Emerging Security Technologies (EST), 2017 Seventh International Conference on*, pages 50–55. IEEE, 2017.
- [8] R. Grinberg. Bitcoin: An innovative alternative digital currency. *Hastings Sci. & Tech. LJ*, 4:159, 2012.
- [9] S. Haber and W. S. Stornetta. Secure names for bit-strings. In *Proceedings of the 4th ACM Conference on Computer and Communications Security*, pages 28–35. ACM, 1997.
- [10] M. Iavorschi et al. The bitcoin project and the free market. *CES Working Papers*, 5(4):529–534, 2013.
- [11] J. A. Kroll, I. C. Davey, and E. W. Felten. The economics of bitcoin mining, or bitcoin in the presence of adversaries. In *Proceedings of WEIS*, volume 2013, page 11, 2013.
- [12] S. Nakamoto. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. 2008.
- [13] F. Tschorsch and B. Scheuermann. Bitcoin and beyond: A technical survey on decentralized digital currencies. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(3):2084–2123, 2016.
- [14] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang. An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. In *Big Data (BigData Congress), 2017 IEEE International Congress on*, pages 557–564. IEEE, 2017.

Streaming, medio contra la piratería informática

Luciano, Santucho; Santiago, Garbini; Federico Arriola

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El Streaming es una manera de difusión de contenido que se hizo notable durante la última década. Su fin es otorgar una vía rápida para disfrutar de contenido audio y/o audiovisual, siendo al mismo tiempo una opción para consumir contenido legalmente y no perjudicar a las diferentes industrias a través del uso de la piratería. En el presente artículo se profundiza sobre el comienzo del streaming, cómo funciona, qué ventajas otorga, qué impacto económico tiene y si finalmente reduce, o no, la piratería.

Palabras clave

Streaming-Piratería-Netflix-Spotify

Introducción

La piratería informática existe desde que Internet surge globalmente como servicio y manera de comunicación, “la piratería informática, puede entenderse que comprende todo acto de violación del derecho de autor, bien sea por la obtención y distribución de copias sin la previa autorización expresa del autor, o bien por la comunicación pública y puesta a disposición de contenidos de manera ilegal” [1]. Durante los últimos años se crearon alternativas para evitarla, una de ellas son las aplicaciones que utilizan “streaming”, el cual consiste en la descarga continua del archivo en el instante que el usuario consume el mismo [2], utilizado para visualizar audio y video. Tanto los representantes de la industria, como los creadores independientes, evalúan cómo esta tecnología constituye una nueva opción para diversificar su oferta, llegar a nuevos mercados y mejorar la experiencia del usuario brindándole mayor comodidad [3].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada) es analizar el Streaming, en base a la problemática de la difusión de contenido de manera ilegal, al mismo tiempo concientizando de cómo la piratería afecta a las distintas industrias de, contenido.

Para lograr dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se describen los inicios de la tecnología denominada “Streaming” hasta llegar a la actualidad; en la sección 3, se explica cómo funciona el Streaming; en la sección 4, se analiza cómo la piratería impacta económicamente contra la industria musical antes de que el Streaming se vuelva popular; en la sección 5, se realiza una comparación con respecto a la piratería para indicar que el Streaming lo reduce; finalmente en la sección 6, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Streaming: sus comienzos

El Streaming nace con el que se puede catalogar como el primer boom de la informática de consumo. Aunque la historia de la reproducción multimedia en ordenadores data de mediados del siglo XX, no fue hasta los años 80 cuando la informática empezó realmente a llegar a la gente de a pie [6].

En aquella época, sin embargo, los ordenadores no eran demasiado potentes, y reproducir vídeo o audio de alta calidad sólo estaba al alcance de unos pocos. Cabe

recordar que los primeros accesos a la red eran hechos a través de líneas de teléfono convencionales y lo máximo que se podía conseguir de velocidad eran 27kbps, lo que era prácticamente imposible hacer transmisiones en tiempo real [5].

Antes de que el Streaming existiese era necesaria la aparición de algunos elementos. Así que cuando surgieron tecnologías como dispositivos capaces de reproducir contenido multimedia, conexión adecuada a Internet, redes de emisión y almacenaje de contenido y portales virtuales; se dio lugar al Streaming. A partir del año 1993, se emiten los primeros conciertos en vivo, transmisiones deportivas, estaciones de radio, entre otras. Años más tarde, en 1997, RealPlayer, el primer sistema de reproducción de vídeo en Streaming, era lanzado por RealNetworks, hazaña que dio la vuelta al mundo. Durante los años siguientes, otros programas se crearon y los dispositivos de recepción mejoraron [6].

La lectura en continuo no se podía llevar a cabo hasta que mejorara la conexión a Internet, algo que ocurrió al cambiar de siglo. El uso de Internet se multiplicó exponencialmente y todo cambió [12].

La difusión en flujo simplemente ha ido adentrándose en los hogares, destacando la creación de YouTube en 2005, plataforma que, sin duda, revolucionó el consumo de contenido audiovisual [7].

2.2 Streaming en la actualidad

El consumo de contenidos en streaming mueve a diario millones y millones de TB de datos, acaparando gran parte del ancho de banda global de Internet, y es indudable que es parte fundamental de nuestro día a día, ya que gracias a él existen plataformas como Netflix, Spotify, YouTube, entre las más populares [5]. En 2015, el tráfico mensual a nivel global de vídeo visto en

dispositivos móviles a través de Streaming superó los dos millones de terabytes. Asimismo, las previsiones ponen de manifiesto un aumento constante en el consumo de este tipo de datos hasta situarse por encima de los 15 millones mensuales a partir de 2019 [19].

Se estima que para el año 2020 el 35% de los hogares con televisión en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México, países en los que Netflix está disponible desde finales de 2011, cuenten con una suscripción de esta plataforma. La tasa de penetración de suscripciones en otros países alrededor del mundo varía entre un 30% a un 36% [20].

3. Streaming

En esta sección se detallan y explican los distintos elementos que componen el Streaming, dando a conocer también los servicios que existen para brindar contenido a los usuarios.

3.1 Servicios y transmisiones

Existen dos tipos de servicios de Streaming, uno que se denomina en directo o live, que es similar a un canal de televisión, el cual está orientado a la multidifusión y los usuarios ven la información que se está emitiendo. En este tipo de servicio no existe la interactividad por parte del usuario, solo se le permite pausar el contenido. Dentro de este servicio existen dos tipos de transmisión, multicast y unicast [9].

La transmisión multicast consiste en que un solo stream se comparte entre diferentes clientes, de forma que el servidor envía la información una única vez, y ésta llega a todos los clientes que han demandado el servicio. Esta técnica reduce el tráfico en la red y evita la congestión en los routers [14].

En la otra transmisión, denominada unicast, cada cliente inicia su propio stream, es decir una conexión cliente-servidor por cada uno de los clientes en la red. Esta técnica aumenta el tráfico y hace que el servidor requiera un ancho de banda mayor al del cliente. Sin embargo, este método es el único cuya disponibilidad está garantizada en Internet actualmente. En la Figura 1 se muestra como el servidor llega a los clientes utilizando una transmisión unicast y otra multicast [13].

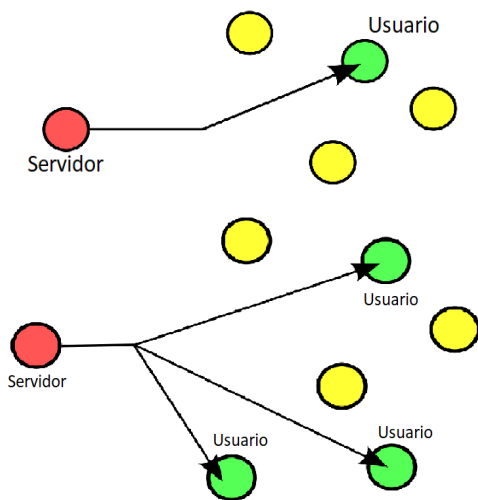


Figura 1 y 2. Funcionamiento Unicast y Multicast.

El otro servicio que existe es el llamado bajo demanda, u on-demand, el cual permite que los usuarios soliciten la información del servidor en cualquier instante. Esto le brinda al usuario mayor interacción, pudiendo este pausar, avanzar y retroceder el contenido que este consumiendo. Los servicios on-demand más populares son los anteriormente ya mencionados Spotify, Netflix y Youtube, los cuales para algunos usuarios ya se han vuelto indispensables en su día a día. [9].

3.2 Funcionamiento del Streaming

Para ver videos a través de Internet, sin pérdida en la calidad de servicio ni interrupciones, se ha desarrollado un sistema de Streaming con una robusta arquitectura [8]: cuando el cliente desea consumir algún contenido Streaming se conecta con el servidor. Una vez hecho esto el contenido multimedia que se quiere transmitir, el cual generalmente está compuesto por audio y video, debe ser separado y pasar por un proceso de compresión, para luego ser almacenados en el servidor de Streaming.

Luego de esta adaptación, los protocolos de transporte crean paquetes a partir de los segmentos comprimidos de audio y video, para luego enviar estos paquetes a través de Internet. Para mejorar la calidad de la transmisión de audio y video, servicios de distribución continua de medios, como por ejemplo servicios de caché, están implementados en Internet. Los paquetes que son enviados exitosamente al receptor, pasan en primer lugar por la capa de transporte y luego son procesados en la capa de aplicación, antes de ser decodificados por el decodificador de audio y video [8].

3.3 Protocolos de transporte

Los protocolos son diseñados y estandarizados para la comunicación entre clientes y servidores de Streaming. Los protocolos para el Streaming de media proveen servicios como el control del direccionamiento de red, transporte y sesión. Los protocolos son descritos en dos categorías: basados en pull y basados en push. En los protocolos basados en push, una vez que el servidor y el cliente han establecido una conexión, el servidor transmite paquetes al cliente hasta que éste último detiene, o interrumpe la sesión [8]. Los más usados son el protocolo de Streaming en tiempo real (RTSP), que

establece y controla uno o muchos flujos sincronizados de datos, lo que hace posible la interacción con el usuario, y el real-time transport protocol (RTP), el que provee transporte de punta a punta y sincroniza diferentes flujos de medio ordenándolos a su llegada. En los protocolos de medios basados en pull, los medios del cliente, están principalmente activos y es el cliente quien pide contenido desde al servidor. Al igual que en el principal protocolo de descarga en Internet, el protocolo HTTP, también es utilizado en este método [10].

3.4 Calidad de servicio en la capa de aplicación

Cuando el video llega al receptor, éste debe pasar por un control de calidad, que asegure que el video está en condiciones de ser mostrado, que lo repare en caso contrario, y que luego sincronice el audio con el video para finalmente ser mostrado al usuario [15].

En este control de calidad de servicio la capa de aplicación tiene como principal objetivo evitar la congestión y maximizar la calidad del video a pesar de la pérdida de paquetes. Las técnicas de calidad de servicio incluyen control de congestión y control de errores. En general, el control de congestión toma la forma de control de tasas, que intenta minimizar la posibilidad de congestión en la red, igualando la tasa de transmisión de video con el ancho de banda disponible en la red. En la Figura 2 se observa gráficamente el procedimiento que se lleva a cabo en el Streaming [8].

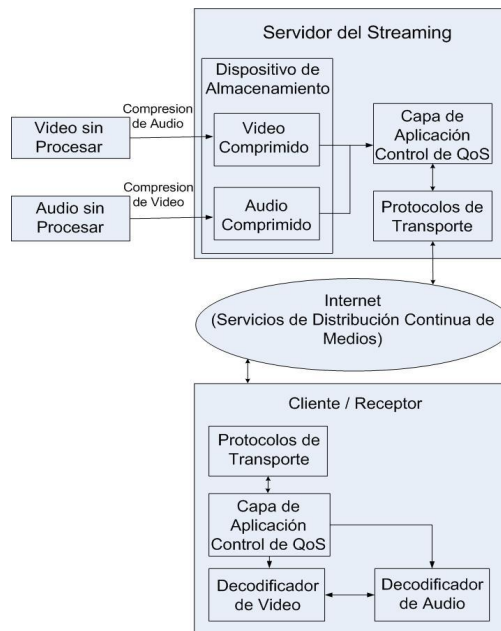


Figura 3. Funcionamiento del Streaming.

4. Impacto económico de la piratería con respecto a la música antes del streaming

La preocupación que manifiestan las entidades mundiales es que la música difundida por Internet no tiene que ser gratuita, ya que de esta manera se violan los derechos de los artistas y los productores [2]. Se destaca que los ingresos digitales representan un tercio del total de ingresos musicales, es mucho mayor que en otras industrias culturales como el cine, los libros y los periódicos [11].

Los canales digitales les han ganado a los formatos físicos y se han transformado en la principal corriente de ingresos en los Estados Unidos, el mercado más grande del mundo, de esta forma, es que tiempo atrás el formato digital era percibido, erróneamente, como el enemigo del álbum [8].

Sin embargo, el problema que se plantea radica en el hecho de que más de uno de cada cuatro usuarios de Internet suelen visitar sitios con contenidos musicales que vulneran los derechos de autor [11].

La preocupación es que la piratería digital aún constituye un obstáculo importante contra el crecimiento y las inversiones de los sellos discográficos [11].

Este tipo de organizaciones, como la ISCM (Sociedad Internacional de la Música Contemporánea), o la FMI (Federación Internacional de Músicos), apuntan a la piratería generalizada, acusando a esta de ser la principal culpable del debilitamiento del negocio de la música digital [2]. Según sondeos realizados por instituciones de nivel mundial, más de un cuarto de los usuarios de Internet a nivel mundial (28%) accede cada mes a servicios no autorizados [11].

La piratería digital se divide entre los canales que son P2P (Person To Person) y los que no son P2P – como blogs, armarios virtuales, foros, sitios web, sitios de streaming, aplicaciones basadas en teléfonos inteligentes y aplicaciones de grabación de emisiones de Streaming [16]. Aunque algunos usuarios de redes P2P también pagan por un tema musical, y existen fanáticos dispuestos a gastar mucho dinero. Este efecto positivo está contrarrestado por la cantidad abrumadora de usuarios de redes P2P que no pagan absolutamente nada [12].

La industria de la música propone atacar en línea desde tres frentes: brindar servicios legítimos atractivos y realizar campañas de concientización son dos elementos claves del enfoque; el otro es la capacidad de la industria de hacer cumplir sus derechos, garantizándoles a los consumidores un incentivo para migrar de la modalidad gratuita e ilegal a la legítima [5].

5. Los servicios de Streaming reducen la piratería

Durante los últimos años, muchas empresas que han comenzado a dedicarse a ofrecer servicios de Streaming han vendido la idea de que este tipo de productos benefician notablemente a la disminución de la piratería, pues por una cierta cantidad de dinero se puede acceder a un extenso catálogo de contenido para disfrutarlo desde una variedad de dispositivos capaces de conectarse a Internet. Sin embargo, siempre ha existido una difusa línea entre estas declaraciones y el consumo de piratería en Internet [13].

Se debe tener en cuenta que este tipo de plataformas, a pesar de su creciente éxito, se las compara con el tiempo de vida de los portales pirata y todo lo relacionado con este controvertido mundo, son relativamente nuevas. Es por ello que se puede considerar que por el momento aún se está ganando la confianza de los usuarios atrayéndolos con una amplia variedad de contenidos, tanto propios como de terceros. Estos servicios audiovisuales se están centrando cada vez más en la producción de contenidos propios en forma de series y películas, para así tener exclusividad y ganar nuevos clientes con sus nuevos éxitos propios [15].

Para millones de usuarios en todo el mundo y a medida que van pasando los años, el modo en el que se disfruta de la televisión está cambiando de manera exponencial, especialmente entre los más jóvenes, algo a lo que está ayudando en gran medida plataformas de vídeo streaming tipo Netflix, HBO o Amazon Prime Video [17]. Estos servicios de vídeo a la carta están preparados para ofrecer, de manera totalmente legal, una gran cantidad de contenidos audiovisuales en forma de películas, series y documentales previo pago de una mensualidad que podría

considerarse como asequible para la mayoría. Una de las principales ventajas de estos servicios, que hoy día vienen claramente liderados por Netflix, es la posibilidad de poder disfrutar de estos contenidos cuando se quiera, donde se quiera y en el dispositivo que más a mano se tenga en ese momento[14]. Según los expertos, el futuro inmediato del streaming pasa por su extensión a más países, la captación cada vez más de usuarios de pago, la ampliación de formatos, con el vídeo en el punto de mira, la personalización de los contenidos (listas cada vez más a medida) y la oferta de lanzamientos exclusivos [16].

Conclusión

A partir del objetivo planteado en las secciones anteriores y de la recolección de información se puede determinar que los servicios de Streaming presentan cierta efectividad contra la piratería informática, dando la oportunidad a los creadores de contenido de difundir su material de una manera legal en donde pueden obtener una retribución por su trabajo. Sin embargo, en la actualidad el Streaming no es un método que resulte 100% eficaz contra el contenido ilegal. Es por ello que si bien otorga una alternativa, es poco probable que reduzca significativamente la piratería.

Se destacan como puntos positivos que gracias al Streaming se crean nuevas líneas de mercados, llegando así el contenido multimedia a más personas alrededor del mundo, e incentivando a la creación de más material para difundir a través de este medio.

Sin embargo, tiene también tiene puntos negativos. Un ejemplo es el de una persona que no puede adquirir un servicio de Streaming pero desea disfrutar de material incluido en este. Esta persona con el fin de satisfacer su deseo puede optar

por adquirir cierto material de manera ilegal a través de la piratería informática. Por estas razones es que la piratería es muy difícil de erradicar.

Como futura línea de trabajo, se destaca analizar la eficacia del Streaming contra la piratería en la industria de los videojuegos, industria que últimamente es mundialmente muy popular, superando en ingresos a la industria cinematográfica y musical juntas. El Streaming es un medio muy utilizado para promocionar videojuegos de parte de los creadores y es uno de los causantes del crecimiento exponencial de esta industria.

Referencias:

[1] Adriana Margarita Porcelli Protección del derecho de autor en la era digital. Principales tendencias legislativas, Doctrinarias y jurisprudenciales argentinas sobre la denominada "piratería informática". Enlace: <https://bit.ly/2JlzJr9>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[2] Pruvost, Andrés Guillermo, música, opción legal con Streaming, el caso Spotify. Enlace: <https://bit.ly/2HMIzIP>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[3] Teresa Ojer. Nuevos modelos de negocio en la distribución de contenidos audiovisuales. Enlace: <https://bit.ly/2HrgagA>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[4] Jimena Jáuregui: Streaming musical en Spotify: ubicuidad entre géneros y estados de ánimo. Enlace: <https://bit.ly/2IvKCTm>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[5] Randal, Historia del Software: Música y vídeo en Streaming. Enlace: <https://bit.ly/2MCuSHU>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[6] Un poco de historia: los orígenes del Streaming. Enlace: <https://bit.ly/2IC0jfo>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[7] La historia del Streaming. Enlace: <https://bit.ly/2PdIWG1>. Último Acceso: Agosto de 2018.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[8] Cristóbal Águila Rebolledo Análisis del funcionamiento de servicios Streaming. Enlace: <https://bit.ly/2PHX9e1>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[9] Francisco José Suárez Alonso, Tecnologías de Streaming. Enlace: <https://bit.ly/2odltYQ>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[10] Marcelo Baeza, RTP Y RTPS. Enlace: <https://bit.ly/2Nqyg5n>. Último Acceso: Agosto de 2018.

[11] Concetti Sebastián, El impacto producido por la descarga de música por Internet en la industria musical argentina durante el siglo XXI. Enlace: <https://bit.ly/2oblNam>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[12] Juliana Duarte Hueros, Las descargas de contenidos audiovisuales en Internet entre estudiantes universitarios. Enlace: <https://bit.ly/2BPoOHm>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[13] Los servicios de streaming están acabando con la piratería. Enlace: <https://bit.ly/2JpNFUC>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[14] David Onieva: Ya todo vale, las plataformas streaming se sirven del consumo pirata para beneficio propio. Enlace: <https://bit.ly/2symKMK>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[15] David Onieva: ¿Realmente los servicios streaming legales están frenando la piratería? Enlace: <https://bit.ly/2xKX4BE>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[16] Javier Romeo: ¿Sirve realmente el streaming para reducir la piratería? Enlace: <https://bit.ly/2xKAKII>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[17] David Onieva: Netflix: una solución a la piratería, o el rival del cine y la televisión. Enlace: <https://bit.ly/2IQR8ao>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[18] ¿En manos de qué empresas está el futuro del Streaming? Enlace: <https://bit.ly/2NmWUDN>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[19] Previsión del consumo de datos de vídeo desde dispositivos móviles en el mundo entre 2015 y 2020 (en terabytes por mes). Enlace:

<https://bit.ly/2MSbYfD>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

[20] Previsión del porcentaje de hogares con televisión suscritos a Netflix en países seleccionados a nivel mundial en 2020. Enlace: <https://bit.ly/2P6CyPB>. Último Acceso: Septiembre de 2018.

Contaminación y reutilización de residuos electrónicos en la República Argentina

Peralta, Octavio Joaquín; Bossio, Christian Ariel; Contreras Palavecino, Francisco Gabriel; Vartabetian, Martín; Tierno, Juan Francisco

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El presente trabajo analiza cómo son tratados los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en Estados Unidos y en la Unión Europea, con el fin de examinar si es viable recrear sus implementaciones en la Argentina a través de gráficos y estadísticas. Los resultados demuestran que los RAEE, a nivel mundial son una gran problemática, la cual se busca solucionar y no hace más que aumentar su cifra anualmente; algunas de las soluciones propuestas para tratar los RAEE son las siguientes: la inclusión de un isologo en cada producción o importación de AEE con el objetivo de catalogarlos como reciclables, y la inserción de un nuevo impuesto del 8% en cada compra de AEE destinado a la ejecución de nuevas campañas de concientización y a la creación de nuevas plantas de procesamiento de RAEE.

Palabras Clave

RAEE, Residuos, Argentina, Estados Unidos, Europa, Latinoamérica, REP, AEE, Unión Europea, Electrónica, Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

Introducción

Desde un lado técnico, se dice que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) son definidos, según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), como “[...] cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil [...]” [1]. Desde un lado coloquial, su definición hace referencia a aquellos

aparatos electrónicos o eléctricos que dejan de funcionar y son descartados. Actualmente, son un problema de gran preocupación para la población y para organismos nacionales, debido a que ocasionan daños irreversibles tales como cáncer, acumulación de sustancias y daños ambientales originados por medio de la liberación de sustancias potencialmente tóxicas (mezclas de mercurio, bromo y cromo) [2].

La ley de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), tiene como principios básicos atribuir responsabilidad al productor de aparatos eléctricos o electrónicos al final de la vida útil e incentivar a los productores a diseñar aparatos amigables con el ambiente, para que sean más duraderos y fáciles de reciclar, lo que reduce el costo de gestión de los mismos. La implementación en Europa de esta ley, en 2004, dio lugar a 1,7 millones de empleos asociados al manejo y reciclaje de residuos. Además se crearon Sistemas Integrales de Gestión (SIG) que reciben y reciclan la basura electrónica [3]. Por otro lado, en Estados Unidos es el propio mercado el que tiene que auto regularse, y lo único que hacen es poner un sello de aprobación a productos que ellos consideran “verdes” (aquellos que son más fáciles de procesar después de que se desechen) [4].

Según un informe de Naciones Unidas para el año 2018 Argentina generará más de 343.000 Toneladas de RAEE, y más de 7 Kg. por habitante por año. En 2014 con 298.00 Toneladas se encontraba en tercer lugar en Latinoamérica luego de Brasil y México [5]. Debido a estas estadísticas, se concluye que en los últimos años se ha producido un notable incremento en la cantidad de basura electrónica que se genera por año en nuestro país. Este gran crecimiento se debe, mayoritariamente, al constante desarrollo electrónico que existe en nuestros días, el cual fomenta al recambio intensivo de aparatos debido a que se tornan obsoletos ante nuevas tecnologías.

En este contexto se cree conveniente e interesante el desarrollo del presente artículo de investigación (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) cuyo principal objetivo es estudiar cómo se tratan las problemáticas de los residuos electrónicos en países desarrollados y confeccionar formas de aplicar estos tratados en la República Argentina, con un bajo costo de realización.

Para cumplir con dichos objetivos, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1 se presenta una definición completa y detallada de los RAEE; en la sección 2 se describen estadísticas generales, con gráficos y fotos, de la situación de los RAEE en la República Argentina; en la sección 3 se describe de forma breve la situación actual respecto del manejo de los RAEE en la República Argentina; en la sección 4 se detallan formas mediante las cuales se lleva a cabo el reciclaje de RAEE en Estados Unidos y en la Unión Europa; Finalmente, en la sección 5 se realiza un

análisis y conclusión de una forma de reciclaje en particular - respecto de las secciones 3 y 4 - con el fin de ser implementada en la República Argentina. Además, se concretan futuras líneas de trabajo.

Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Los RAEE abarcan a todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos, es decir, aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte de dichos aparatos en el momento en que se desechan, sean RAEE domésticos (procedentes de hogares particulares, de fuentes comerciales, industriales, institucionales) o no domésticos (como los de usos profesionales) [6].

Debido al constante desarrollo de la tecnología, se puede afirmar que los aparatos desechados se encuentran en un continuo incremento, en cuanto a cantidad, ya que estos residuos se vuelven obsoletos en relación con la tecnología en desarrollo, y como consecuencia son reemplazados y desechados, reflejando hábitos en la sociedad.

Estadísticas generales de producción y problemáticas de los RAEE

Es necesario conocer una aproximación lo suficientemente precisa de la situación actual de la República Argentina, en cuanto a la generación de los RAEE respecto del resto de países de América Latina. En la figura 1 se observa el aumento de la tecnología y sus residuos a través de los años.

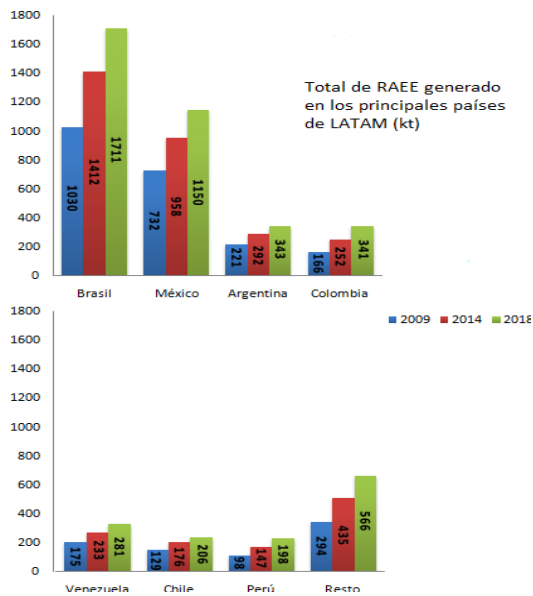


Figura 1: Generación de RAEE desde 2009 a una proyección del 2018 en América Latina [7].

Si bien Argentina no es uno de los países que mayor producción de RAEE tiene, dichos residuos liberan toxinas que son altamente perjudiciales para la salud. Dentro de las problemáticas que algunas de estas toxinas causan, se encuentran [3]:

- Arsénico: incrementa el riesgo de padecer cáncer de piel y de otros tipos, diabetes, problemas nerviosos, problemas musculares, entre otras cosas.
- Mercurio y plomo: afectan al comportamiento y aprendizaje de los niños, ocasionan daños cerebrales y al sistema nervioso periférico, generan anemia y producen daños renales.
- Selenio: ocasiona pérdida de cabello, debilita las uñas, produce anomalías renales, cardiovasculares y neurológicas.
- Zinc: aumenta el riesgo de anemia y aparición de anomalías

neurológicas por deficiencia de cobre.

- Cobre: produce daños al hígado.

En la figura 2 se observa una comparación en cuanto a la cantidad de RAEE generado por persona, expresado en kilogramos. Esta comparación se extiende sólo a países de Latinoamérica durante 2014. El gráfico muestra como mayor generador de RAEE a Chile, con un promedio 9.9 kilogramos de basura por persona; seguido por Uruguay, con 9.5 kilogramos; y luego por Surinam, con una cantidad de 8.5 kilogramos. Argentina, en este gráfico, se encuentra en la posición 9, con 6.9 kilogramos.

Los residuos electrónicos de la Argentina están creciendo rápidamente; ya alcanzan las 100.000 toneladas anuales (aproximadamente 2,5 kg per cápita) dado que las ventas de algunos productos electrónicos crecieron en los últimos años a una tasa anual del 20% o más [9].

En los tres primeros países no existe una legislación específica sobre la gestión de desechos electrónicos, mientras que, en Haití, el promedio de basura electrónica generado por persona es de 0.6. La razón por la que Haití posee una baja cantidad de RAEE generados, yace en que el país firmó un convenio que permite controlar los movimientos transfronterizos de los desechos electrónicos peligrosos y su eliminación [10].

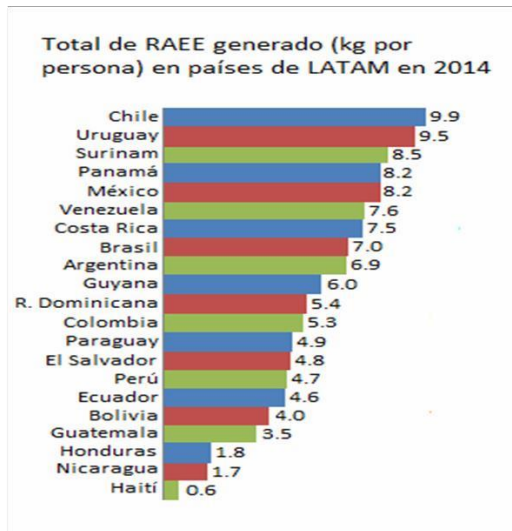


Figura 2: Total de kg de RAEE generados por persona en países de América Latina en el 2014 [7].

Situación actual del manejo de los RAEE en la República Argentina

En cuanto a la normativa vigente respecto del tema de los RAEE, la República Argentina posee regulaciones no homogéneas a nivel nacional, es decir, no hay un proyecto de ley sólido sobre la gestión de estos residuos. Las políticas públicas son escasas y desarticuladas, la legislación es poca y no es específica [11].

Dentro de las diversas iniciativas puestas en marcha en la Argentina, en materia de los RAEE, se incluyen:

- El programa “Renovate”, que incentiva a minoristas a asegurar a los consumidores una recolección sin costo y transfiere los RAEE a los operadores de residuos para su descontaminación, desmontaje y recuperación [7].
- Generación de plantas de procesamiento de RAEE a través de programas y proyectos de institutos (tales como el Instituto

Nacional de Tecnología Industrial) en conjunto con los municipios que quieran adaptarse al proyecto [7].

- Campañas y seminarios del gobierno y programas dirigidos por el Ministerio de Educación de la Nación en busca de la concientización del reciclaje de computadoras para su reutilización en escuelas públicas de la República Argentina. Además, algunas fundaciones ofrecen programas de capacitación a recicladores urbanos [7].
- En 2005, la Ciudad de Buenos Aires adoptó la ley Basura Cero que estipula no sólo objetivos específicos para la gestión general de desechos municipales, sino que también prevé la necesidad de implementar un sistema mediante el cual los productores de elementos de difícil o imposible reciclaje se harán cargo de la disposición final de los mismos [9].

Además, es importante tener en cuenta que la propia Constitución de la República Argentina garantiza el derecho a un medio ambiente sano, equilibrado y adecuado para el desarrollo humano, e insta a las autoridades a aplicar esta disposición y aumentar la conciencia y la educación.

Comparación y análisis de las diversas implementaciones

En la Unión Europea, con el fin de mejorar la situación con respecto a los RAEE, se dio lugar a la implementación de la ya mencionada REP (Responsabilidad Extendida del Productor) en el año 2004. La misma compromete a los productores

de AEE (aparatos eléctricos y electrónicos) a [8]:

- Diseñar y fabricar los aparatos facilitando su reutilización, reparación y reciclaje, y elaborar planes de prevención de RAEE.
- Poner en el mercado los AEE cumpliendo los requisitos de fabricación, diseño, mercado e información.
- Organizar y financiar la recogida y la gestión de los RAEE que les correspondan (garantizando que cuentan con los medios económicos suficientes para dicha financiación).
- Respetar los principios de protección de la salud humana, de los consumidores, del medio ambiente, la aplicación de la jerarquía de residuos y la defensa de la competencia, en relación con la puesta en el mercado de AEE y la gestión de RAEE.

Para poder cumplir con una correcta REP es necesario que el productor, además de los compromisos mencionados, siga ciertos objetivos [9]:

- Buscar excluir a sus competidores de los beneficios de su inversión y hacer inmediato dicho beneficio, ambos con el objetivo de lograr un mayor incentivo económico.
- Recolectar (lograr clasificar los productos desechados y reincorporarlos al sistema), tratar (los RAEE recolectados deben ser tratados en un modo adecuado para el medio ambiente) y reutilizar y reciclar (el valor material y el valor calórico deben ser aprovechados de manera óptima a través de la reutilización, del reciclaje del material y de la valorización energética) los RAEE.

Por otro lado, en Estados Unidos, el propio mercado es quien tiene que auto-regularse. Lo que hacen para disminuir o facilitar el reciclaje y eliminación de los residuos es poner un sello de aprobación a productos que ellos consideran “verdes” (aquellos que son más fáciles de procesar después de que se desechen) [4]. En las áreas rurales, a pesar de ser las zonas donde hay un menor consumo de productos electrónicos, al no conocer los daños que pueden generar, suelen utilizar métodos que pueden dañar el medio ambiente para deshacerse de las RAEE (como incendiarlos o dejarlos al aire libre). Algunos estados del país hacen uso de la ley de REP en fusión con las leyes ya existentes relacionadas con residuos peligrosos, dividiéndola en Responsabilidad Individual del Productor (el productor paga anticipadamente por la gestión de fin de ciclo de sus propios productos) y en Responsabilidad Colectiva del Productor (consiste en organizaciones que reúnen a fabricantes, importadores y distribuidores) [9].

Conclusión

A partir del análisis de la investigación realizada, se concluye que las implementaciones más acordes a realizar en la República Argentina, a fin de reducir la contaminación de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, se basan en: colocar un isologo en cada aparato eléctrico o electrónico, que se produzca o se importe, candidato a ser reciclado en un futuro; incluir, en cada compra de AEE, un impuesto del 8% con respecto al precio del producto en cuestión, y destinar este monto (regulado por el Estado) a la generación de nuevas plantas de procesamiento de RAEE y a la realización de campañas de concientización que comuniquen a todas

las clases sociales diferenciables en la República Argentina.

No se cree conveniente la inserción de una nueva ley de REP (Responsabilidad Extendida del Productor), ya que Argentina es un país que se enfoca principalmente en la importación de AEE y no en su fabricación.

Queda como futura línea de investigación, estudiar las formas de reciclaje de RAEE en otras partes del mundo para lograr así un análisis más completo del tema en cuestión, y obtener una alternativa solución más sólida para la Argentina.

Referencias

[1] U. Silva. *Gestión de residuos electrónicos en América Latina*. J. M. Infante 85, Providencia. Santiago de Chile. 2009. Disponible en: <http://cor.to/LgM1> . Último acceso en: 16/09/2018.

[2] Vargas, M. Cruz, R. Aguilar, J. Ramírez, R. Martínez, A. *Revisión de políticas de manejo de residuos de equipos eléctricos y electrónicos para su aplicación en México*. Tamaulipas, México. 2015. Disponible en: <http://cor.to/LgMG> . Último acceso en: 16/09/2018.

[3] Ocampo M. *Residuos electrónicos*. México. 2018. Disponible en: <http://cor.to/Lkg2> . Último acceso en: 16/09/2018.

[4] Barreiro, Eduardo. Winicki, Marcel. *Los Residuos Electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe. Parte 12*. Uruguay. 2010. Disponible en: <http://cor.to/LsHv>. Último acceso en: 16/09/2018.

[5] Díaz, FJ. Ambrosi, VM. Castro, N. Bellavita, J. Moreno, ET. *Experiencia con sensores para el seguimiento de piezas de hardware en un centro de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. CICBA, Buenos Aires. 01/09/2017. Disponible en: <http://cor.to/LgMa> . Último acceso en: 16/09/2018.

[6] Gobierno de la República Argentina. *LEY 14321*. Argentina. 2011. Disponible en: <http://cor.to/LxOl>. Último acceso en: 16/09/2018.

[7] Federico Magalini, Ruediger Kuehr, Cornelis Peter Baldé. *eWaste en América Latina*. Tokyo, Japón. 2015. Disponible en: <http://cor.to/LxOu>. Último acceso en: 16/09/2018.

[8] Gobierno de España. *Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. España. 2015. Disponible en: <http://cor.to/LxOE>. Último acceso en: 16/09/2018.

[9] Thomas Lindhqvist, Panate Manomaivibool, Naoko Tojo. *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano*. Suecia. 2008. Disponible en: <http://cor.to/LxOA>. Último acceso en: 16/09/2018.

[10] Permanyer Martínez, Olha. *Situación e Impacto de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) Caso de Estudio: los Ordenadores*. España. 2013. Disponible en: <http://cor.to/LUsK>. Último acceso en: 16/09/2018.

[11] Zanella, María Mercedes. *La Ausente Ley de RAEE en la República Argentina*. Argentina. 2016. Disponible en: <http://cor.to/LyYQ>. Último acceso en: 16/09/2018.

La Criptografía y la seguridad informática

Thomas Kuthnik, Diego Martin, Tomas Gerardi, Ignacio Cortes, Abel Vergara, Cynthia Abbate

Universidad Tecnológica Nacional- FRBA. Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

Thomy1999@gmail.com; Martindiego998@gmail.com; tomy08086@gmail.com;
nachocortes250@gmail.com; Abel.vergara@hotmail.com; Cynthia.4370@yahoo.com.ar

Abstract

La criptografía existe desde tiempos antiguos y existe para garantizar la seguridad de la información. Esta es la principal técnica para el creado de contraseñas y claves para mantener protegida los datos. En el presente artículo se explican temas conformes a la seguridad informática y sus formas de protegerla, se describen diferentes tipos diferentes de criptografía y las ventajas de cada una de ellas. Se describen algunos de sus usos en la actualidad y al finalizar se detalla una conclusión de todo lo investigado.

Palabras Clave

Información, seguridad, amenazas, contraseñas, cifrar, eficiencia.

1.Introducción

Desde tiempos antiguos se utilizaron los llamados “Métodos criptográficos”, donde el objetivo principal que se pretende lograr es el de garantizar las propiedades de confidencialidad e integridad de la información del documento en el que se aplican estos métodos [1].

Con la llegada del Internet se abrieron nuevas posibilidades para el intercambio de información, y por dicha razón aumentó el riesgo de amenazas a la seguridad de la información; debido a ello, fue indispensable el uso de herramientas automatizadas para la protección de archivos y otro tipo de información almacenada en la computadora de los documentos electrónicos. Allí surgieron los siguientes conceptos: “Se entiende a la seguridad de la información como el conjunto de planes, reglas y acciones que hay que seguir en un determinado orden para asegurar la información,

manteniendo la confidencialidad e integridad de la misma [2]”. Por otro lado, “La seguridad informática es la disciplina que se ocupa de diseñar las normas, procedimientos, métodos y técnicas destinados a conseguir un sistema de información seguro y confiable [3]”.

Además, se puede mencionar que “Se entiende por criptografía al estudio de los algoritmos y sistemas que se utilizan para proteger información y dotar de seguridad” [4]. Los historiadores afirman que la criptografía es tan remota que se encuentra en todas las civilizaciones de la antigüedad, pues el primer texto fue en 1900 A.C, en el antiguo Egipto. Sin embargo, el uso de la criptografía regular comienza con los árabes, en la Edad Media [5].

En la actualidad, la criptografía se puede subdividir en tres tipos; simétricas o privadas, asimétricas o públicas y, por último, la mezcla de las dos anteriores, las híbridas [6]. En las criptografías privadas se utiliza la misma clave tanto para el cifrado como el descifrado de un documento. Este método es más eficiente si se cuenta con un canal de comunicación seguro para llevarse a cabo [7]. Uno de los casos mundialmente conocido es Enigma [8]. Este fue un sistema creado por Alemania durante la Segunda Guerra Mundial, este disponía de un mecanismo de cifrado rotatorio, que permitía usarla tanto para cifrar como para descifrar mensajes [9]. Básicamente, se utiliza algún método matemático llamado sistema de cifrado para cifrar y descifrar un mensaje

utilizando únicamente una “clave secreta”. “Con este tipo de criptografía se puede garantizar la confidencialidad, por que únicamente quien posea la clave secreta será capaz de ver el mensaje. La única desventaja de esta variante es saber cómo compartir con otra/s persona/s de una forma confidencial e integra la clave secreta” [1].

Por otro lado, las criptografías públicas utilizan un sistema de cifrado con dos claves diferentes [10]. Un ejemplo de esto es el SIM de los móviles [10]. Es importante destacar que para este tipo de criptografía lo que se cifra con una clave se puede descifrar con la otra clave. Es decir, se puede cifrar con la clave pública y descifrar con la clave privada, o viceversa. El nacimiento de la Criptografía asimétrica ocurrió como resultado de la búsqueda de un modo más práctico de intercambiar las llaves simétricas. Es importante destacar que, gracias a este tipo de claves se redujo considerablemente el número de claves que posee [11].

Por último, las híbridas, son la unión de las ventajas de los dos anteriores. Este tipo de seguridad es más eficaz ya que no es tan lento como las asimétricas, ni insegura como las simétricas [11]. Este tipo de seguridad se encuentra en GnuPG [12]. Al usar sistemas híbridos de cifrado, como el GnuPG, se genera una clave de sesión para cifrar con un sistema simétrico el grueso del mensaje y es esta clave la información que se cifra de forma asimétrica.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada), es analizar la eficiencia que tiene en la actualidad los diferentes tipos de criptografía y los ámbitos en donde se implementa.

Para cumplir con dicho objetivo, el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la primera parte se procede a definir la seguridad de la información; en la segunda parte se describe que es la seguridad informática, en la tercera se describe la eficiencia de los diferentes tipos de criptografía, realizando un análisis comparativo de los algoritmos utilizados en diferentes aplicaciones (como, por ejemplo, el protocolo Secure Socket Layer mayor conocido como protocolo SSL [13]) y por último, en la cuarta parte se describe los usos de la criptografía en la actualidad y ámbitos que se utiliza. Finalmente, se desarrollarán las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

2. Seguridad de la información

“La S.I. (Seguridad de la información) es el conjunto de medidas preventivas y reactivas de las organizaciones y de los sistemas tecnológicos que permitan resguardar y proteger la información buscando mantener la confidencialidad, disponibilidad e integridad de la misma.” [14].

Esta seguridad busca la preservación de estos tres pilares [15]:

- **Confidencialidad:** propiedad que determina que la información no esté disponible ni pueda ser revelada a individuos, entidades o procesos no autorizados.
- **Integridad:** propiedad de salvaguardar la exactitud y el estado completo de los activos.
- **Disponibilidad:** propiedad de ser accesible y utilizable por solicitud de una entidad autorizada.

La seguridad es un concepto asociado a la certeza, falta de riesgo o contingencia. Se puede entender como seguridad un estado de cualquier sistema o tipo de información (informático o no) que nos indica que ese sistema o

información está libre de peligro, daño o riesgo. Se entiende como peligro o daño todo aquello que pueda afectar a su funcionamiento directo o a los resultados que se obtienen [15].

Se debe aclarar que la seguridad absoluta no es posible, no existe un sistema 100% seguro, de forma que el elemento de riesgo está siempre presente, independiente de las medidas que tomemos, por lo que se debe hablar de distintos niveles de seguridad. [25].

El concepto de seguridad de la información no debe ser confundido con el de seguridad informática, ya que este último sólo se encarga de la seguridad en el medio informático. Sin embargo, la información puede encontrarse en diferentes medios o formas, y no solo en medios informáticos. Es decir que el primer concepto es más amplio que el segundo [16].

Hoy en día es imposible hablar de un sistema cien por ciento seguro para el usuario, sencillamente porque el costo de la seguridad total es muy alto. Por ello, se describen de distintos niveles de seguridad [17]:

- **Primer Nivel:** depende del entorno nacional y el marco legal de protección aplicable en base a la situación social, política y económica de cada país.
- **Segundo Nivel:** la administración de los servicios informáticos en las instituciones: políticas operacionales, método y procedimiento de trabajo, cantidad de información y destino final. En este nivel se debe estudiar minuciosamente las causas, efectos y vulnerabilidad de los elementos informáticos. Conociendo estos elementos se pueden establecer prioridades de protección que determinará el especialista.

- **Tercer Nivel:** la Seguridad Física que presenta dos cuestiones: una el control de acceso a las personas, a las instalaciones, dispositivos, terminales, etc. El control es administrativo dentro de un nivel de seguridad operacional. Y otra de las cuestiones es de protección de los equipos e instalaciones contra desastres naturales o acciones maliciosas.
- **Cuarto Nivel:** corresponde al hardware o equipos y dispositivos. Aquí el control es más bien técnico que administrativo.
- **Quinto Nivel:** seguridad del software, que es todo programa de procesamiento de datos. Aquí la seguridad está en un adecuado desarrollo del programa en todas sus fases, principal agente de protección.
- **Sexto nivel:** corresponde a los datos en sí mismos.

3. Seguridad informática

“La seguridad informática es una disciplina que se encarga de proteger la integridad y la privacidad de la información almacenada en un sistema informático [18]”. La Seguridad Informática ha tomado gran auge a partir de los cambios en las condiciones de trabajo, los nuevos sistemas de comunicación y transmisión de datos basados en redes y las variadas plataformas tecnológicas disponibles, todo lo cual facilitó la tarea de interconectarnos aumentando la productividad, pero que implicó no pocos problemas en términos de las amenazas para dichos sistemas [18].

Las principales amenazas o riesgos cuando se habla de transmisión de datos mediante redes que minan la eficiencia y eficacia lograda por el avance tecnológico generan atrasos y grandes pérdidas económicas a las organizaciones, tales como [26]:

- Pérdidas de información
- Robo de información
- Destrucción de equipos
- Destrucción de archivos digitales
- Las fallas de los sistemas
- Las debilidades de los sistemas aprovechados por la introducción de códigos malignos por parte de agrupaciones, aficionados o profesionales, por accidente o de modo intencional.
- El uso de técnicas de intrusión e inutilización de discos mediante virus frente a la importancia en volumen de datos
- Horas hombre de labor de control, que se pueden perder por la acción o inacción en la mayoría de las veces, fallas humanas por una inadecuada operación de parte de los usuarios

Por ello, para garantizar de modo razonable el acceso a la información por parte de las instituciones de Control y de terceros a quienes está destinada la información, surge la necesidad de implementar medidas de Seguridad de la Información, que contengan decisiones sobre los activos a proteger, la concientización sobre su valor y el modo de aplicarla. Las medidas de Seguridad Informática deben formar parte de la Política general de un organismo [19].

4. Eficiencia de los diferentes tipos de criptografía

En la actualidad existen diferentes tipos de criptografías [27]:

- Criptografía simétrica

La criptografía simétrica solo utiliza una clave para cifrar y descifrar el mensaje, que tiene que conocer el emisor y el receptor previamente (este es el punto débil del sistema) la comunicación de las claves entre ambos sujetos, ya que resulta más fácil interceptar una clave que se ha transmitido sin seguridad

(diciéndola en alto, mandándola por correo electrónico u ordinario o haciendo una llamada telefónica). Teóricamente debería de ser más fácil conocer la clave interceptando que probando las claves una por una por fuerza bruta, teniendo en cuenta que la seguridad de un mensaje cifrado debe recaer sobre la clave y nunca sobre el algoritmo [20]. Un ejemplo la máquina Enigma (que era una máquina de cifrada electromecánica que generaba abecedarios según la posición de unos rodillos que podrían tener distintas órdenes y posiciones) usaba un método simétrico con un algoritmo que dependía de una clave (que más que clave parece un ritual) que está formada por: los rotores o rodillos que usaba, su orden y la posición de cada anillo, siendo esto lo más básico [8].

- Criptografía asimétrica

La criptografía asimétrica se basa en el uso de dos claves: la pública (que se puede difundir sin ningún problema a todas las personas que necesiten mandar algo cifrado) y la privada (que no debe de ser revelada nunca). Este tipo de sistemas criptográficos utiliza algoritmos bastante complejos que generan a partir de la frase de paso (la contraseña) la clave privada y pública que pueden tener perfectamente un tamaño de 2048bits (probablemente imposible de probar con fuerza bruta).

Otro propósito de este sistema es también el de poder firmar documentos, certificando que el emisor es quien dice ser, firmando con la clave privada y verificando la identidad con la pública.

Una de las diferencias entre la criptografía simétrica y la asimétrica es que la criptografía simétrica es más insegura debido que pasar la clave es una gran vulnerabilidad, pero se puede cifrar y descifrar en menor tiempo del que tarda la criptografía asimétrica, que es el

principal inconveniente y es la razón por la que existe la criptografía híbrida.

- **Criptografía híbrida**

Este sistema es la unión de las ventajas de las dos criptografías anteriores, para entender esta se debe partir que el problema de ambos sistemas criptográficos es que el simétrico es inseguro y el asimétrico es lento.

El proceso para utilizar un sistema criptográfico híbrido es el siguiente [20] (para enviar un archivo):

- Generar una clave pública y otra privada (en el receptor).
- Cifrar un archivo de forma síncrona.
- El receptor envía su clave pública.
- Cifrar la clave que se ha usado para encriptar el archivo con la clave pública del receptor.
- Enviar el archivo cifrado y la clave del archivo cifrada.

5. Criptografía en la actualidad

La mayoría de las personas piensan que la criptografía es más utilizada en el ámbito militar. Sin embargo, se puede encontrar en diversos lugares, por ejemplo:

- La comunicación segura mediante servidores web (por ejemplo, el banco), entre ellos, la más conocida: https. En este caso, el navegador solicita un certificado digital al banco, y este debe presentar un comprobante firmado por una de las entidades reconocidas por el navegador. De este modo, se establece una comunicación cifrada asimétrica para acordar una clave secreta y un algoritmo de cifrado, a partir de ese momento se establece una comunicación cifrada simétrica [21].
- Cuando el usuario se conecta a servicios como Gmail, se establece

una conexión cifrada entre el ordenador y los servidores de Google [22]. En este caso, se utiliza la criptografía asimétrica para autenticar la comunicación, y posteriormente transmitir la clave simétrica utilizada para encriptar el correo electrónico enviado [23].

- La firma electrónica se sirve para mantener la integridad y la autenticación de los documentos, ya sea de forma privada o pública (no es necesario que sea confidencial). Por lo tanto, los métodos de cifrado de clave secreta no son apropiados para realizar esta acción, en cambio, con los asimétricos se puede llevar a cabo. Si un usuario cifra cierta información utilizando su clave privada, entonces cualquier otra persona podría acceder, mediante la clave pública del cliente. Dado que es imposible obtener la clave privada a partir de la clave pública (ya que la clave privada se mantiene segura), se garantiza la autoría (autenticación) y la pureza del documento (integridad) [21].
- En la identificación ante el sistema o la autenticación de usuarios, se suele usar un nombre de consumidor y una clave para identificarse ante muchos sistemas informáticos, por ejemplo, el banco por Internet. Estos nombres de clientes y contraseñas, (en modo texto) son bastante vulnerables, por esa razón, los servidores web exigen un certificado digital para verificar su identidad [21].
- Otro caso muy conocido de encriptación es en Whatsapp, cuando el sistema emite el siguiente mensaje: "Las llamadas y mensajes enviados a este chat ahora están seguros con cifrado de extremo a extremo", se refiere a que el cifrado E2EE "de extremo a extremo", tiene un protocolo de seguridad en el que

sólo el emisor y el receptor pueden leer los mensajes [24].

En el primero de los ejemplos la criptografía asimétrica es más adecuada que la simétrica, ya que solamente se necesita una clave de encriptación para el usuario y la contraseña, pero no se tienen que enviar a ninguna otra persona. Por esa razón, sería ineficaz utilizar una simétrica.

Estos ejemplos son una de las muchas utilidades que tienen la criptografía hoy en día.

6. Conclusiones

A través del presente trabajo se pueden observar los diferentes ámbitos donde se encuentra la criptografía. Principalmente, se encuentra en los siguientes ámbitos:

- En la seguridad de la información, ya que la criptografía está presente tanto en medidas preventivas como en una disciplina.
- En las páginas web, debido a que cuenta con una tecnología avanzada en encriptación.
- Se la utiliza con fines personales como, por ejemplo, el resguardo de información privada.
- Se puede emplear en servicios como, por ejemplo, Gmail o Whatsapp, que te garantiza tanto la seguridad de la información como la integridad de la misma.

Dentro del análisis expuesto, es posible vislumbrar que, la criptografía es una herramienta muy eficiente a la hora de preservar la privacidad de la información emitida o recibida por un usuario. Además, es una disciplina de la seguridad informática, basada en la sustitución de caracteres y la interpretación de las mismas.

De igual modo, los avances tecnológicos permiten crear diversas

formas de seguridad, para proteger la documentación del cliente (evitando de esta forma, la piratería).

Por otro lado, el consumidor debe estar informado de los riesgos a los que se expone al intercambiar información en forma digital.

Con todo esto se concluye que, la criptografía tiene muchas ventajas ya que es una herramienta que puede ser utilizada por la todas las personas, es fácil de implementar, y sobre todo, te proporciona seguridad en tus documentos.

Próximamente, investigadores estarán implementando la Criptografía cuántica en industrias; ésta consta de la unión entre la Física y la Criptografía y promete ser revolucionaria y muy eficiente, a nivel seguridad, a la hora de la comunicación [28].

Como futuras líneas de este trabajo, se prevé hacer una encuesta para saber la opinión que tienen las personas sobre la criptografía, y si lo consideran un servicio seguro y eficiente.

Referencias

- [1] Ramio, Aguirre Jorge, *Libro Electrónico de Seguridad Informática y Criptografía*, Versión 4.1 de 1 de marzo de 2006. [Consultado el 01/05/2018] <https://bit.ly/2KORRLx>
- [2] Gibrán Granados Pared, Gibranx@uxmcc2.iimas.unam.mx. *Introducción a la criptografía*. 2016. [Consultado el 01/05/2018] <http://bit.ly/2IpZZ6Jy>
- [3] Aguilera López, *Seguridad Informática*, Editex, 2010. [Consultado el 01/05/2018] <https://bit.ly/2K7SYVi>
- [4] Riquelme Faúndez, Edgardo Andrés, Rioseco San Martín, Constanza Alejandra. *Introducción a la criptografía*, 2016. [Consultado el 02/05/2018] <https://bit.ly/2HVHbcc>
- [5] Jose J. Ortega Triguero, M.A. López Guerrero, E.C. García del castillo Crespo – *Introducción a la Criptografía. Historia y*

- actualidad. 2006. [Consultado el 08/05/2018] <http://bit.ly/2rvKz6v>
- [6] El encriptado informático: así se protege la comunicación. 12/09/17. [Consultado el 08/05/2018] <https://bit.ly/2JPSlDe>
- [7] Arnau Gifreu. *Pioneros de la tecnología digital*. Editorial UOC, 2014. [Consultado el 18/05/2018] <https://bit.ly/2FOcgwA>
- [8] Tony Sale, *La máquina de cifrado Enigma*. 2012. [Consultado el 19/05/2018] <https://bit.ly/214BLSf>
- [9] Joe Miller, News BBC, *Código Enigma*, 2011. [Consultado el 04/06/2018] <https://bbc.in/2GmM91G>
- [10] Ing. Yran Marrero Travieso. *La Criptografía como elemento de la seguridad*, diciembre de 2003. [Consultado el 19/06/2018] <https://bit.ly/2Ip9pzg>
- [11] Sergio De Luz, Redes Zone, *Criptografía: Algoritmos de cifrado de clave asimétrica*. 16 noviembre 2010. [Consultado el 30/06/2018] <https://bit.ly/2IZWUr1>
- [12] Sergi Blanch i Torné y Ramiro Moreno Chiral. *Análisis del cifrado El Gamal de un módulo con curvas elípticas propuesto para el GnuPG*, 2008. [Consultado el 04/07/2018] <https://bit.ly/2JXgCUo>
- [13] Alberto Castro Rojas, *Seguridad en Redes: TCP/IP, filtrado de tráfico y firewall*. 2016. [Consultado el 04/07/2018] <https://bit.ly/2t2jcBS>
- [14] Dra. Patricia Goulu, *La seguridad de la información. Análisis de riesgos. Normas y estándares*, 2010. [Consultado el 09/07/2018] <https://bit.ly/2larYdA>
- [15] Norma ISO / IEC 27001: 2005 - Sistemas de Gestión de Seguridad de la Información – Requisitos [Consultado el 09/07/2018]
- [16] Cra. Maria V. López y Dra. Gabriela Barertto, *El uso de sistemas electrónicos en la gestión presupuestaria y la fiscalización utilizando herramientas informáticas auditorias de los sistemas de información normas y estándares*. 2013. [Consultado el 07/08/2018] <https://bit.ly/2JA3lp7>
- [17] Javier Areitio Bertolin, *La seguridad de la información*, 2008. [Consultado el 07/08/2018] <https://bit.ly/2JKEJpR>
- [18] Gabriel Baca Urbina, *Introducción a la seguridad informática*, 2016. [Consultado el 07/08/2018] <https://bit.ly/2sRpyVp>
- [19] Laura R. Lavin, *LA SEGURIDAD INFORMÁTICA — PROPUESTA DE CRITERIOS O PAUTAS DE AUTOEVALUACION*. Septiembre del 2012 [Consultado el 07/08/2018] <https://bit.ly/2t8cdqX>
- [20] Pedro Gutierrez, *Tipos de criptografía: simétrica, asimétrica e híbrida*, 25/08/2017. [Consultado el 19/08/2018] <https://bit.ly/2oX89tc>
- [21] Vera Delgado y Rafael Palacios, *Aplicaciones prácticas de la criptografía*. 2006. [Consultado el 20/08/2018] <https://bit.ly/2bcFvh1>
- [22] Juan Jesús Velasco, *Breve historia de la criptografía*, 20/05/2014. [Consultado el 20/08/2018] <https://bit.ly/2JT9dZU>
- [23] Jesús Barcia, *¿Qué tipo de criptografía utiliza GMail para mantener la confidencialidad de nuestros correos?*, 4/11/2016. [Consultado el 20/08/2018] <https://bit.ly/2LPW3KB>
- [24] Mauricio Morales, *WhatsApp: cifrado "de extremo a extremo"*, 10/5/2016. [Consultado el 20/08/2018] <https://bit.ly/2AwD8iv>
- [25] Asociación española para la calidad, *Seguridad de la información*, 2018. [Consultado el 29/08/2018] <https://bit.ly/2N9Mw1R>
- [26] IETel, *La seguridad en redes*, 2016 [Consultado el 29/08/2018] <https://bit.ly/2ul9x9W>
- [27] Genbeta Dev, *tipos de criptografía*, 25/08/2017. [Consultado el 29/08/2018] <https://bit.ly/2oX89tc>
- [28] Vanessa Marsh, *Tendencia Informática*, 25 de marzo 2010. [Consultado el 06/09/2018] <https://bit.ly/2Crh8Lr>

Vehículos autónomos y su impacto en la sociedad

**Rickert, Nicolás; Pulgar Vielma, Luis; Gutiérrez, Juan; Farias, Nahuel;
Condori Sainz, Judith; Santos, Santiago.**

**Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires**

Abstract

Desde hace tiempo, ya se están desarrollando e implementando los vehículos autónomos en distintos entornos de prueba y en ciudades. Estos vehículos están automatizados hasta el punto en que el usuario no tenga que intervenir. En este presente trabajo se investigó el impacto que generan en la sociedad. Como conclusión los vehículos autónomos producen un gran impacto en la sociedad, y, dependiendo de cómo se implemente, puede ser negativo o positivo.

Palabras Clave

Vehículos autónomos, inteligencia artificial, seguridad vial, sociedad.

Introducción

Un vehículo autónomo (VA) (también llamado vehículo robótico o vehículo “autoconducido”), es un vehículo capaz de conducirse a sí mismo sin la asistencia de un conductor humano [1]. El vehículo consta de distintos tipos de sensores y técnicas, como láseres, GPS, visión computarizada, entre otras, capaces de percibir su entorno [2]. En base a estos componentes, toma decisiones correctas para evitar accidentes, y llegar a destino de manera segura. Según la capacidad de “automanejo”, existen distintos niveles, partiendo desde el nivel 0 (no hay sistemas de autoconducción), hasta el nivel 5 (autoconducción completa) [3].

Uno de los mayores obstáculos para la masificación de los VA no es la capacidad de las tecnologías de conducción autónoma, sino de factores jurídicos, políticos, de

infraestructura, de regulación y de responsabilidad que deben abordarse [4].

Por otra parte, se puede observar que los VA conllevan una gran variedad de beneficios para la sociedad y el medio ambiente respecto a los autos tradicionales.

En este contexto, el objetivo del presente artículo (desarrollado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada), es analizar el impacto de la masificación e implementación de los vehículos autónomos en las grandes ciudades.

Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo consta de la siguiente estructura: en la sección 1 se realiza un punteo histórico de estos vehículos; en la sección 2 se listan los países en donde ya se encuentran circulando vehículos autónomos; en la sección 3 se discute sobre el precio, la accesibilidad de las personas a esta tecnología y los costos que tiene; en la sección 4 se detalla el funcionamiento y la manera en la que se operan los VA; en la sección 5 se mencionan diferentes formas de implementación de la automatización de vehículos; en la sección 6 se compara los VA con los autos convencionales; en la sección 7 se analizan conflictos potenciales y se proponen posibles soluciones. Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo (sección 8).

1. Historia

Si bien pareciera que la idea de los vehículos autónomos es actual, no fue poco después del nacimiento del automóvil convencional, que los inventores empezaron a idear un vehículo que se maneje solo [5].

En 1925, Francis Houdina muestra al mundo un automóvil controlado por radio, que se maneja sin nadie al volante [5].

En 1969, John McCarthy, conocido como uno de los padres de la Inteligencia Artificial, describe algo similar al VA moderno en su ensayo “Computer Controlled Cars” [6].

A principios de 1990, Dean Pomerleau, describe en su tesis doctoral cómo las redes neuronales artificiales podrían permitir que un VA capte imágenes de sus alrededores, y enviar órdenes a los controles de dirección en tiempo real. En 1995, Pomerleau y su colega Todd Jochem, consiguen realizar un viaje de 4500 km a través de todo Estados Unidos usando su sistema de autoconducción, en el cual sólo se debía controlar la velocidad y el frenado del vehículo [5].

En la década del 2000, comenzaron a surgir sistemas de estacionamiento automático, dando pie a las primeras pruebas de los VA modernos [5].

A partir de 2009, Google comienza a desarrollar su proyecto de VA (actualmente llamado Waymo). Con más de 11 millones de kilómetros recorridos con sus vehículos [7], esta empresa es la principal en lo que se refiere al desarrollo de los VA. Sin embargo con el paso del tiempo, distintas compañías automotrices, como General Motors, Ford, Mercedes Benz, BMW, entre otras, se fueron sumando al desarrollo de tecnologías autónomas [5].

2. Presencia de vehículos autónomos en diferentes países

Los VA tuvieron su primera inserción en el año 2016 cuando la empresa estadounidense nuTonomy [12] lanzó el primer taxi autónomo del mundo, en Singapur. Luego a finales de ese mismo año Uber comenzó a operar con dichos vehículos en las ciudades de Pittsburgh.

Donde más avanzada está la posibilidad es en Japón. La compañía japonesa, Robot Taxi, comenzó en marzo de 2016 a probar un servicio de taxis sin conductor para residentes en Fujisawa, al sur de Tokio, con el objetivo de que estos VA operen en los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 [12].

Aunque su implementación aún no está normalizada en ningún país, el Índice de Preparación para los Vehículos Autónomos 2018 de KPMG (AVRI) ya evalúa el grado de preparación de 20 países a nivel global, entre los principales se encuentran: Países Bajos, Singapur, Estados Unidos, Suecia, Reino Unido, Alemania, Canadá, Emiratos Arabes Unidos, Nueva Zelanda y Corea del Sur, por otra parte de América Latina sólo figuran Brasil y México [13].

3. Impacto en la sociedad por uso de vehículos autónomos

Uno de los factores importantes que afectan la accesibilidad a los VA, es el precio. Históricamente, el costo de los VA ha sido bastante elevado, siendo el principal culpable el costo de las tecnologías que este implementa. Sin embargo en los últimos años, gracias a avances tecnológicos y la vasta reducción del precio de estas tecnologías, el precio de los VA ha bajado significativamente también. Por ejemplo; el fabricante de autos Volvo ha estimado el

precio de su primer vehículo autónomo alrededor de los 9000 euros [18].

Otro gran impacto que los vehículos autónomos pueden tener en la sociedad es en el medio ambiente. Algunos de los conceptos de vehículos autónomos hoy en día están basados en vehículos eléctricos [17]. Esto significa un decrecimiento significativo en el consumo de combustibles fósiles para el transporte, además, gracias a la conducción inteligente y eficiente, podrán ahorrar más energía [20].

4. Funcionamiento de los vehículos autónomos

Para la IA, conducir no es nada fácil, ya que existen muchos factores que influyen en el proceso de conducción por las calles. Por eso es que los VA utilizan una amplia gama de tecnologías para localizarse a sí mismo y ver el mundo alrededor. Utilizan tecnología GPS para saber su localización, combinado con tecnologías de navegación (como google maps) para saber cuáles son las rutas, calles, autopistas, etc; que debe tomar para llegar de manera más eficiente a destino [19].

Además utilizan un sistema de radares, sensores de láser y cámaras de video para ver detalladamente el ambiente a su alrededor y detectar otros vehículos, peatones u obstáculos en el camino [13].

La computadora del automóvil utiliza combinadamente estos sistemas de radares y cámaras, y crea una imagen tridimensional de la posición donde se encuentra. Luego, envía señales a los distintos componentes del auto (acelerador, frenos, volante, etc.) respondiendo a los estímulos que recibe (la ruta que debe navegar, un semáforo en rojo, otro auto, etc.) Todo este proceso lo hace cientos de

veces por segundo, dándole al VA un tiempo de reacción superior al de un conductor humano [13].

5. Formas de implementación de los vehículos autónomos

Dado que no todos los vehículos son iguales, ni van a ser usados de la misma manera, existen varias formas en las que se puede implementar un vehículo autónomo dependiendo del objetivo deseado.

El primer uso que puede tener un vehículo autónomo es el uso comercial: camiones de carga y transporte. El uso de los VA para el transporte de productos trae consigo una reducción de los costos. No es difícil imaginar que muchas compañías ya están desarrollando sus prototipos de VA para este uso, como por ejemplo Uber, que ya tiene camiones autónomos operando en E.E.U.U. [21].

El segundo uso que más propuestas tiene es el de transporte público. Con vehículos autónomos en las calles de las ciudades grandes, transportando a cientos, e incluso miles de personas al día, el transporte sería exponencialmente más eficiente. Como consecuencia traería muchos beneficios, como por ejemplo, el tráfico estaría normalizado y monótono, además acortaría los tiempos de transporte. Es por eso que compañías como “Uber” ya están diseñando sus prototipos de taxi completamente automatizado [8].

El último posible uso para los VA es el uso privado. Este sería el más eficiente y el que más beneficios traería, haciendo las calles más seguras. Sin embargo, todavía se espera un tiempo largo antes de que este tipo de transporte sea accesible al público. Aunque compañías como “Tesla” ya tienen modelos de vehículos parcialmente automatizados [9].

6. Comparación entre vehículos autónomos y autos convencionales

Existen ciertas diferencias entre el uso de los VA y los autos convencionales. Entre ellas se encuentran las siguientes [10]:

- **Tráfico:** es un problema creado por la poca coordinación que existe entre los distintos vehículos que circulan. Al entrar en juego los VA será reducido drásticamente ya que todos están comunicados entre sí y, por ende, se pueden coordinar mejor.
- **Accidentes de tráfico:** según, el 90% de los accidentes automovilísticos ocurren por error humano. Gracias a las tecnologías implementadas en los VA, como el control de la velocidad, comportamiento de otros vehículos, distancia con objetos circundantes y la localización actual en el mundo, los siniestros viales se verían reducidos drásticamente cuando los sistemas estén funcionando al 100%.
- **Estacionamiento:** en las ciudades, en especial las zonas céntricas, existen grandes problemas para conseguir donde estacionarse. Con los VA esto no debería ser un problema ya que cuando el usuario llega a destino, el vehículo podría ir a buscar un lugar donde estacionarse, o simplemente dar vueltas si no encuentra estacionamiento. Como contrapartida de esto, si no se encuentra un lugar para estacionar, el vehículo generaría mucha contaminación.
- **Privacidad:** si bien distintos autos actuales poseen un sistema de posición satelital, no es

necesariamente obligatorio para el funcionamiento del mismo. En cambio los VA si necesitan del sistema geo-posicional para su correcto funcionamiento. Esto genera que terceros puedan tener acceso a la ubicación del vehículo lo que puede resultar peligroso.

7. Conflictos potenciales y posibles soluciones

En la actualidad existen varios obstáculos por los que los vehículos autónomos tiene que pasar para poder implementarse. Los principales obstáculos son los siguientes [16]:

- **Calles defectuosas:** las calles de las ciudades no siempre están en condiciones óptimas, ya sean pozos, construcciones etc., y los VA todavía siguen teniendo dificultad con respecto a esto.
- **Efectos climáticos:** las condiciones climáticas afectan el funcionamiento del vehículo. Un claro ejemplo es la lluvia, la cual dificulta el funcionamiento de los sensores, haciendo que el software del vehículo tome decisiones a base de mediciones erróneas. Actualmente se siguen haciendo pruebas en lugares con altas precipitaciones, como lo es la ciudad de Seattle.
- **Tecnología Hackeable:** como toda tecnología, los VA también son vulnerables a la piratería. Por ejemplo: Jonathan Petit (Investigador de Seguridad) demostró que se puede engañar a los sistemas de conducción con un puntero láser: la máquina detecta el láser como un obstáculo en la

carretera y frena el coche, lo detiene o lo desvía.

- Sociales: debido a los miles de puestos que se podrán destituir a partir de la implementación de los VA

- Las personas: son las responsables del 90% de los accidentes de tráfico.

Un estudio del Instituto de Investigación de Transporte de Michigan utilizó los datos de Google, Delphi y Audi, los coches autoconducidos presentan una tasa de accidentes dos veces mayor que la de los coches normales. Sin embargo, en la mayoría de estos casos la responsabilidad fue de los conductores que no respetaron las normas de circulación.

Debido a todos estos obstáculos, los VA aún no se implementan de forma masiva, sino que se hacen pruebas para insertarlo poco a poco en la sociedad e ir sorteando cada uno de los obstáculos mencionados.

Conclusiones

En base a lo investigado se concluye que, los VA impactan fuertemente en la sociedad provocando un cambio profundo en la misma, disminuyendo los accidentes automovilísticos y respetando aún más las leyes de tránsito. Sin embargo aún la sociedad no se encuentra preparada para su implementación completa y, además los VA aún se están perfeccionando para alcanzar un óptimo rendimiento sin ninguna falla o defecto en su funcionamiento, de tal manera que los mismos no puedan ser usados incorrectamente por el hombre.

Los VA todavía tienen mucho camino por recorrer para ser viables en el mundo de

hoy en día. Sin embargo, todo indica que, tarde o temprano, se empezarán a ver recorriendo las calles.

Como futura línea de trabajo se prevé analizar nuevos datos, a medida de que se vaya masificando la implementación de los VA en la sociedad.

Referencias:

[1] Techopedia «Autonomous Car». [en línea] [Fecha de consulta 18 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/jvnU6q>

[2] Gartner IT Glossary «Autonomous vehicles». [en línea] [Fecha de consulta 18 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/McYX2f>

[3] 20MINUTOS.ES 06.03.2018 «Los seis niveles de clasificación de los coches autónomos». [en línea] [Fecha de consulta 18 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/UYo6zf>

[4] Kogan, Enrique (17 de julio de 2015) «Audi avanza hacia la autoconducción». *La Opinión*. [en línea] [Fecha de consulta 18 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/odmWs2>

[5] Matus, Daniel (2 de noviembre de 2017) «La historia de los carros autónomos contada en unos pocos hitos». *Digital Trends* [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/rx7neJ>

[6] McCarthy, John (29 de marzo de 1996) «Computer Controlled Cars». [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/moxXJ2>

[7] Waymo (junio de 2018) «On the road». [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/MZGsa8>

[8] Jones, Brad (24 de enero de 2018) «The First Driverless Car Could Hit The Road as Soon as Next Year». [en línea] [Fecha de consulta 20 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2nbLW8U>

[9] Houser, Kristin (12 de junio de 2018) «Tesla Will “Enable Full Self-Driving Features” in August. Here’s What That Actually Means». [en línea]

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[Fecha de consulta 20 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KcIISY>

[10] González, Gabriela (26 de octubre de 2014) «Ventajas y desventajas de los coches autónomos». *Blogthinkbig*. [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/66YLBC>

[11] “Todoriesgo” (9 de junio de 2017) «El 90% de los accidentes de tránsito es producto del error humano». [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/8xTgiz>

[12] “El economista america” (24 de Agosto 2016) «La estadounidense nuTonomy prueba el primer servicio de taxis eléctricos sin conductor en Singapur». [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/TMtyRN>

[13] “Apertura” (18 de Enero 2018) «En qué países podrán funcionar los vehículos autónomos». [en línea] [Fecha de consulta 19 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/Ys3aGb>

[14] Los coches autónomos, las dudas que despiertan y los retos que deben superar JESÚS DOMÍNGUEZ 21.03.2018 - 09:02H. Disponible en: <https://goo.gl/QdHnkt>

[15] Shima Rayej (3 de Junio de 2014) «How Do Self Driving Cars Work?» [En línea] [Fecha de consulta 21 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Imur6c>

[16] Carballo, Juan (6 de Julio de 2016) «¿A que obstaculos se enfrentan un coche autonomo?». *ComputerHoy* [En línea] [Fecha de consulta 21 de Junio de 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/f8eNVM>

[17] Gómez Blanco, Manuel (29 de enero del 2017) «Coches eléctricos y autónomos, el cambio llega sobre ruedas» [En línea] [Fecha de consulta 10 de Julio del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2NM5zQN>

[18] García, Gemma (25 de diciembre del 2017) «¿Cuánto costará un coche autónomo?» [En línea] [Fecha de consulta 9 de Julio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KVcbPb>

[19] Hernandez, Luis (24 de febrero del 2017) «¿Cómo funcionan los vehículos autónomos?» [En línea] [Fecha de consulta 9 de Julio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2DmLIHO>

[20] Velasco, JJ. (24 de octubre del 2011) «Vehículos autónomos como solución al consumo de carburante» [En línea] [Fecha de consulta 10 de Julio del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JjyBUu>

[21] Redondo, Mónica (6 de marzo del 2018) «De la teoría a la práctica: los camiones autónomos de Uber empiezan a operar» [En línea] [Fecha de consulta 12 de Julio del 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MtXAuH>

Seguridad Informática en las Redes Sociales

**Cragno, Agustín; Duarte Tau, Nahuel; Mamani, Kelvin; Papa, José
Ignacio; Vattimo, Lucrecia**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En esta época, las Redes Sociales forman parte del día a día de todos, por lo que los posibles problemas de seguridad de estas redes pueden poner en riesgo una gran cantidad de datos. Desde el robo de identidad a un virus, pasando por las fallas en los sistemas de seguridad de las redes, en este artículo se analizan los principales problemas de sitios como Facebook, Twitter, y se proponen las mejores configuraciones a utilizar y las precauciones a tener en cuenta para poder navegar en estas páginas con mayor tranquilidad.

Palabras Clave

Seguridad Informática, Redes sociales, Internet, Robo de información.

1. Introducción

Para Rebeca Valenzuela, escritora mexicana, “Una red social, a nivel general, es una estructura social formada por nodos – habitualmente individuos u organizaciones– que están vinculados por uno o más tipos de interdependencia, tales como valores, puntos de vista, ideas, intercambio financiero, amistad, parentesco, conflicto, comercio, entre otras.” [1]. Por otro lado, incorporarse a una Red Social implica dar a conocer o compartir una serie de datos personales de manera voluntaria pero no siempre consiente [2]. Debido a la cantidad de personas que haya conectadas, las Redes Sociales se han vuelto un blanco para los delincuentes. A través de estas redes ocurren distintos casos de violación a la privacidad como el acoso, phishing, robo de información o hasta la adquisición de virus [3]. Al guiarse por lo que “está de moda” muchos postean cosas o se exponen demás para tener más seguidores, más likes y no miden las consecuencias de lo que publican [4]. Por ello, a partir de todas estas razones, se genera

un debate en torno a la privacidad, los riesgos de nuevas relaciones con personas desconocidas, la adicción a estar interconectado con cientos de amigos todo el tiempo, el descenso de la productividad en el trabajo y otras.

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, 2018) es realizar una comparación entre los sistemas de seguridad y privacidad de distintas Redes Sociales, analizando varios casos en los cuales se vio afectada la seguridad de los usuarios y evaluar los usos que se le dan las empresas u organizaciones a la información de dichos usuarios.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se explica la seguridad informática y se identifican distintas Redes Sociales junto con sus sistemas de seguridad; en la sección 3, se dan ejemplos de Redes Sociales, mencionando sus problemas de inseguridad más frecuentes ; en la sección 4, se realiza una comparación entre los distintos sistemas de seguridad y privacidad de las Redes Sociales nombradas, y se proponen las posibles acciones a tomar en relación a sus problemas de seguridad; Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas del trabajo (sección 5).

2. Concepto de la Seguridad Informática y Redes Sociales

La seguridad informática es una disciplina que se ocupa de diseñar las normas, procedimientos, métodos y técnicas destinados a conseguir un sistema de

información seguro y confiable [5], a pesar de las medidas que se apliquen, un sistema informático no deja de tener siempre un margen de riesgo. Esta disciplina desarrolla un papel de suma importancia en el marco de las Redes Sociales, sitios en Internet que tienen como finalidad servir de herramienta de comunicación entre diversos usuarios que se usen en un mismo espacio virtual para compartir información en diversos formatos (texto, videos, imágenes, música) entablando diálogos sobre algún interés o tema común [6]. Debido a que uno de los requisitos dentro de estas plataformas es compartir datos personales, el cuidado de esta información debe de ser labor del usuario como el de la plataforma o alguna especie de moderador de la misma. Además, existen dos formas en las que las Redes Sociales pueden trabajar, se encuentra la arquitectura cliente-servidor donde el servidor será la red social y los clientes serán los usuarios. Y la otra es la arquitectura peer-to-peer, donde la información estará distribuida y no centralizada, como ocurre en el cliente-servidor [7]. Actualmente, las redes están centralizadas, basadas en una arquitectura cliente-servidor [8]. Todas las funcionalidades de la Red Social, como el almacenamiento, edición de los datos, mantenimiento de la web, o el acceso a los servicios que proporcionan la red social, son ofrecidos por la propia red social como Facebook [9], Twitter [10] o Instagram [11].

A parte de los datos que se proporcionan a las Redes Sociales, como fotos, comentarios, etc. Un usuario de la Red Social divulga datos adicionales, como por ejemplo el tiempo de conexión, la dirección IP que usa, su ubicación geográfica, los perfiles visitados, los mensajes recibidos y enviados, es decir, todo un conjunto de información personal que se da a conocer mientras se navega dentro de una red social, aumentado en cierta manera la cantidad de riesgos que existen para un usuario en caso que la información no sea manejada de manera correcta o no se cuente con sistema de seguridad y privacidad competente.

3. Principales Problemas de las Redes Sociales

Algunos ejemplos de las Redes Sociales son: Facebook [9], Twitter [10], Instagram [11], entre otras. Sus problemas más frecuentes con respecto a la inseguridad son:

- Virus

Los códigos maliciosos, gusanos y troyanos son usados para acceder al equipo de la víctima y robar información confidencial o claves. Los propagan a través de mensajes populares, principalmente en Facebook, que llevan a enlaces falsos o por medio del lenguaje de programación Java que lo insta a descargar e instalar archivos maliciosos en el equipo [12].

En Instagram, se propaga a través de fotos en la cual algunas personas son etiquetadas. En el pie de foto hay un link que abre una página con el fin de descargar cierto programa a tu computadora; una vez que eso sucede, el virus se instala en la máquina [13].

Por último, Twitter tiene una modalidad parecida a los anteriores, ya que el enlace que contiene el virus, llega a través de un mensaje directo de cuentas falsas haciéndole creer a las personas que han ganado algo [14].

Para evitarlo, se recomienda no abrir los enlaces ni descargar nada que no provenga de una página segura. También, se aconseja instalar un antivirus del tipo Avast y usar Google Chrome, antes que Internet Explorer, que la mayoría de veces prohíbe la entrada a páginas no seguras o que contienen cierto tipo de malware.

- Phishing

Esta modalidad consiste en el robo de información a través de la suplantación de identidad. Aunque ésta acción fraudulenta es más común en mensajes de correos electrónicos. En Redes Sociales, delincuentes pueden crear cuentas en Twitter o páginas en Facebook de entidades bancarias falsas para hacerle creer a la

persona que es la real y así invitarlo a actualizar datos o a acceder al sitio web (falso) de la misma para atacarlo. En Instagram, los delincuentes envían un email el cual anuncia que se debe verificar la cuenta para obtener ciertos beneficios y que contiene un enlace para realizar dicha acción. Al hacerlo, las personas están obligadas a otorgar permisos para que la página pueda verificar la información y ahí es cuando los agresores se aprovechan [15].

Si esto sucede, se recomienda no responder ni las publicaciones ni los e-mails y borrarlos automáticamente.

- Acoso

Al tener información, fotos o videos visibles para todo el mundo en las Redes Sociales, se puede caer en el ojo de un acosador. Si no se configura la privacidad, cualquiera puede acceder a lo que cada individuo publica y volverse una molestia, un riesgo. En Facebook, Twitter e Instagram, los acosadores comentan fotos e incluso inician una conversación por mensaje privado. A través de la cual exigen una respuesta e incluso mandan fotos inapropiadas [16]. Para este caso, la mejor solución es no responder sus mensajes, bloquearlos y/o denunciarlos para evitar dicha situación [17].

- Robo de información

Al compartir mucha información, que quizás no sea un riesgo mayúsculo como una contraseña o el número de la tarjeta de crédito, muchos cibercriminales la utilizan para crear perfiles falsos, acceder a personas cercanas y así atacarlas. Para evitarlo, se configura Twitter, Facebook, Instagram y demás Redes Sociales para que solo amigos del individuo puedan ver sus publicaciones. Si se prefiere mostrar un perfil, debes estar atento a cualquiera de estas irregularidades y reportar las cuentas falsas [18].

4. Comparación entre los Sistemas de Seguridad y Privacidad de las Redes Sociales

Internet brinda grandes beneficios e ilimitado acceso a la información, pero cada día se aporta más información, motivo por el cual demanda una gran responsabilidad de parte del usuario y un esfuerzo conjunto en la protección de datos personales [19].

Si bien las empresas que manejan estas Redes Sociales tienen la obligación de brindar el servicio con la mayor seguridad posible, ninguna ha logrado esta total seguridad que se necesita (como se ha dado a conocer recientemente con el escándalo Facebook-Cambridge Analytica [20]) y, por otro lado, algunas de las amenazas que se encuentran en estos sitios trascienden cualquier capacidad de control que pueda existir por parte de los dueños de estas páginas. Por ejemplo, el caso del phishing o casos de robo de identidad, en donde se utilizan cuentas o sitios falsos para delinquir [21]. La frecuencia con la que se realizan estos actos es altísima por lo que resulta imposible eliminar todas estas cuentas falsas.

Las Redes Sociales como Facebook [9], Instagram [11], Twitter [10] o Snapchat [22] siguen un protocolo básico de seguridad al momento de ingresar a una cuenta para evitar que personas que no sean propietarios puedan ingresar a esta. Utilizan una contraseña y en el caso de Facebook una verificación vía SMS o un sistema de reconocimiento de fotos si el inicio de sesión se detecta desde un dispositivo no “familiarizado” con la cuenta [23].

La seguridad que tienen estas redes son similares, pero teniendo en cuenta la cantidad de información personal que estas permiten ingresar, se puede decir que Facebook es una de las redes más vulnerables y con menos seguridad, ya que, en caso de que la cuenta sea comprometida, o la información no esté correctamente “privatizada” el usuario se vuelve más vulnerable debido a la gran cantidad de datos personales que pueden ser expuestos [24].

Sin embargo, aunque existen aspectos de seguridad desde la parte técnica sobre los

cuales no se puede hacer nada al respecto, también los usuarios tienen una gran responsabilidad sobre el uso de la información que compartimos en las redes. Estos datos pueden ser [19]:

- Personales: proviene de un individuo que lo identifica o que permite su identificación (origen, edad, lugar de residencia o trayectoria ya sea académica, laboral o profesional).
- Personales sensibles: es la información de una persona que cuyo uso indebido representa un riesgo grave para el dueño de la información, en vista de que se pueda afectar su intimidad o que sea sujeto de algún tipo de discriminación (origen racial o étnico, estado de salud presente y futuro, información genética, creencias religiosas, filosóficas y morales, afiliación sindical, opiniones políticas y preferencia sexual).
- Financieros: estados de cuenta, transacciones y transferencias, saldos, número de cuenta, usuario y contraseña para el acceso en línea, etc. [19].

Para disminuir los riesgos de ser víctima de algún acto delictivo en las redes es necesario tomar acción en dos distintas maneras:

Lo primero es aprender a manejar la información y los datos que se suben de acuerdo a la delicadez de estos, a limitar la cantidad de información personal sensible que se comparte, y también a ser prudentes con la información ajena que un individuo puede llegar a compartir. Además, debe estar atento a cualquier cuenta o página sospechosa que se pueda encontrar, y a no acordar encuentros con personas que no sean conocidas es una de las prioridades que hay que tener en relación al uso seguro de las redes [19].

El otro punto importante que se debe tener en cuenta es utilizar todas las herramientas que los sitios proveen para aumentar la seguridad (Por ej: doble autenticación, recibir alertas sobre los inicios de sesión no

reconocidos, administrar quienes pueden ver el perfil, etc). La doble autenticación resulta útil para impedir que otra persona ingrese a la cuenta: en la mayoría de los casos, los sistemas de doble autenticación utilizan códigos numéricos como segundo factor de comprobación [25]. Estos son enviados a algún dispositivo previamente seleccionado cuando se intenta acceder a una cuenta desde un nuevo dispositivo [25]. También existe la opción de elegir quienes pueden ver las publicaciones realizadas y la información publicada, evitando que esta pueda ser accedida por personas ajenas a la vida del usuario.

5. Conclusión

Se puede concluir que, si bien las redes sociales que se utilizan hoy en día, como Facebook, Instagram, Twitter o Snapchat implementan sistemas de seguridad similares, no garantizan la protección total al usuario, dando lugar a que una parte muy importante de la responsabilidad recaiga en éste a la hora de evitar un acto delictivo en su contra. Sobre todo, a la hora de protegerse de actos como el Phishing, los cuales pueden ser más difíciles de detectar y logran esquivar la mayoría de las acciones de seguridad que estas redes ponen en marcha. Esta responsabilidad consta en limitar la cantidad de datos que el usuario expone en las Redes Sociales, estando atentos a todos estos problemas que surgen dentro de las redes y el uso correcto de las herramientas que estas proveen para proteger los datos y así poder evitar futuras situaciones en las que sus datos se vean comprometidos.

Como futuras líneas de trabajo se podría tener en cuenta Redes Sociales menos conocidas y comprobar si estas poseen los mismos problemas que las redes mencionadas en el trabajo o investigar de qué manera resolvieron dichas dificultades, además de estudiar si existen nuevos inconvenientes.

Referencias

1. VALENZUELA ARGÜELLES, Rebeca. Las redes sociales y su aplicación en la educación. *Revista Digital Universitaria* [en línea]. 2013, abril, Vol. 14(4). [fecha de consulta 1 mayo 2018]. ISSN 1067-6079. Disponible en: <https://bit.ly/2FA22j5>
2. *Redes sociales* [en línea]. Universidad de Almería. 2018, Enero. [fecha de consulta 1 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1PFNPPI>
3. *Seguridad en Redes Sociales ¿Qué significa esto?* [en línea]. 2018, Mayo. [fecha de consulta 16 mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2IDzEz9>
4. CAMPOS FREIRE, Francisco. Las redes sociales trastocan los modelos de los medios de comunicación tradicionales. *Revista Latina de Comunicación Social* [en línea]. 2008 Vol. 11(63). 277-286. [fecha de consulta 1 mayo 2018]. ISSN 1138-5820. Disponible en: <https://bit.ly/2IG2WWJ>
5. PURIFICACION AGUILERA LOPEZ. *Seguridad informática* [en línea]. 2010. [fecha de consulta 11 junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2y1oJy3>
6. CAJAL, Mabel. *Que es una red social: Tipos de redes sociales y para qué sirven* [en línea]. 2017, Junio. [fecha de consulta 11 junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2y2V1sD>
7. *Redes de computadora según su funcionalidad* [en línea]. 2016, Junio. [fecha de consulta 9 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2NDYCKx>
8. *Privacidad y seguridad en redes sociales* [en línea]. 2010, Noviembre. [fecha de consulta 11 junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2IIVmBD>
9. *Facebook*. Disponible en: <https://bit.ly/JW7aRL>
10. *Twitter*. Disponible en: <https://bit.ly/ICFCzV>
11. *Instagram*. Disponible en: <https://bit.ly/1JVLyzi>
12. *Ponte al día con los virus informáticos* [en línea]. Oficina de seguridad del internauta. Disponible en: <https://bit.ly/2x1ze05>
13. *Como eliminar Instagram virus* [en línea]. 2018, febrero. Disponible en: <https://bit.ly/2LukVvW>
14. *Virus en Twitter y cómo evitarlos* [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2uUKmMA>
15. *Seguridad Informática / Phishing* [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2Lz2bdN>
16. *Cyberbullying: el acoso a través de las redes sociales* [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2AeWKfu>
17. *Que es el acoso en internet y cuando es delito* [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2keJbqg>
18. *Redes sociales: alertan que pueden facilitar los robos* [en línea]. Disponible en: <https://clar.in/2NP3kv1>
19. AGUIRRE GAON, Sandra Jackeline. *Estrategia de educación para la salud en la prevención del uso problemático de las tecnologías de información y comunicación (TIC) y redes sociales* [en línea]. Universidad Central del Ecuador, Quito, 2017. [Fecha de consulta 11 junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2JFoWfh>
20. *Tras el escándalo por la filtración de datos de Facebook, cerró Cambridge Analytica* [en línea]. 2018, Mayo. [fecha de consulta 9 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wpQe3O>
21. *6 de cada 10 intentos de phishing en redes sociales surge de páginas falsas de Facebook* [en línea]. 2018, Mayo. [fecha de consulta 9 julio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2zs9oHw>
22. *Snapchat*. Disponible en: <https://bit.ly/2fFsKzm>
23. *Facebook*. Verificación de 2 pasos. Disponible en: <https://bit.ly/2vIH1X0>
24. SANTIAGO GALAR. *¿Víctimas virtuales? Inseguridad, públicos y redes sociales en Argentina*. Abril 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2nfGu4x>
25. GOUJON, André. *¿El fin de las contraseñas?* Versión 1.1. Marzo 2013. Disponible en: <https://bit.ly/2MIX6mK>

Evolución y aplicación de los avances tecnológicos en el hogar

Braian, Díaz; Emanuel, Prima; Cecilia, Rocca; Luján, Vicentin
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
braian_diaz_31@hotmail.com; eprima@est.frba.utn.edu.ar; ceciliaarocca@gmail.com;
lujanvicentin@outlook.com

Abstract

La tecnología avanza a medida que la sociedad lo necesita, llegando a espacios donde antes era inimaginable, como es el caso del ámbito doméstico. Su aplicación facilita la realización de las tareas en cuanto a tiempo y espacio, sólo basta con la sincronización de dispositivos mediante una aplicación específica.

El uso de la Domótica en el hogar permite mejorar la calidad de vida de sus usuarios, gracias a que por medio de este sistema se pueden realizar tareas como cuidar la casa a través de cámaras de vigilancia, sensores de presencia o manejar los electrodomésticos por el móvil para que realicen procesos rutinarios sin necesidad de estar en el hogar. En el presente artículo se realiza una comparación de las tareas realizadas de manera manual con las efectuadas a través de electrodomésticos, como también la relación que tiene la Domótica con Internet de las Cosas dentro del hogar.

Palabras clave

Tecnología, Domótica, hogar, Internet de las Cosas

1. Introducción

El uso de la tecnología en diversos ámbitos evolucionó a través del tiempo hasta el punto de encontrar, hoy día, artefactos robóticos en cualquier hogar. “Los artefactos tecnológicos invaden hogares emitiendo mensajes por intermedio de sonidos, imágenes o audios donde se marcan pautas de control a cumplir en cada momento” [1]. Tienen como característica principal interactuar con las personas y ayudarlas en su vida diaria. Brindan asistencia en los quehaceres domésticos y también son utilizados para cumplir otro tipo de funciones, como informar, educar, entrenar y ayudar a personas con discapacidades. Un ejemplo de esto último es el guante robótico para asistencia combinada y rehabilitación en el hogar. “Los estudios clínicos han demostrado que

los pacientes con accidente que tienen asistencia robótica cuando se realizan movimientos intensos y repetitivos demuestran una mejora significativa en las funciones motoras de la mano” [2].

Una incorporación muy importante en estos artefactos inteligentes es la tecnología inalámbrica, que permite a las personas poder controlar los mismos a distancia, “[...] utilizando controles remotos, aplicaciones en teléfonos celulares o computadoras portátiles, o bien utilizando directamente la voz” [3]. Desde el punto de vista positivo, sin la necesidad de estar en el mismo espacio, controlarlos de esta manera ahorra tiempo al momento de realizar los quehaceres. Un ejemplo es la programación del lavarropas para que realice su ciclo de lavado antes de que una persona despierte.

Frente a una sociedad cambiante, en algunos sectores se logran apreciar nuevas técnicas para automatizar el hogar. A este concepto se lo denomina domótica, el cual hace referencia al conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema [4]. En otras palabras, es una “revolución tecnológica que provoca enormes cambios [...] en la forma de vivir, de trabajar y también plantea una modalidad más dinámica en el acceso a la información” [5].

En este contexto, el objetivo del presente artículo es comparar la vida cotidiana de las personas hace 10 años, contra la vida diaria en la actualidad asistida por robots y la domótica en diferentes tareas y espacios. Se tienen en

cuenta aquellas funciones que sufrieron mejoras o, fueron reemplazadas completamente por máquinas.

Para cumplir con el objetivo propuesto, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se explica brevemente cómo eran las tareas domésticas hace 10 años sin implementación alguna de tecnología y asistencia robótica; en la sección 3 se detallan cuáles son las tecnologías utilizadas por los diversos artefactos que se encuentran en los hogares que revolucionaron la vida cotidiana, y cómo lo hicieron; en la sección 4 se comparan los beneficios contra las consecuencias negativas; y finalmente, en la sección 5 se realiza una conclusión del artículo y una retrospectiva mirando hacia el futuro.

2. Tareas domésticas previas al uso de tecnología robótica y/o inteligente

Las tareas domésticas son actividades que se realizan para el mantenimiento, bienestar y desarrollo no solo del hogar, sino también de sus integrantes.

Hace 10 años aproximadamente, estas tareas se llevaban a cabo por las personas de forma completamente manual y con herramientas que no requerían un gran nivel de sofisticación tecnológica (una escoba, una aspiradora, una plancha, etc.). Muchas de estas tareas domésticas suponen diferentes esfuerzos físicos de diversa índole, “el tipo de labores que se tienen que realizar en una casa, y las horas de trabajo [...] se convierten en factores de riesgo que pueden producir problemas en la salud” [6]. En el caso de la espalda, existen diversas maneras de protegerla al barrer, pasar la aspiradora, limpiar los cristales, planchar, fregar los platos, trabajar en la cocina, tender la cama o ir de compras, “generalmente las personas que realizan estas arduas tareas, manifiestan tener dolores a nivel de la columna vertebral” [7]. Por ejemplo: a la hora de al pasar la aspiradora se deben tener en cuenta ciertas

consideraciones referidas a la ergonomía, como se detalla en la siguiente figura (Figura 1):

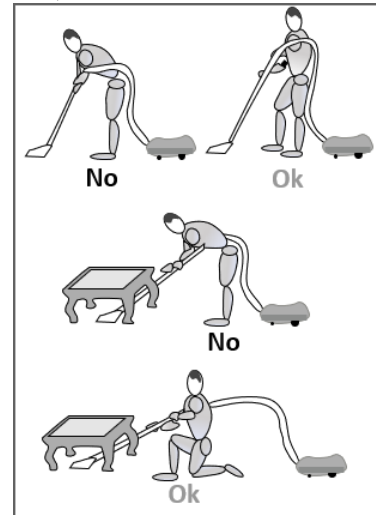


Figura 1. Manera correcta de pasar la aspiradora.

De igual forma, al planchar la ropa (Figura 2):

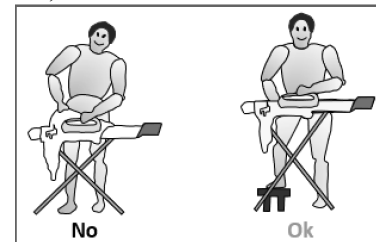


Figura 2. Manera correcta de planchar.

Estas consideraciones, entre otras, no son tomadas en cuenta en la mayoría de los casos, lo cual supone una desventaja al realizar las tareas de esta forma (sin asistencia tecnológica), además del tiempo y energía empleados en realizarlas.

Las personas dependen completamente de su capacidad y fuerza de trabajo para llevar a cabo cada una de las tareas, exponiendo su salud a diversas enfermedades producidas por la exposición directa y constante a las mismas. “Bajo la campaña ‘Pulmones sanos para la vida’, de la Sociedad Europea de Enfermedades Respiratorias (ERS), Noruega realizó un estudio que reveló que los productos de limpieza aumentan el riesgo de padecer enfermedad pulmonar obstructiva (EPOC)

debido a la cantidad de químicos utilizados en su contenido” [8].

Algunas tareas que son sumamente manuales y se realizan constantemente son:

- el lavado de platos,
- barrer el piso,
- limpieza de ventanas,
- limpieza de inodoros,
- el lavado y secado de la ropa.

3. Tecnologías implementadas

Se denomina tecnología a todo conocimiento técnico, ordenado científicamente, que permite diseñar y crear bienes y servicios y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas; ella se encuentra en todo artefacto que esté presente en el ámbito hogareño ya que ambas tienen por objetivo facilitar el trabajo humano; es decir, toda la tecnología irrumpe en la realización de las tareas domésticas. “Todo es programable y todo con el objetivo de que las personas se preocupen de lo que realmente consideren importante” [9].

En esta sección se detallan las diferentes tecnologías que se pueden encontrar actualmente en el hogar y cómo se aplican para asistir en las tareas domésticas: la subsección 1 describe a los sistemas domóticos; la subsección 2 desarrolla el concepto Internet de las Cosas; y por último, la subsección 3 habla sobre las mejoras en la manera de realizar las tareas y la implementación de aparatos en el ambiente doméstico.

3.1. Sistemas domóticos

Para implementar los sistemas domóticos dentro del hogar se necesitan diversos elementos que permitan su introducción. Éstos son los controladores, actuadores, sensores, medios de transmisión y las interfaces “el sistema de control recibe información del entorno sobre el que queremos realizar algún tipo de acción por medio de los sensores, dicha información aporta datos para que el ‘controlador’ decida si hay que realizar alguna acción, si

es así, esta acción se lleva a cabo por un actuador que tiene capacidad para provocarla” [10], detallados en la siguiente figura (Figura 3):

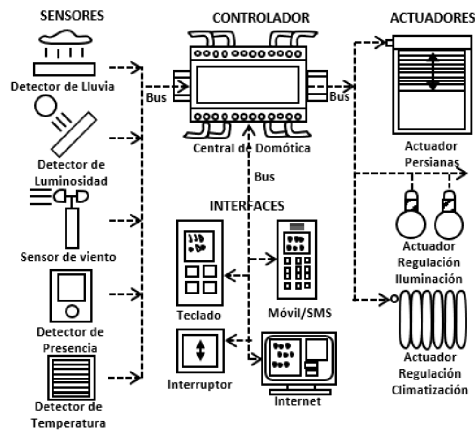


Figura 3. Ejemplos de dispositivos de sistemas de domótica.

Uno de los elementos que han sido implementados es la gestión energética, que es lo que se conoce como “enviar” la orden para que un dispositivo se prenda o apague de forma inalámbrica. Como así también, modificar el comportamiento de la luz para determinado momento, o como bien hace la domótica, permitir el manejo de las persianas con motores, evitando que estas tareas tengan que hacerse de manera manual [11].

En el año 1974 se introdujo en Escocia (y luego se expandió al resto del mundo), dentro de la domótica el protocolo de comunicación más antiguo de todos; el X10. Este se puede encontrar “desde interruptores para iluminación a completos paneles de control, emisores y receptores de radiofrecuencias, sensores de movimiento e incluso cámaras” [12]. En la Figura 4, se muestran las partes que lo componen. Este protocolo, a diferencia de otros, no necesita de cables para enviar, recibir y procesar la información; utiliza la red eléctrica del hogar a través de corrientes portadoras PLC (Power Line Carrier). Los aparatos que se necesitan para hacer funcionar el X10 son económicos y no requieren de otros dispositivos especiales para conectarse a la

red eléctrica del hogar [10, 11]. Alguno de estos módulos que se venden en el mercado son: de tipo enchufe, de empotrar, para carril din, superficiales, de casquillo, y aquellos que no requieren instalación (controles infrarrojos).

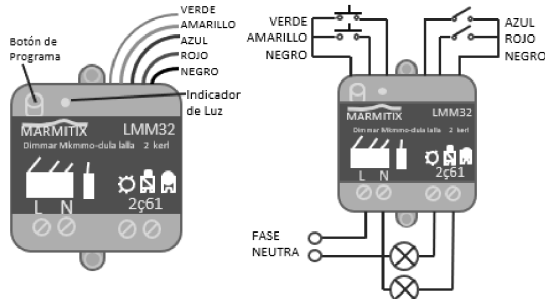


Figura 4. Dispositivo X10.

En 1980 surge en Europa el EHS (European Home System Association, Sistema de Casa Europeo) cuyos objetivos son conectar dispositivos de distintos fabricantes, facilitar su uso al usuario e integrar todos los dispositivos de una vivienda convencional. Requiere de, entre otras cosas, una red eléctrica y cables coaxiales. La Figura 5 muestra los componentes del protocolo EHS [13].

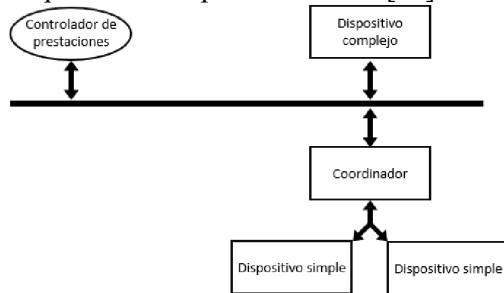


Figura 5. Protocolo EHS.

Desde el aspecto de la seguridad, se reemplaza la constante presencia de una persona vigilando por las cámaras IP, que facilitan el monitoreo del hogar.

3.2. Internet de las Cosas (IoT)

Una idea muy importante que aparece al hablar de la implementación de tecnología en el hogar es la llamada “Internet de las Cosas”, un concepto abstracto que ha ganado relevancia en los últimos años. Básicamente se basa en

utilizar Internet para crear comunicación entre objetos que antes lo hacían por circuito cerrado [14]. Para comprender la diferencia con la domótica, podemos decir que ésta última, es una particularidad del IoT. Es un conjunto que se encierra en las fronteras del hogar y el Internet de las Cosas trasciende éstas para pensar en darle conectividad a otro tipo de objetos como semáforos, autos, basureros, etc. a los cuales podemos agregar funcionalidades al usuario final a través de este tipo de conectividad, y a su vez, los fabricantes puedan recibir analíticas de uso para mejorar sus productos y campañas de mercadeo [15].

El uso de IoT permite desarrollar las tareas cotidianas de manera más sencilla. Gracias a ella se podrá por ejemplo controlar y monitorizar la iluminación en la vía pública, detectar si existen zonas con libre aparcamiento ya que se dispone de información en tiempo real. “Hoy en día el costo de conectar es menor, por lo cual las posibilidades de incrementar el número de cosas conectadas para crear redes inteligentes en cualquier lugar y cualquier actividad son inmediatas” [16].

“En el paradigma del Internet de las Cosas (IoT), muchos de los objetos que nos rodean estarán en la red, de una forma u otra. Identificación de radiofrecuencia (RFID) y tecnologías de sensores en red aumentarán para enfrentar este nuevo desafío, en el que los sistemas de información y comunicación están invisiblemente integrados en el entorno que nos rodea. Esto resulta en la generación de enormes cantidades de datos que deben almacenarse, procesarse y presentarse” [17].

Aunque es muy útil que todo objeto esté conectado a la red, se debe tener en cuenta sus riesgos ya que “todo lo que está conectado a internet es susceptible de ser atacado por hackers. Así que, es necesario dedicar esfuerzos de forma proactiva a proteger los objetos conectados. Una

fórmula para hacerlo es combinar la tecnología de seguridad adecuada” [18].

Ahmed Banada, experto en IoT e Inteligencia Artificial, afirma lo siguiente: "En los próximos años, el Internet de las cosas tendrá un aspecto muy distinto del que presenta hoy en día. Internet de las cosas es un mercado novedoso. Nuevos actores, con nuevos modelos de negocio, así como nuevos enfoques y soluciones, pueden aparecer de la nada y superar a los ya establecidos. Pero los negocios constituyen el mercado clave. Si bien se habla de dispositivos portátiles y hogares conectados, el valor real y el mercado inmediato del Internet de las cosas se centra en los negocios y las empresas" [19].

PubNub, empresa dedicada al desarrollo de infraestructuras como servicio, estima que para 2020 habrá 21 mil millones de dispositivos conectados a Internet. Los dispositivos de IoT serán una gran parte de cómo interactuamos con los objetos cotidianos básicos. Afirma que el futuro está sucediendo ahora, y que estos dispositivos se vuelven más inteligentes todos los días mediante el Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial. Las ciudades se transformarán en ciudades inteligentes, los semáforos recolectarán datos para sincronizar las luces y generar estadísticas de tráfico. Todo esto conlleva a un incremento en la optimización de recursos, en parte, debido a que todo podrá ser administrado de forma remota. Las casas inteligentes, termostatos, sistemas de iluminación y cafeteras recolectarán información sobre los hábitos de sus usuarios. Todos estos datos se recopilan para ayudar a facilitar el aprendizaje automático [20].

3.3. Mejoras e implementaciones

En la actualidad, las tareas domésticas han sufrido grandes cambios. Por ejemplo, el lavado de platos es una tarea sencilla que sigue siendo empleada por muchas personas de manera manual, pero aún así se introdujo el “lavaplatos”,

aquel aparato que al introducir cualquier objeto sucio procede a lavarlo.

Si se enfoca en las tareas del piso, son los robots aspiradores quienes sustituyen esta tarea, que son aparatos programados por el usuario, que se mueven anárquicamente sin chocar con paredes ni muebles gracias a una serie de sensores que controlan lo que tienen a su alrededor, limpiando, aspirando y lustrando los pisos. Incluso evitan caerse por las escaleras y vuelven a su enchufe para recargar su batería para así seguir limpiando la casa [21].

Un aparato que revoluciona la tarea de limpieza de ventanas es el “robot limpiador de cristales” que se adhiere a la superficie del cristal, sin importar la inclinación, y no termina su programa a no ser que detecte que el mismo se encuentre limpio [22].

En cuanto a la tarea de desinfección de inodoros el aparato que procede a su reemplazo es el mismísimo inodoro inteligente, el cual se limpia solo cada vez que es utilizado, sin la necesidad de que alguien lo programe [23].

En cambio, la tarea de lavar la ropa no fue sustituida completamente ya que al contar con un lavarropas semiautomático y un secarropas esta acción se puede llevar a cabo. Lo que incorporó una ventaja en la actualidad fue la implementación del lavarropas automático; es aquel que unifica las dos funciones de ambos aparatos y lo hace todo en uno, reduciendo los tiempos del pasaje de la ropa. A este artefacto se le han añadido funciones para controlar aspectos como la temperatura, el tiempo de lavado y la centrifugación, todo ello gracias a la microelectrónica que ha permitido que consiga lavar la ropa como si se hubiese lavado a mano, evitando que las prendas se estropeen [24].

4. Beneficios y consecuencias negativas del uso de tecnologías

Muchas veces, al pensar en tecnología se ven solo los aspectos

positivos que trae “se han logrado crear y mejorar herramientas y accesorios que son útiles para simplificar el trabajo en hogar, construcción, etc, aún más después de incorporar la energía eléctrica como medio elemental para satisfacer necesidades” [25], entre los que se encuentran:

- ahorro de tiempo en la mayoría de las tareas, el cual se puede dedicar a otras cosas,
- implementación de los programas en los electrodomésticos permiten fijar un horario de encendido sin la necesidad de estar cerca de ellos, un ejemplo de este caso, es el encendido del aire acondicionado para que al llegar al hogar este se encuentre frío o en su defecto, caliente,
- en el caso de la implementación de los inodoros inteligentes, se admira la ventaja saludable que trae ya que la persona no se encuentra en contacto con las bacterias el inodoro podría contener,
- mayor seguridad ya que por medio de sensores se puede detectar la presencia de movimientos extraños en los alrededores de la vivienda,
- posibilidades de comunicación con el exterior e intercomunicación dentro de la vivienda, ya que las nuevas tecnologías traen consigo acceso a internet.

Sin embargo existen consecuencias negativas, puesto que "uno de los principales desafíos de vivir en una sociedad que está cambiando aceleradamente, es comprender que el sector educativo es un escenario clave para lograr que estas transformaciones [el autor habla sobre las TIC] favorezcan a todos los sectores" [26], tales como:

- en cuanto a la salud, la aparición de los robots en el hogar, puede provocar sedentarismo en las personas a causa de realizar menor cantidad de tareas,

- la adquisición de domótica en los hogares marca una brecha entre aquellos sectores medios-altos con los sectores bajos que no cuentan con los recursos suficientes para obtenerlos,
- aquellos dispositivos que pueden ser manejados a distancia, poseen una dependencia de una red inalámbrica, si esta última no funciona correctamente, sus funciones no puede llevarse a cabo.

5. Resultados

Los resultados muestran que la domótica, y en general el IoT, han surgido gracias a los avances tecnológicos a lo largo de no menos 30 años. Todos los días se puede encontrar información que da a conocer nuevas investigaciones que prometen un futuro mejor para las personas en cuanto a medicina, transporte, tareas domésticas, etc.

Con la llegada de las TI (Tecnologías de la Información) esto se ha acelerado, puesto que permitió una conectividad entre los dispositivos nunca antes pensado, y además creó empresas tecnológicas que presentaron proyectos innovadores en todo el mundo, creando miles de puestos de trabajo que antes no existían y así facilitar la comunicación a nivel internacional tanto para empresas como para los sujetos en sí. “Es inevitable el hecho de que la domótica es ya una realidad disponible en el mercado para la generación de calidad de vida” [27]. Como consecuencia, no es sorprendente que aproximadamente la mitad de las empresas más grandes del planeta estén relacionadas con las TI [28 - 30].

6. Conclusiones

La implementación de la tecnología ha llegado para solucionar o facilitar la realización de varias tareas, aunque provoca un grado mínimo de sedentarismo en las personas, al no implicar esfuerzo cuando se utilizan los electrodomésticos.

Al pertenecer a una sociedad de comunicación de información, para una persona se vuelve una necesidad tener aparatos electrónicos en el hogar ya que éstos parecen tener vida propia para realizar las tareas independientemente o solo, con la ayuda de un programa que activa su funcionalidad.

A su vez, se destaca como un gran hito la característica de la conectividad entre dispositivos que permiten su utilización estando lejos de ellos, simplemente utilizando una aplicación que permita llevar a cabo su función.

Como futura línea de trabajo, se prevé continuar investigando sobre los siguientes ítems:

- elementos de los sistemas domóticos y sus usos o desusos,
- aplicaciones del IoT en otros dispositivos tecnológicos,
- nuevas posibilidades de implementación de la domótica en tareas domésticas.

Además, se hará hincapié en el análisis de encuestas de satisfacción que permitan decidir qué aparatos tecnológicos de los últimos tiempos han sido útiles y cuáles no, e investigaciones sobre el uso de aparatos domésticos para personas de riesgo (embarazadas, ancianos, con movilidad reducida, etc.) que servirán de guía para que todo aquel que desee adquirir un producto nuevo decida si le es conveniente, o no.

Referencias

[1]. Conde, S. D. *Problemas para terminar una tesis de posgrado* [en línea]. 2013 [fecha de consulta 4 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KaGGQx>.

[2]. Polygerinos, P., Wang, Z., Galloway, K., Wood, R. y Walsh, C. *Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation* [en línea]. Robotics and Autonomous Systems. 2015 [fecha de consulta 10 de abril de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2vZc11U>.

[3]. Muñoz, L. R., Villanueva, M. G. *Domóticas, casas y edificios inteligentes* [en línea]. 2018 [fecha

de consulta 10 de abril de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2rfKTH6>.

[4]. Asociación Española de Domótica e Inmótica - CEDOMD. *Qué es domótica* [en línea] [fecha de consulta 26 de junio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2yIA2eU>.

[5]. Sullivan, P. M. *El impacto de las nuevas tecnologías en la competencia laboral del bibliotecario del siglo XXI* [en línea]. 2004 [fecha de consulta 10 de abril de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2JNcTsK>.

[6, 7]. Aguilar, A. L. A. *Ergonomía enfocada a las tareas domésticas para prevenir algias vertebrales* [en línea]. 2012 [fecha de consulta 4 de junio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2kPfnMD>.

[8]. Infobae. *Por qué la limpieza de la casa puede perjudicar a la salud* [en línea]. 2016 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2wLp66p>.

[9]. Comunicacae. *La tecnología irrumpe en el hogar del siglo XXI* [en línea]. 2018 [fecha de consulta 10 de julio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2N7LpPR>.

[10]. Micronica. *Sensores, actuadores y sistemas de control*. [en línea]. 2018 [fecha de consulta 25 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2lAdROL>.

[11]. Viteri Paz, F. X. *Diseño de un modelo estándar de domótica para hogares digitales basado en la tecnología insteon* [en línea]. 2013 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2k0QGMR>.

[12]. Cuevas, J. C., Martínez, J., Merino, P. *El protocolo x10: Una solución Antigua a Problemas actuales* [en línea]. 2002 [fecha de consulta 4 de junio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Je89Au>.

[13]. Maldonado Pérez, H. S., Chacha Meléndrez, E. A. *Implementación de dos módulos técnicos para prácticas de domótica e inmótica mediante protocolos de comunicación X10 y HDL BUSPRO* [en línea]. 2017 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2lIiuKu>.

[14]. Hipertextual. *¿Qué es y cómo funciona el Internet de las Cosas?* [en línea]. 2014 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2lIQIcC>.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [15]. INSITE S.A.S. *De la domótica al internet de las Cosas* [en línea]. 2016 [fecha de consulta 24 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MZfhyJ>.
- [16]. News Center LATAM. *Los beneficios de la integración de IoT a nuestra vida cotidiana* [en línea]. 2017 [fecha de consulta 10 de julio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2L9Du4l>.
- [17]. Kidd, C. D., Breazeal, C. MIT Media Lab Personal Robots Group. *Robots at Home: Understanding Long-Term Human-Robot Interaction* [en línea]. 2008 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2rJoPor>.
- [18]. Nadal, M. V. S. *Estartapeando. Siete formas en que el internet de las cosas cambia nuestro trabajo* [en línea]. El país. 2018 [fecha de consulta 24 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2Hjs0cN>.
- [19]. Banafa, A. *10 predicciones sobre el futuro de Internet de las cosas* [en línea]. OpenMind. 2016 [fecha de consulta 24 de junio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2Kod55y>.
- [20]. Schuetz, J. *The Future of IoT* [en línea]. PubNub. 2018 [fecha de consulta 24 de junio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2K8yWOW>.
- [21, 24]. Gonzalez, V. *Robots de andar por casa: ¿cómo funcionan nuestros electrodomésticos?* [en línea]. Muy Interesante [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2JhxpBL>.
- [22]. Rosero, V., Roberto, D. *Diseño y construcción de un prototipo de robot limpiador de vidrio autónomo con mando inalámbrico* [en línea]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 2015 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2szCoHI>.
- [23]. El Universal. *Este es el inodoro inteligente que todos querrán tener en su hogar* [en línea]. 2018 [fecha de consulta 15 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2JzvhsE>.
- [25]. Martinez, L. *Efectos negativos y positivos de la tecnología* [en línea]. 2012 [fecha de consulta 25 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2awY1Qo>.
- [26]. Romaní, J. C. C. *El concepto de tecnologías de la información. Benchmarking sobre las definiciones de las TIC en la sociedad del conocimiento* [en línea]. 2009 [fecha de consulta 10 de julio de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2uasahy>.
- [27]. Quizhpe Cárdenas, C. E. *Monografías. Domótica en el hogar* [en línea] [fecha de consulta 6 de agosto de 2018]. Disponible en <http://bit.ly/2ng1isL>.
- [28]. Forbes. *The World's Largest Public Companies* (rubro Software & Programming) [en línea]. 2018 [fecha de consulta 6 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2vmydAx>.
- [29]. BBC Mundo. *Las 10 empresas más valiosas del mundo (y cuáles son las 5 que lideran América Latina)* [en línea]. 2017 [fecha de consulta 6 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bbc.in/2OIQ10N>.
- [30]. Arias, A. S. Economipedia. *Empresas más grandes del mundo 2018* [en línea]. 2018 [fecha de consulta 6 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://bit.ly/2vnzsPD>.

GESTIÓN DE RIESGOS EN LA NUBE

Luna, Agustín Ricardo

Skocir, Brian

Di Masi, Nicolás

Quiroga, Franco

Universidad Tecnológica Nacional (FRBA)

Cloud Computing es una tecnología que permite acceso remoto a softwares, almacenamiento de archivos, procesos de datos, por medio de internet en el momento que se los necesite y desde cualquier lugar y cualquier dispositivo, con la necesidad de desplazar a los servidores con este fin. El objetivo es estudiar el aprovechamiento al máximo de la computación en la nube, minimizando lo mayor posible los riesgos y deficiencias que mitigan su confiabilidad. Consideramos que este nuevo modelo va a fomentar y favorecer mayor innovación porque los recursos tecnológicos están disponibles para la mayoría de las personas a un bajo precio, reduciendo así el costo de prueba y error.

Palabras Clave

-Nube; Ventajas; Riesgos; Información; Cloud Computing.

1- Introducción

Cloud computing toma su nombre de la representación de internet en los diagramas de redes, en los cuales se representa por medio de una nube o *cloud* en inglés [1]. Esta nueva tendencia tecnológica es un concepto surgido de la necesidad de desplazar a servidores en Internet, dedicados a este fin, todas las aplicaciones y documentos que el usuario utiliza diariamente para su labor, con el objetivo de que el mismo pueda disponer de dichos elementos en el momento que los necesite y desde cualquier lugar del planeta y desde cualquier dispositivo ya sean: telefonía móvil, computadora de escritorio, PDAs (Personal Digital Assistant), entre otros, para poder cumplir con su trabajo más allá de la situación en la que se encuentre. En esto se basa la importancia del uso de Cloud Computing [2].

El objetivo del trabajo realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas" (segundo año de cursada) es estudiar el aprovechamiento al máximo de la computación en la nube, minimizando lo mayor posible los riesgos y deficiencias que mitigan su confiabilidad.

Para cumplir con el objetivo planteado, la investigación se desglosa de la siguiente manera: Se comienza con el estudio sobre el desarrollo del Cloud Computing y el por qué es necesaria; se detallan sus posibles usos dentro de una organización; sus beneficios, y defectos más renombrados que minimizan su uso debido al posible riesgo que presenta; formas de mitigar esos esos riesgos; concluir soluciones para su implementación a futuro siendo un posible pilar del manejo de la información dentro

de una organización (sección 2). Finalmente, se presenta las conclusiones en la sección 3.

2- Cloud computing

De una manera simple, la computación en la nube (cloud computing) es una tecnología que permite acceso remoto a softwares, almacenamiento de archivos y procesamiento de datos por medio de Internet, siendo así, una alternativa a la ejecución en una computadora personal o servidor local. En el modelo de nube, no hay necesidad de instalar aplicaciones localmente en computadoras.

Hoy en día, la computación en la nube es una de las tecnologías más utilizadas, debido al aumento de su flexibilidad y escalabilidad para los servicios y aplicaciones computacionales.

Además, Internet ha cambiado el mundo de la computación de una manera drástica. Analizando el devenir histórico de la computación, ésta comenzó en paralelo, luego de la computación distribuida para *grid computing* (computación en malla), y en los últimos años ha dado un giro hacia la computación en la nube, convirtiéndose en un campo emergente de la informática. Ha sido definida por expertos como un entorno de red basado en el intercambio de recursos. Además, se refiere a todas aquellas aplicaciones y/o servicios que utilizan Internet, sin dejar de un lado el *hardware* y el *software* en los centros de datos que proporcionan esos servicios. [3] Recientemente, las compañías de TI han invertido grandes cantidades de dinero para poder proveer servicios de cloud computing a sus clientes y reemplazar las aplicaciones de escritorio tradicionales. [4] La determinación de las empresas por consolidar la transformación digital de sus compañías es cada vez más evidente. [5]

Cloud computing es una tecnología que, entre otras cosas, permite que las organizaciones modernas obtengan un eficiente almacenamiento de datos comerciales, pero que, para poder ser adoptada por completo, demanda de ellas la superación de la reticencia que genera todo cambio dentro de la estructura organizacional [6].

Su implementación cuenta con muchas ventajas para las empresas que ya han apostado por abordarla e integrarla, como por ejemplo, mejora puntos importantes como la Accesibilidad, Jerarquización de la información, Seguridad, Comunicación, Productividad, entre muchos más aspectos. Las importantes innovaciones en virtualización y computación distribuida, los grandes avances en la velocidad de acceso a Internet y la debilidad económica generalizada han dado un gran impulso a la computación en nube [7].

A- Clasificación de los servicios

Existen 4 categorías de servicios: servicios de software (Software-as-a-Service SaaS), servicios de plataforma (Platform-as-a-Service PaaS), servicios de red (Networks-as-a-Service NaaS) y servicios de infraestructura (Infrastructure-as-a-Service IaaS) [3]. Lo anteriormente descrito se evidencia en la siguiente tabla, donde se ilustran los servicios ofrecidos por las empresas que trabajan con la computación en la nube:

Modelo de servicio	Servicios	Proveedores de servicios
SaaS	Aplicaciones gubernamentales	SalesForce.com
	Comunicaciones (e-mail)	GoogleApps
	Herramientas productivas (Office)	Oracle
PaaS	Aplicaciones de desarrollo	GAE
	Servicios de seguridad	Microsoft's Azure
	Administración de base de datos	Amazon EC2
IaaS	Servidores	GoGrid
	Almacenamiento	Flexiscale
	Administración	Joyent

Estos servicios tienen tres características que los diferencian del hosting tradicional.

La infraestructura como servicio ofrece una instancia de servidor virtual (API). En el ámbito empresarial, la computación en la nube permite a las compañías pagar sólo por la capacidad utilizada y acudir a la Red según vaya siendo necesario. Dado que este modelo basado en el pago por uso se asemeja en cierta forma a consumir energía eléctrica.

La plataforma como servicio (PaaS) en la nube se define como un conjunto de herramientas de software y desarrollo de productos hospedadas en la infraestructura del proveedor del servicio.

En el modelo de software como servicio (SaaS), el proveedor proporciona la infraestructura de hardware, el producto de software e interactúa con el usuario a través de un portal de acceso.

B- Tipos de nubes

Las nubes pueden ser privadas, públicas o híbridas.

- *Nube pública*

De uso global, son gestionadas por empresas prestadoras de estos servicios y en las que se atienden a una pluralidad de clientes (bien el público en general, bien un grupo industrial, etc.) mediante la utilización de servidores, sistemas de almacenamiento y otras infraestructuras que se utilizan de forma compartida.

- *Nube privada*

Orientadas a soluciones corporativas, mediante redes privadas o data centers, se emplean tecnologías de Cloud Computing, tales como la virtualización. En donde las organizaciones corren sus aplicaciones de forma segura y aislada de internet.

- *Nubes híbridas*

Son una mezcla de los dos modelos anteriores, en donde se genera un escenario semi público, en donde la organización que administra la nube tiene el poder de habilitar ciertos niveles de permisos. Y así definir la información de bajo riesgo, que se almacena pueda en

una arquitectura compartida (nube pública) y la información más sensible que se resguarda y se aloja en servidores de acceso exclusivo (nube privada).

Un aspecto interesante a remarcar, es cómo las empresas que ya utilizan la nube, utilizan en su mayoría el tipo de nube híbrida:



C- Costos de una Solución de Archivado en la Nube

El modelo de Software como Servicio (Software as a Service – SaaS) normalmente requiere de un pago periódico para poder utilizarlo. La facilidad de escalabilidad en estos sistemas es muy sencilla y son sistemas fáciles de implementar en empresas de todos tamaños, ya que pueden mantener sus costos de operación controlados y son mínimos. El costo actual de un archivado de correo electrónico basado en la Nube solo depende del número de personas que lo utilizan. Además de este costo mensual, se deberá de añadir una partida de servicios iniciales de configuración y si desea importar correos electrónicos antiguos de los archivos locales, deberá de pagar una cuota por la migración que se calcula normalmente por gigabyte o número de correos.

Las partidas de costos típicas involucradas en un archivado de correo electrónico basado en la Nube, son los siguientes:

- Costos de Archivado mensual (periódico)
- Implementación y formación del servicio (única vez)
- Migración de correo antiguos (única vez)

También puede existir un costo asociado con la exportación de correos electrónicos del sistema de Archivado en la Nube. La exportación masiva de los mensajes puede llevar asociada una cuota fija [8].

D- Ventajas generales del uso de la nube

- Acceso desde cualquier ubicación geográfica a los datos y aplicaciones.
- Libre de mantenimiento por parte del usuario.
- Actualizaciones a últimas versiones.
- Aplicaciones compartidas más económicas.
- Reducción de la inversión en equipamiento informático del usuario.
- Sistema de almacenamiento escalable (expandible).

Desventajas generales del uso de la nube

- Conflictos de propiedad intelectual.
- Cobertura legal internacional inexistente.
- Delegar el manejo de datos sensibles a terceros.

Ventajas de las nubes públicas

- Costos inferiores: no es necesario adquirir hardware o

software, y solo paga por el servicio que usa.

- Sin mantenimiento: su proveedor de servicios se encarga de ello.
- Escalabilidad casi ilimitada: existen recursos a petición para satisfacer sus necesidades empresariales.
- Gran confiabilidad: una amplia red de servidores garantiza que no se produzcan problemas [9].

Desventajas de las nubes públicas

- La información se aloja en servidores de terceros, dejando a merced de un ente ajeno a la organización la confidencialidad, integridad y disponibilidad, de todos los datos de la empresa.

Ventajas de las nubes privadas

- Más flexibilidad: su organización puede personalizar el entorno de la nube para satisfacer necesidades empresariales específicas.
- Mejor seguridad: los recursos no se comparten con otros, por lo tanto, es posible contar con mayores niveles de control y seguridad.
- Mayor escalabilidad: las nubes privadas todavía pueden ofrecer la escalabilidad y la eficacia de una nube pública [9].

Desventajas de las nubes privadas

- La mayor desventaja de este tipo de nubes es la cantidad de capital, humano, financiero y de bienes que hay que invertir para montar y mantener un hosting de este tipo.

Ventajas de las nubes híbridas

- Control: su organización puede mantener una infraestructura privada para los recursos confidenciales.
- Flexibilidad: puede aprovechar los recursos adicionales de la nube pública cuando los necesite [9].

Desventajas de las nubes híbridas

- Al alternar entre dos tipos de servidores, públicos y privados, se corre el riesgo de filtrar accidentalmente información de carácter sensible, con el paso del tiempo, también y especialmente en organizaciones de gran tamaño, que manejan grandes flujos de información.

Calidad de servicio

En esta nueva era de interconectividad no podemos dejar de lado la calidad del servicio en el envío y recepción del tráfico. Se debe realizar una implementación para poder priorizar los datos con más urgencia que otros; por ejemplo, un sensor para revisar la actividad sísmica de un volcán debe tener prioridad frente a la recepción de unos datos estadísticos de agricultura [3].

Usos más destacados

La utilización de la nube permite una mejor gestión del mantenimiento de los sistemas y actualizaciones de los programas. Gracias al cloud computing, cualquier empresa puede acceder a mejores prestaciones y nuevas tecnologías, además de obtener las últimas actualizaciones y parches para los

servidores y herramientas. Otra de las grandes ventajas de la utilización del modelo cloud computing, es que permite a las organizaciones compartir recursos informáticos de manera dinámica [10].

Estos son los usos más destacados del cloud computing en la labor diaria de las empresas:

- 1- Creación, modificación de documentos en grupo (Google Docs, Zoho)
- 2- Compartir archivos (Dropbox)
- 3- Creación de webs (wordpress, blogspot)
- 4- Edición de fotografías (Picassa, Flickr)
- 5- Presentaciones (Slideshare)
- 6- Edición de vídeo (Youtube)
- 7- Videoconferencias (Skype)
- 8-Relación con el cliente (CRM) (Salesforce)
- 9- Gestión de proyectos (Basecamp) [11].

Como ya se vio, existen tres modelos de nubes: la privada, la pública y la híbrida. De estas tres, la más innovadora en el uso de recursos es la nube híbrida, que combina las nubes pública y privada. Aunque en la práctica pueden existir algunas desventajas a la hora de implementarla, son muchos los beneficios que puede obtener cualquier empresa que se decida a utilizar la nube híbrida.

Entre los beneficios más destacados se encuentra el hecho de la reducción de los costos, en comparación con una nube totalmente privada.

Por otro lado, también brinda un acceso más rápido y rentable a diversas aplicaciones, y es una herramienta eficaz para hacer una mayor y más eficaz utilización de los recursos.

Para poder adoptar el modelo de nube híbrida lo que deben hacer las empresas es seleccionar y elegir las aplicaciones y proveedores en base al uso requerido y a sus necesidades en el negocio.

Actualmente se dispone de diferentes tipos de adopciones de nubes híbridas, como, por ejemplo:

- Tienda online: Estas utilizan la nube pública para tener su catálogo, pero transfieren a sus clientes a la nube privada para realizar el pago. De esta manera se garantizan y aseguran los datos de todos los clientes.
- Sitios web corporativos: Estos se están moviendo hacia la utilización de la nube pública para que de esta manera se mejore el acceso a estas webs y se reduzca la inactividad. [12]

3- Conclusión

Sin duda, la implementación de la computación en la nube constituye un gran avance de cara a cualquier empresa, pues poco a poco cada vez serán más y mejores los beneficios que se podrán obtener y menores las inseguridades que provoque su implementación. El modelo híbrido es el que se adoptará para que el mundo corporativo sea más seguro a la hora del resguardo de la información. Como se ilustra en la segunda imagen presentada del corriente trabajo. En dicha imagen puede verse cómo las empresas que ya utilizan la nube, utilizan en su mayoría el tipo de nube híbrida.

Es cierto que hasta ahora la Nube Privada no resultaba atractiva para las Pymes con recursos TI limitados, ya que se sustentan en el despliegue de infraestructura física. Pero el despliegue de una Nube Privada es el escenario ideal para no perder el control TI por parte de las empresas (ya sean ellas las que directamente las administren o deleguen su gestión en terceros)

Consideramos que este nuevo modelo tecnológico va a fomentar y favorecer mayor innovación porque los recursos tecnológicos están disponibles para la

mayoría de las personas a un precio bajo. De esta manera se reduce el costo de prueba-error y las compañías podrán realizar más intentos, porque el valor de cada uno de los ensayos no será significativo.

Referencias

- [1] Cloud Computing, Web-Based Applications that Change the Way You Work and Collaborate Online. Miller, M., Indianapolis, 2008. [fecha de consulta: 16 agosto 2018]
Disponible en: <https://bit.ly/2MItFiF>
- [2] Mirian Zuñiga. *Qué es una nube informática* [en línea]. [fecha de consulta: 30 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2NamyiS>
- [3] Arturo González García, Yadira García, Dany Esteban Gallego Quiceno, Jairo Andrés Sastoque Zapata, Emilio Ramírez Juidías. *Impacto medioambiental de la integración de la computación en la nube y la internet de las cosas* [en línea]. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, España, 2016. [fecha de consulta: 30 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2p1fV4d>
- [4] Cloud Computing: Special Report. Gartner 2008.
- [5] La Cámara Valencia, Tic Negocios, 2017.
¿Por qué es Imprescindible Cloud Computing para las Empresas? [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/2Nloj6l>
- [6] La organización y sus sistemas de información.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

María Florencia Pollo-Cattaneo, Editorial
CEIT, 2017.

[7] Margaret Rouse, TECHTARGET,
2010. *Computación en la nube* [en línea].
[fecha de último acceso: 16 agosto 2018].
Disponible en: <https://bit.ly/1fFkimv>

[8] Cloud Magna, 2018. *Nube Informática
(Cloud Computing)* [en línea]. [fecha de
acceso: 31 agosto 2018]. Disponible en:
<https://bit.ly/1OkeLoB>

[9] Microsoft Azure, 2018. *¿Qué es la
nube pública, privada e híbrida?* [en
línea]. [fecha de acceso: 16 agosto 2018].
Disponible en: <https://bit.ly/2MpLMoc>

[10] *¿Cómo utilizan las empresas el cloud
computing?* [en línea]. [fecha de acceso:
31 agosto 2018]. Disponible en:
<https://bit.ly/2x3lam8>

[11] Osorio Henao, Daniela; Parra Ramos,
Diana Catalina; Raigoza Palacio, Laidy
Andrea. *Cloud Computing* [en línea].
Herramientas web 2.0 para el desempeño
profesional. Universidad del Quindío,
Armenia (Quindío, Colombia), 2017. [fecha
de acceso: 31 agosto 2018]. Disponible
en: <https://bit.ly/2x2qeA0>

[12] Alejandra Teran. *El cloud computing y
sus beneficios para todos los negocios* [en
línea]. [fecha de acceso: 31 agosto 2018].
Disponible en: <https://bit.ly/2x6dEsS>

[13] *Las empresas esperan beneficiarse
de la nube – sin tener una estrategia
Cloud madura* [en línea]. [fecha de
acceso: 29 junio 2018]. Disponible en:
<https://bit.ly/2CLzDKI>

Sistema de planificación de uso de medios de transporte público por medio de una aplicación móvil

Luparello Diego, Fretes Diego, Pereyra Fernando, Elizondo Marisel, Braian Leiva, Conde Sergio y Morales Martin

Universidad Nacional Arturo Jauretche, Instituto de Ingeniería y Agronomía

Abstract

La investigación describe la realización de una aplicación que busca mejorar la experiencia de los usuarios de servicios de transporte público y fue desarrollada en la Asignatura Ingeniería del Software I.

La principal necesidad que suplirá es la de obtener información referente a cómo trasladarse de un lugar a otro con diferentes alternativas de viaje y brindar otros servicios personalizados a cada usuario (costos de viaje, puntos de recarga, avisos de cortes de ruta, alarma de llegada) unificando todo en una sola aplicación totalmente intuitiva.

Palabras Clave

Transporte público – Detección de Cortes - Origen y Destino – Viaje - Mapa - Recorrido – Combinación

Introducción

Teniendo en cuenta las condiciones y problemáticas que enfrentan los usuarios de transporte público en su vida diaria, se pensó una aplicación que responda a sus necesidades y las resuelva de forma integral. El sistema desarrollado consigue unir todas las funciones necesarias en una sola aplicación, logrando que los usuarios optimicen su experiencia de viaje.

Se trabajó en un contexto donde existen diversas formas de transporte público (tren, subte, ómnibus, entre otros), con múltiples recorridos y combinaciones para llegar a un destino. Esto sumado a los eventuales cortes de rutas, que desvían el recorrido por defecto de los ómnibus. Para resolver la situación planteada, la aplicación usa tecnologías de geolocalización, internet y registros de usuario, para un servicio personalizado y responsive.

Implementación

Para el desarrollo del proyecto se investigó sobre programas actuales que abordan la problemática de la incertidumbre respecto al tiempo, costo y seguridad de llegar de un punto a otro en transporte público. Se partió de un contexto en el cual puede, tanto usarse como no el sistema SUBE. En caso de usarse, se tendrá plena funcionalidad de todos los beneficios de la aplicación.

Los medios de transporte, en especial los colectivos, cuentan con múltiples recorridos y combinaciones, lo cual hace imposible que el usuario los recuerde, además en caso de eventuales cortes de rutas o problemas de esa índole, que provocan que el colectivo deba cambiar su recorrido habitual, decidimos desarrollar una aplicación móvil que reúna todas los inconvenientes ya nombrados y brinde una solución para el usuario. Para resolver esto, la aplicación usa tecnologías de geolocalización, internet y registros de usuario, para un servicio personalizado.

El alcance general de la aplicación será en un comienzo para la provincia de Buenos Aires (Amba e interior de la provincia) con la posibilidad de expandirse en un futuro para integrar otras ciudades del país.

Ciclo de vida

Como marco teórico utilizamos el ciclo de vida Incremental, ya que nos permite entregar incrementos del sistema con mejoras que se descubren a medida que se prueba. Además, Ian Sommerville indica

que para aplicaciones móviles éste es el mejor ciclo de vida a utilizar.

El desarrollo evolutivo se basa en la idea de diseñar una implementación inicial y exponer ésta al comentario del usuario. Luego desarrollarla en sus diversas versiones hasta producir un sistema adecuado. Las actividades de especificación, desarrollo y validación están entrelazadas, con rápida retroalimentación a través de las actividades.

Comparado con otros modelos como el de cascada, el desarrollo incremental tiene tres beneficios importantes:

1. Se reduce el costo de adaptar los requerimientos cambiantes del cliente. La cantidad de análisis y la documentación que tiene que reelaborar es mucho menor de lo requerido con el modelo en cascada.
2. Es más sencillo obtener retroalimentación del cliente sobre el trabajo de desarrollo que se realizó. Los clientes pueden comentar las demostraciones del software y darse cuenta de cuánto se ha implementado. Los clientes encuentran difícil juzgar el avance a partir de documentos de diseño de software.
3. Es posible que sea más rápida la entrega e implementación de software útil al cliente, aun si no se ha incluido toda la funcionalidad. Los clientes tienen posibilidad de usar y ganar valor del software más temprano de lo que sería posible con un proceso en cascada.

Fases del diseño incremental.

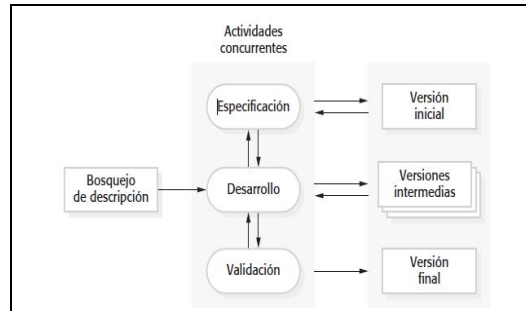


Figura 1: Funcionamiento del diseño incremental.

Problemáticas

Para abordar los problemas más recurrentes, se realizó un relevamiento de opiniones de usuario sobre qué cuestiones se podrían mejorar, en base a esos resultados tomamos los más recurrentes y a partir de ellos realizamos una encuesta, por medio de Google Encuestas (Ver gráfico 1), a cien usuarios que respondieron en una escala de 1 a 10 que nivel de importancia tienen estos problemas.

Se consultó sobre:

1. Cortes de Tránsito.
2. Tener la información de donde descender del transporte.
3. La elaboración del itinerario para llegar de un origen a un destino.
4. Obtener los puntos de recarga SUBE más cercanos.

Resultados de las encuestas.

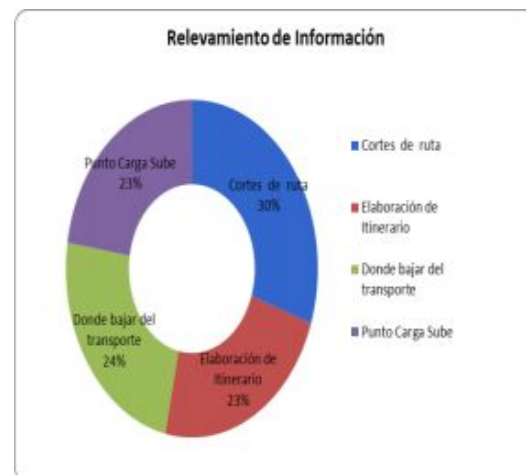


Gráfico 1: Gráfico de Relevamiento de Información a usuarios.

Se observa que los cortes de ruta tuvieron el 30% de puntuación, saber dónde bajar del transporte un 24% y elaboración de itinerario y punto de carga SUBE un 23%.

Se analizaron los resultados y se propuso encontrar una solución para cada inconveniente (en orden según promedio de nivel de importancia):

La aplicación crea una comunidad entre usuarios, que van informando sobre los cortes para beneficiar a otros clientes; estos informes se validan para evitar que sean falsos. Además, se capta información utilizando la tecnología machine learning que brindan diferentes medios de comunicación, otras aplicaciones o el estado a través de redes sociales.

Cuando se detecta un **corte de ruta**, se da aviso al usuario en base a sus estadísticas de uso, es decir, si es una ruta que comúnmente lo afectaría, se le informa y da otra opción de itinerario que, si bien puede ser más larga y más duradera, termina siendo más rápida ya que no tiene cortes en el camino. Si el corte sucede cuando el usuario ya está viajando, se le notifica y se le da otra opción para llegar a destino realizando una combinación.

A la hora de viajar, los entrevistados le dieron mucha importancia a saber **dónde bajar** y no pasarse en el recorrido. Para solucionar este dilema (y no tener que preguntarle al chofer en el caso de los colectivos) se puede activar una alarma que nos avise que es el momento de bajar utilizando geolocalización y teniendo en cuenta que debe avisarse con un cierto margen de tiempo.

En el caso de la **elaboración del itinerario**, el usuario informa el origen (puede ser leído desde la ubicación del dispositivo) y el destino, y la aplicación le busca alternativas para conectar ambos puntos. Las diferentes opciones, se basan según las preferencias de quien viaja.

Por último, la aplicación muestra en mapa todo el tiempo los **puntos de carga SUBE** más cercanos, para que en caso de quedarse sin saldo no suponga un gran problema. Además, se puede publicitar en el mapa locales o negocios que sean de interés del usuario.

Otras funciones de la aplicación:

- Informe de tarifa social y normal.
- Historial de viaje.
- Datos estadísticos (dinero gastado, viajes hechos, porcentaje de ahorro por Red Sube [1], km recorridos, entre otros).
- Cálculo de costo de viaje teniendo en cuenta la red Sube (si correspondiera).
- Cálculo estimado de tiempo de viaje en tiempo real.

La aplicación es totalmente intuitiva para que cualquier persona pueda utilizarla sin inconvenientes, además de contar con un manual de usuario con las explicaciones correspondientes.

Frames principales de la App móvil:

Primer Pantalla



Figura 1: Pantalla principal de la aplicación

Es la primer imagen que se encuentra el usuario. Puede iniciar sesión con cuentas ya creadas, registrarse en Viajapp o ingresar como invitado, lo cual será un ingreso limitado en funcionalidades ya que no poseerá características personalizadas.

Segunda pantalla

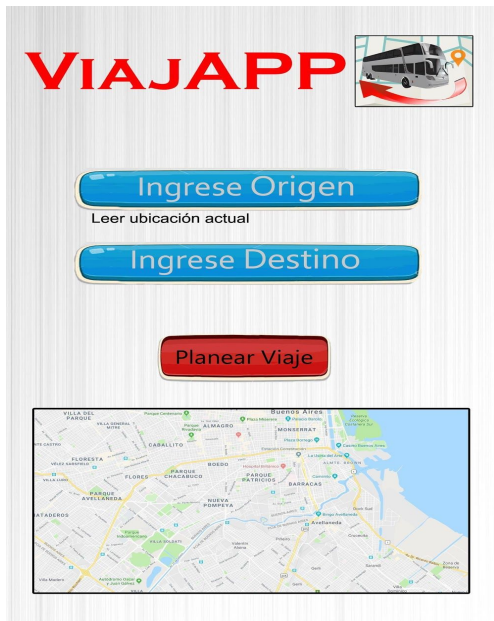


Figura 2: Ingreso de origen y destino

En este momento el usuario ingrese un origen y destino se elaborarán distintas opciones de mejores itinerarios.

Opción de viaje 1

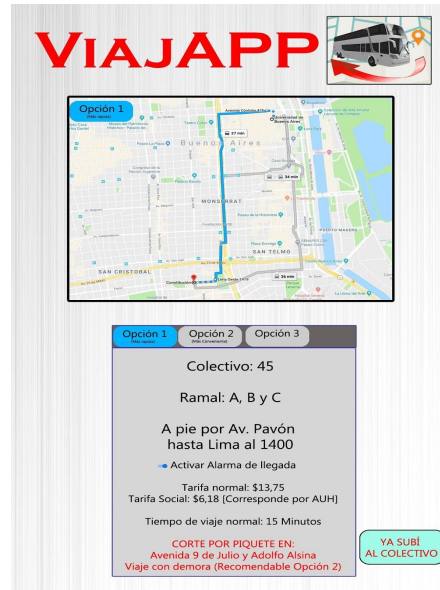


Figura 3: Distintas opciones de viaje y Opción 1 descrita

El sistema muestra las diferentes opciones de viaje separadas por pestañas. Se le informa al usuario que transporte tomar, donde tomarlo, si quiere activar alarma de llegada, el costo y tiempo de viaje y si existe un corte de tránsito.

Opción de viaje 2

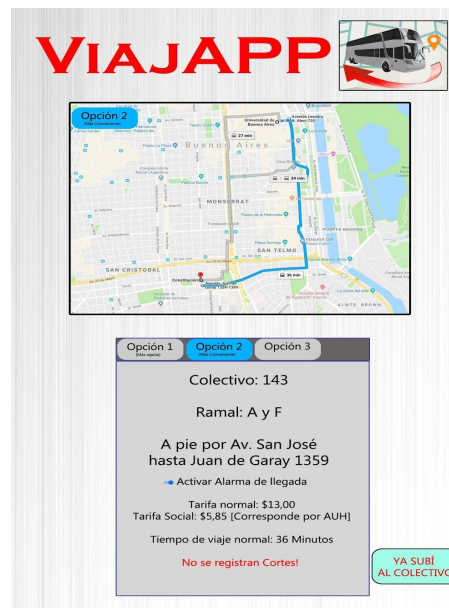


Figura 4: Opción 1

Esta otra opción, si bien es más duradera, conviene ya que la app informa que no hay cortes y posiblemente demoraría menos en llegar a destino.

Viaje en tiempo real

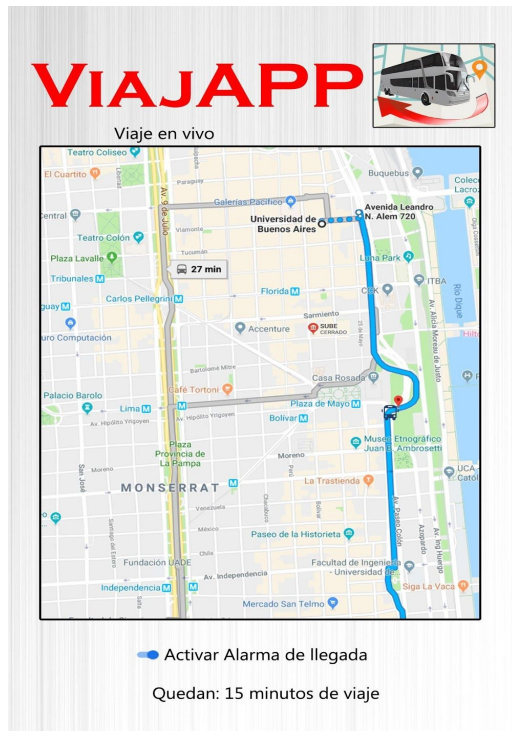


Figura 4: Viaje en curso

Ya en viaje, se muestra en el mapa en tiempo real la ubicación del usuario y avisa el tiempo estimado que falta para llegar a destino. En esta sección también se puede informar cortes.

Requisitos de uso

El sistema es desarrollado para usar en dispositivos móviles que cuenten con conexión a internet. Los recorridos se muestran en un mapa obtenido de Google Maps, ya que éste es reconocido por miles de usuarios. Se utilizan los servicios de GIS [2], tales como documentación, base de datos, información en tiempo real de acontecimientos, etc.

El usuario avisará cada vez que se suba al transporte en caso de querer recibir avisos personalizados y estadísticas de uso. Esta opción también sirve para contabilizar el tiempo y si corresponde el beneficio de la RED SUBE.

Especificaciones

La aplicación necesita que el usuario otorgue permisos de ubicación, notificación y configuración. Los datos privados del usuario, como viajes y beneficios, son encriptados.

Trabajos Relacionados

Luego de realizar un relevamiento, descubrimos que existen aplicaciones que abordan el problema, pero no terminan de contemplar todos los aspectos en forma conjunta.

Aplicaciones que resuelven la problemática pero sin lograr la integración completa:

- Movi - Rosario. Permite ver cuando llegan los buses, puntos de recarga y cortes solo para la ciudad de Rosario. Algunos comentarios hacen notar que la aplicación suele ser bastante lenta a la hora de utilizarla.
- Google Maps. Permite ver los recorridos de los buses pero no indica en tiempo real cuando hay cortes de calles ni puntos de recarga de Subte.
- BA Cómo Llego. Muy buena aplicación que resuelve mucho de los problemas descritos por nosotros pero solo para la Ciudad de Buenos Aires
- Moovit. Aplicación global para el transporte público aunque no logra una unificación completa de acuerdo a los problemas de nuestro país.

Nuestro sistema, se diferencia ya que adquiere todas las funciones ya

mencionadas en una sola aplicación, y no obliga al usuario a tener que instalar varias aplicaciones.

Conclusión y Trabajos Futuros

Se considera que no existen limitaciones porque la aplicación logra fusionar las diferentes soluciones a problemáticas presentes a la hora de utilizar el servicio de transporte público otorgadas por distintas aplicaciones en una sola.

Consigue simplificar a los usuarios la tarea de llegar a un determinado destino por medio de transportes públicos, brindándoles soluciones a los diferentes obstáculos que se le pudieran presentar en el camino en tiempo real.

Junto con estos beneficios también está el fácil uso de la aplicación para todo tipo de usuarios, siendo el manejo de la misma, con las diferentes opciones que esta ofrece, muy simple e intuitiva.

En un futuro, se expandirá la aplicación a todo el país, incluyendo necesidades de los usuarios de cada ciudad.

En definitiva, se les ofrece la información necesaria a los usuarios de transportes públicos para que estos puedan llevar a cabo un viaje más satisfactorio y agradable.

Agradecimientos Agradecemos a la universidad por las herramientas dadas y los docentes Sergio Conde y Martín Morales por la ayuda brindada.

Referencias.

[1] Red S.U.B.E: Es la red del Sistema único de Boleto Electrónico que permite pagar menos en caso de hacer combinaciones en un tiempo inferior a 2 horas.

[2] GIS: Sistemas de información geográfica.

Bibliografía

SOMMERVILLE IAN, (2011), “Ingeniería de Software”. Edición 9na. PEARSON EDUCACIÓN, México.

PRESSMAN ROGER, (2010), “Ingeniería del Software, Un Enfoque Práctico”. Edición 7ma. MC GRAW HILL, México.

JEFF FRIESEN, (2011), “Java Para Desarrollo Android”, ANAYA MULTIMEDIA.

EDUCHAIN

Gomez, Jonathan Adrian

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Trenque Lauquen, Argentina

Abstract

Aplicar tecnología en distintos ámbitos de la sociedad es moneda corriente en la actualidad; una de las nuevas tecnologías con mayor auge es la de Blockchain, que se basa en transacciones de datos entre distintos actores, generando confianza y seguridad en los mismos; y son condiciones necesarias para cuando dichos datos son tan relevantes como los educativos.

Los registros académicos de las personas son documentos importantes no solo para sí mismas, sino también para empresas e instituciones que requieren captar perfiles basados en esta información; y manipularlos de manera adecuada utilizando la tecnología Blockchain significaría un notable avance a la hora de brindar oportunidades tanto educativas como laborales.

Brindar estos antecedentes solo es posible si la información se encuentra blindada generando la confianza necesaria al asegurar que los datos no han sido manipulados de manera indebida: Aquí es donde Blockchain puede aplicar sus recursos.

Esta propuesta se centra en la manipulación, resguardo y acceso de los certificados aprobados por las distintas instituciones, los cuales serán los activos principales de transferencia del Blockchain.

La generación de estos registros se presenta en carteras de certificados, wallets, tanto individuales como institucionales, bajo un sistema dinámico, en tiempo real, democrático y seguro.

Palabras Clave

Blockchain, cadena de bloques, educación, certificados, historia académica, institución educativa.

Introducción

La documentación de los registros académicos se encuentra distribuida en todas las instituciones a las que se vinculan las personas. Acceder a certificados que validen desempeños, actualmente requiere de un alto grado de burocracia. Cada entidad otorgante resguarda en forma centralizada la documentación correspondiente a cada actuación.

Por un lado, la documentación en papel se puede perder con el pasar de los años, y las copias digitales pueden dañarse o simplemente desaparecer. [1]

Gestionar y archivar todo el historial académico de una persona es una tarea compleja y que no genera confianza debido a la permeabilidad a su indebida manipulación y falsificación. [1]

Esta desconfianza no solo proviene de la falta de información o la mala toma del dato, sino también de la adulteración de dicha información a favor de ciertas circunstancias. Lo que resulta casi imposible poder compartir estos datos entre las distintas instituciones y así nutrirse de esta interconexión.

No contar con información fiable provoca que muchos talentos escapen a las distintas oportunidades de crecimiento, dejando fuera del sistema educativo de “calidad” a muchas personas capaces de aportar sus capacidades a la sociedad.

Como varios autores mencionan [2] [3] [4], la educación podría verse beneficiada en estos aspectos gracias a la tecnología de blockchain utilizada en la criptomoneda (bitcoin) ya que sus principios que garantizan transacciones financieras, pueden garantizar la confianza de cualquier transferencia de valor social o económico, sin necesidad de una estructura central (escuela, universidad, empresa o portal) que actúe como “tercero” en la verificación y validación de las transacciones. [5]

A partir del análisis de una serie de estudios realizados en diversas universidades europeas y el Centro Común de Investigación (CCI) del servicio científico interno de la Comisión Europea, el informe confirma que la relación de blockchain con la educación se encuentra en una fase embrionaria, al tiempo que ofrece una serie

de recomendaciones para favorecer el desarrollo de esta tecnología. [2]

Nos encontramos con una plataforma igualitaria en donde cada cual puede ser dueño de su identidad y de sus datos personales. [6]

Llamamos blockchain a una base de datos, descentralizada, distribuida, democrática y consensuada, que registra todas las transacciones que se realizan en ella.

El concepto “descentralizada”, elimina la necesidad de una entidad central de confianza que tenga poder sobre la base de datos, sino que todos en la red son iguales.

Cuando hablamos de “distribuida”, cada involucrado en la red posee una copia de la base de datos actualizada.

Es una tecnología “consensuada” ya que existe un consenso generalizado, marcado por unas reglas claras, sobre qué transacciones son válidas y cuál es el estado actual de la base de datos. [7]

Este tipo de tecnología se basa en la confianza y la privacidad con la que se mueven sus transacciones, y en un ambiente en donde la información es clave, ya sea registros de estudiantes o títulos otorgados, contar con un sistema de este tipo daría seguridad y credibilidad en estas cuestiones.

La seguridad brindada por este sistema depende de una combinación de incentivos económicos y verificación criptográfica, asignada al llamado Minero (Minner). [7]

Blockchain otorga a cada bloque, que contiene la información, una cierta lógica matemática que solo alguien con el poder computacional requerido puede descifrar. A su vez, actúa un validador sobre la información, es decir, existe alguien que valida nuestros certificados para poder actualizar las bases de datos, llamamos Nodos (Node) a quien realiza esta tarea.

Otro punto clave es la inmutabilidad de la información, este tipo de tecnología no permite modificar la información una vez que entra al sistema, lo que tiene potenciales aplicaciones en cuanto a la capacidad de garantizar los certificados, incluso si una institución dejara de funcionar. [2]

La democratización basada en la colaboración es otro de los aspectos favorables del blockchain, el acceso público de este tipo de información permitiría nutrir de conocimiento a todas las instituciones involucradas en el sistema. El termino burocracia desaparece haciendo más fácil el acceso a los datos. Para ello necesitamos que los involucrados posean una cartera de registros que puedan presentar al público, a las que denominamos Wallets, en donde además podrán gestionar dichos registros. [8]

La obtención de los certificados también puede estar bajo la tecnología blockchain, al utilizar herramientas que garanticen que las personas cumplan una serie de condiciones para obtener dicho certificado, una de ellas se denomina Smart Contract, donde a través de contratos inteligentes se pueden elaborar pautas que digitalmente pueden validarse.

Buscamos poder producir una trazabilidad entre todas las instituciones y los datos académicos de las personas para generar nueva información estadística que deje entrever distintas posibilidades a ambas partes.

Desarrollo

Tanto los actores encargados de emitir certificados (activo de transacción) como institutos de capacitación, colegios, universidades, etc., como las personas solicitantes deberán estar habilitado por el Ministerio de Educación a través de la entrega de permisos o claves (Keys), que utilizaran para firmar cada una de dichas transacciones (claves privadas) y para que los demás involucrados en el sistema puedan hacer referencia (clave pública) en posibles consultas de información.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información



Figura 1 – Entrega de permisos y claves

A su vez, los certificados se van a emitir solo si las partes, persona-institución, cumplen con un contrato previamente pactado (Smart Contract), en donde se detallará una serie de pautas a seguir por cada persona para obtener un certificado.

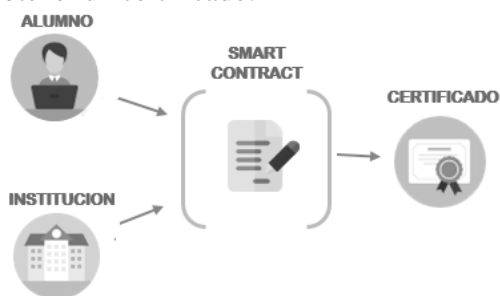


Figura 2 – Smart Contract

Si bien el Ministerio únicamente entrega las claves, también puede consultar información de todos los certificados entregados por las Instituciones. Esta misma función también estará disponible para todos los entes educativos.

Cada persona podrá tener su cartera de certificados obtenidos y cada institución de los certificados que entrego (Wallet), permitiendo democratizar la información, haciéndola abierta al público involucrado en la red. Así, cada entidad podrá consultar distinta información relacionada a los certificados, tanto particulares como en su totalidad.



Figura 3 - Wallets

Cada institución en la red tendrá la responsabilidad de validar la entrega de certificados de las demás valiéndose de los datos almacenados en sus bases (Nodos). Los registro de todo el sistema se encuentra replicados en todos las bases de datos de los nodos, haciendo que para poder aceptar una transacción, más de la mitad de los nodos deberán avalar su calidad. La confianza en los datos aumenta, ya que para poder modificar los datos de un registro, habría que realizar esta acción en más de la mitad de las replicadas de la base de datos.

Dicha base de datos también se encontrará mantenida en el Ministerio de Educación o ente principal del sector.

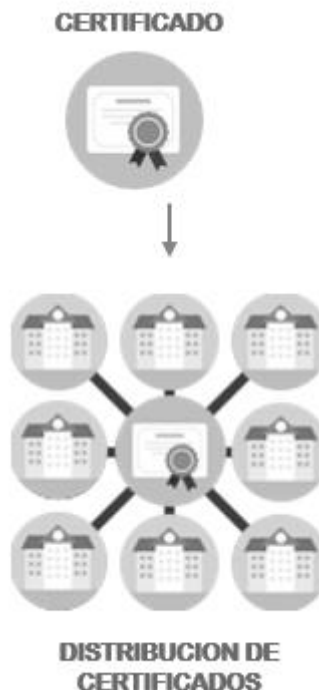


Figura 4 – Distribución de Certificados para validación

Una vez validada la entrega del certificado, éste pasara a ser parte de la cadena de bloques del Blockchain, actualizando las bases de datos de todos los actores.



Figura 5 – Aceptación de certificados para la cadena de bloques

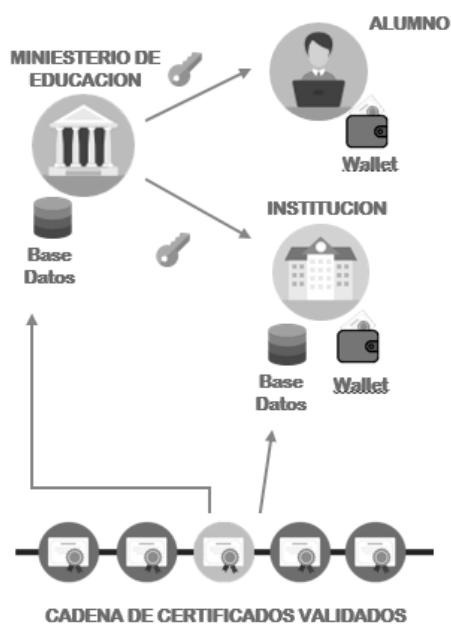


Figura 6 – Actualización de las bases de datos

Las empresas podrán acceder a los datos a través de las instituciones haciendo referencia a sus Wallets, permitiendo realizar alianzas entre las mismas y generando información que ayude a mejorar la calidad de enseñanza o el perfil profesional de las personas.

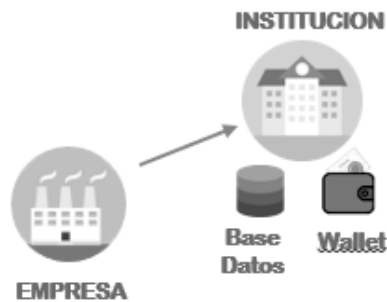


Figura 7 – Vínculo ente empresa e institución

La descripción técnica de los pasos para ejecutar la red se basan en el planteo formulado por Satoshi Nakamoto en el primer documento escrito sobre Blockchain. [9]

Conclusión y Trabajos Futuros

Este trabajo refleja de manera conceptual y teórica una posible aplicación de la tecnología Blockchain en el sistema educativo, dejando de lado los aspectos técnicos que harían referencia a la programación de este tipo de arquitectura. Poder contar con una base de datos que refleje las historias académicas de las personas, que sea descentralizada, democrática, segura y confiable, permitiría captar talentos que de otra forma serían difíciles de encontrar, no solo por la falta de información derivada de las malas gestiones de los datos, sino también por las distancias socio-culturales que existen en la actualidad. Al día de hoy, personas talentosas quedan fuera del sistema al no estar visibles para distintas instituciones o empresas cuando tienen la necesidad de encontrar ciertos perfiles, y esto se debe a que los datos de dichas personas no se encuentran al alcance de estas entidades en el momento justo.

Esta trazabilidad de información beneficiaría a todas las partes involucradas en el sistema, permitiendo que los establecimientos educativos capten a los mejores prospectos que se adecuen a sus objetivos; y los mismo ocurre desde el lado de las persona, quienes podrían tener a su disposición distintas alternativas educativas que puedan satisfacer sus necesidades o

simplemente acercarlos de una manera más rápida al cumplimiento de sus metas.

En cuanto a las empresas, permitiría la colaboración con las distintas instituciones educativas en la red teniendo acceso a los datos de posibles candidatos a distintos puestos de trabajo, mientras que las instituciones pueden modificar el perfil de sus estudiantes basándose en las necesidades del mercado.

Gracias a esta nueva tecnología, los datos de las personas permiten dar valor a éstas, haciéndolas el principal activo de la red, distribuyendo sus logros y aptitudes de manera pública, permitiendo dar un salto tecnológico y social.

Es importante participar del movimiento blockchain, pues solo así podremos situarnos a la altura de los principales núcleos de innovación del mundo, quienes ya se han posicionado de forma muy activa en el internet del valor. [10]

Las posibilidades son infinitas siempre apuntando en generar un crecimiento tanto educativo, empresarial y sobretodo social, eliminando brechas a través de la educación.

Referencias

- [1] kibernum.com, «www.kibernum.com,» 6 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.kibernum.com/noticias/las-instituciones-educativas-pueden-usar-la-blockchain-registros/>.
- [2] M. Villasante, «www.efeescuela.es,» 7 Febrero 2018. [En línea]. Available: <http://www.efeescuela.es/noticias/las-ventajas-del-blockchain-sector-educativo/>.
- [3] C. B. T. L. C. Q. J. A. S. Antonio Ramón Bartolomé Pina, «www.edutec.es,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/915>.
- [4] universia.cl, «www.universia.cl,» 15 Enero 2018. [En línea]. Available: <http://noticias.universia.cl/educacion/noticia/2018/01/15/1157445/beneficios-blockchain-educacion.html>.
- [5] J. Cabrera, «cabreramc.com,» 6 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://blog.cabreramc.com/2017/09/06/blockchain-como-modelo-de-confianza-para-la-educacion-abierta/>.
- [6] A. T. Don Tapscott, La revolución blockchain ISBN 9788423427154, Deusto , 2017.
- [7] oroyfinanzas.com, «www.royfinanzas.com,» 15 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://www.royfinanzas.com/2015/10/diferencias-cadenas-bloques-blockchain-publicas-privadas/>.
- [8] abancainnova.com, «www.abancainnova.com,» 5 Octubre 2017. [En línea]. Available: <http://abancainnova.com/opinion/que-es-una-wallet-de-bitcoin/>.
- [9] S. Nakamoto, «Bitcoin: un sistema de dinero en efectivo electrónico,» 2008.
- [10] A. Preukschat, Blockchain: La revolución industrial de Internet ISBN 9788498754476, Gestión 2000, 2017.

Datos de Contacto:

Jonathan Adrian Gomez. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Trenque Lauquen. Racedo 298. gomez.jonathan.06@gmail.com.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

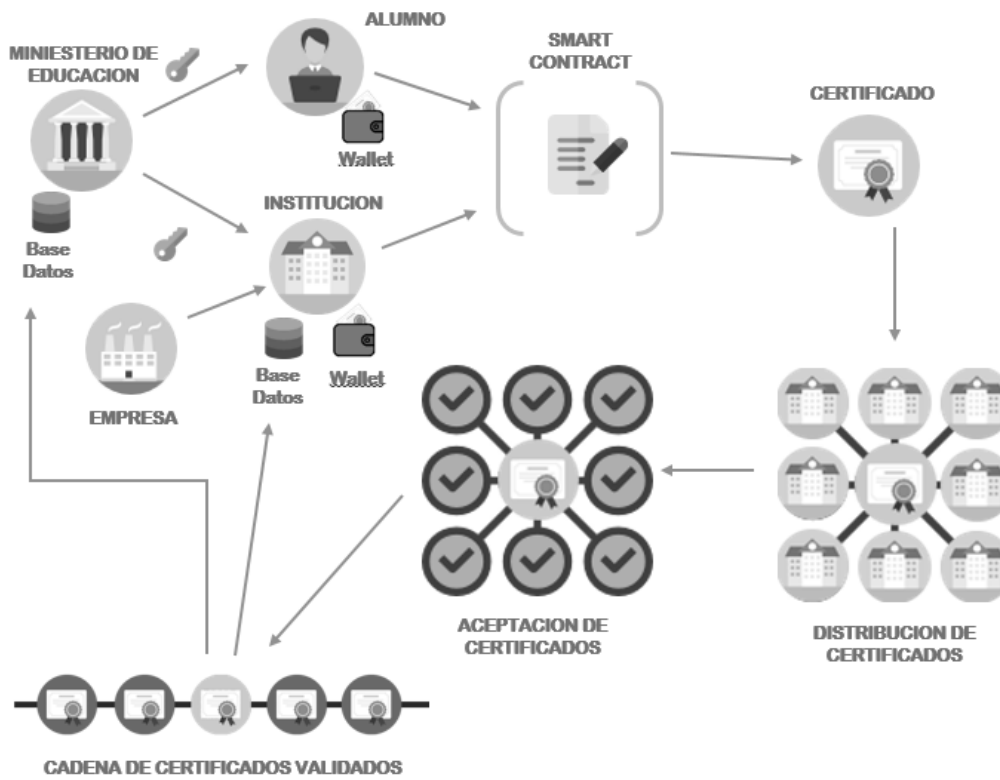


Figura 8 – Esquema General del Proceso

Análisis de flujos de público

Bermúdez Fernando, Degano Dante, Fernández Jose Luis, Kaplan Ezequiel, Lisachi Luciano, Marchetto Pablo, Martínez Silvia Regina, Scrimaglia Edgardo

UTN, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Proponemos una solución de análisis de flujo de personas mediante geolocalización dentro de edificios y estructuras tales como comercios con el fin de recolectar estadísticas de comportamiento de los potenciales clientes dentro de estos edificios. Daremos los detalles técnicos de la propuesta, así como las tecnologías necesarias, sus ventajas y por qué utilizarlas en este contexto.

Palabras clave

Geolocalización, indoor, tracking, patrones, flujo.

1. Introducción

En los últimos años, se ha registrado una disminución muy importante de las ventas en negocios (brick-and-mortar [1]) respecto de las ventas on-line. Una de las razones fundamentales de este comportamiento de los consumidores, es la información que los sistemas de ventas on-line disponen de los mismos y utilizan para orientar sus estrategias.

La propuesta es, utilizando distintas tecnologías, generar el mismo tipo de información sobre los consumidores, para que las empresas del área de retail o comercios, puedan reorganizar sus estrategias y campañas.

La tecnología que se utiliza es infraestructura de wifi actualmente disponible y diseñada para tal fin (normas 802.11ac [2], 802.11n [3] y BLE [4]), que permite, bajo un sistema de software específicamente construido, obtener datos relacionados con la ubicación, flujo de movimiento y tipificación de personas u objetos, identificados con dispositivos wifi y bluetooth, tales como Smartphones y beacons [5]. Algoritmos relacionados con la triangulación de señal, niveles de RSSI

(potencia de señal), geoposicionamiento y desplazamiento X-Y, permiten obtener tales referencias.

De esta forma se puede determinar, por ejemplo, si una persona pasó por tal lugar, si entró a un comercio o zona determinada, cuánto tiempo permaneció, si volvió a la zona, cuándo entró o regresó.

Complementariamente, la misma solución se puede utilizar para lo que se denomina localización de activos (assets tracking [6]). De esta manera se puede saber si un dispositivo o equipamiento de importancia, al que se le adhiere un beacon bluetooth, se mueve de un lugar a otro, activar alarmas cuando sale de determinada zona (geo fence [7]), entre otras aplicaciones.

La propuesta está orientada a empresas de retail, centros comerciales, galerías; así como cualquier otro tipo de comercio.

2. Desarrollo

2.1 Presentación.

Debido a la rápida y masiva adopción de dispositivos móviles, basados en estándares de WIFI y Bluetooth, es posible utilizar datos inherentes a dichas tecnologías (nativos o presentes de forma natural) y generar información acerca de patrones de movimientos y ubicación de las personas en un entorno cerrado.

Para las empresas o comercios en general, esto puede significar una forma de igualar o emparejar la enorme ventaja que han tenido por años, los sistemas de ventas on-line, vía la información que estos producen a través

de los métodos llamados click-through conversion rates [8], que no son otra cosa que analytics o informes producidos por los mismos sistemas, a medida que el usuario navega en dichos sistemas (opciones que selecciona, perfiles de usuarios, fechas y tiempos de navegación, etc.).

La información obtenida es presentada a los usuarios, en forma de estadísticas, gráficos y reportes en general, los cuales permiten diseñar o rediseñar estrategias comerciales.

2.2 Idea propuesta.

Existen dos modalidades o tecnologías bien conocidas y desarrolladas para localizar un dispositivo: GPS [9] y triangulación a través de las antenas de celulares.

El factor común que conecta ambas modalidades es que la infraestructura utilizada para la localización es propiedad del proveedor de servicio. No es habitual y en muchos casos no viable, conectarse con esta infraestructura para crear servicios innovadores y de valor agregado, que no sean los relacionados estrictamente con los servicios de telefonía celular.

Adicionalmente, la localización por GPS funciona deficientemente en ambientes cerrados o indoor y la triangulación a través de antenas de celulares, solo funciona para celulares correspondientes a la misma empresa propietaria de las antenas.

Por estos motivos, funcionamiento y generalización del servicio, es que se elige desarrollar la solución utilizando tecnología WIFI mencionada en el punto 2.3.1.

Aunque, como se mencionó en dicho punto, esta tecnología es estándar y altamente utilizada, no conocemos hasta el momento, de la existencia de una solución similar en el mercado. Si existen soluciones de “Localización”, pero como se mencionó anteriormente, la idea propuesta no resolver localización, sino de generación de información sobre “datos de localización y

patrones de movimientos de público en zonas o áreas específicas”

Se propone construir una solución indoor [10], compuesta por hardware y software, que permita obtener información de presencia y flujos de movimientos, en determinadas áreas dentro de edificios.

La infraestructura o equipamiento necesario para el desarrollo de dicha solución, está compuesta por los siguientes elementos:

- Tecnología WIFI, normas 802.11 ac/n/g.
- Dispositivos finales móviles (Smartphone o tablets).
- Dispositivos bluetooth llamados beacons.
- Software o Aplicación.

El objetivo inicial la propuesta es, utilizar características inherentes de las tecnologías llamadas “móviles”, específicamente WIFI 802.11ac/n/g, para generar información sobre presencia y patrones de movilidad de las personas.

Los usuarios podrían saber, por ejemplo:

- Cantidad de “personas” que circularon por tal zona.
- Cantidad de personas que regresaron a tal zona
- Cantidad de personas que permanecieron en una zona por tanto tiempo.
- Zonas de mayor circulación de personas.
- Zonas por donde no circulan las personas
- Horarios de mayor y menor circulación.
- Cantidad de personas que se conectan a una red WIFI
- Dirección de correo de las personas que se conectan a una red WIFI
- Preferencia de compras o productos.

A partir de estas estadísticas o “encuestas realizadas por la solución”, las organizaciones pueden crear y/o modificar planes de MKT y planes de negocio focalizados.

2.2.1 Tecnología WIFI 802.11 ac/n/g

El equipamiento que conforma dicha tecnología, este compuesto por Access Points, Antenas externas y dispositivos finales.

Los Access Points o APs, son dispositivos largamente conocidos y utilizados en la actualidad, pero que contienen determinadas características que los diferencian:

Múltiples instancias de radio: Los APs existentes disponen de diferentes configuraciones: simple o múltiples instancias de radio. Un AP con una sola instancia de radio, deberá realizar las tareas de transmisión, recepción y detección con su única instancia, ofreciendo una limitada performance a la ejecución de estas. Por el contrario, los APs que disponen de múltiples instancias, pueden asociar cada una de ellas a tareas diferentes, por ejemplo: dos instancias de radio para la transmisión/recepción, otra para la detección de dispositivos WIFI en el rango de influencia y una cuarta para la interconexión con otros APs y gestión. El equipamiento necesario debe contener al menos tres instancias (transmisión/recepción y detección).

Antenas externas: Las antenas se pueden utilizar en ocasiones, para extender el radio de cobertura de un AP.

Adhesión a las normas 802.11 ac/n/g: Los APs necesarios deben soportar las tres normas mencionadas. En la actualidad, existen una variedad de equipos que soportan alguna (equipos hogareños) o varias normas (equipos de uso comercial o industrial). La variedad de normas soportadas asegura la universalidad del servicio, no dependiendo del tipo de norma que utilicen los dispositivos móviles.

Adhesión a la norma Bluetooth Low Energy (BLE): BLE es una optimización de la

tecnología de comunicación bluetooth existente, cuya funcionalidad está orientada a optimizar el consumo de energía de los dispositivos que la implementen (Smartphone o beacons) y de esta manera, permitir mayor autonomía de batería en los mismos.

2.2.2 Dispositivos finales móviles (Smartphone o tablets).

Los dispositivos finales móviles que utiliza la solución son simplemente los que se comercializan en la actualidad. Las estadísticas de adopción indican que hay un promedio de dos celulares por persona. Esto garantiza la universalidad o masividad de la solución. Los dispositivos móviles actuales, adhieren o soportan las normas 802.11x antes mencionadas.

2.2.3 Dispositivos bluetooth (beacons)

Un dispositivo bluetooth o beacon, es un elemento de hardware, de pequeño factor de forma o tamaño, con alimentación propia o batería que emite de manera constante una señal bluetooth en todas las direcciones llamada ibeacon, para que pueda ser detectado. Un AP con la funcionalidad BLE antes mencionada, es capaz de detectar y reportar un dispositivo de esta naturaleza.

2.2.4 Software o aplicación.

Es la parte central de la solución. Representa el diferencial de esta, dado que el Hardware que se utiliza, está disponible comercialmente y es de uso común. La aplicación es la que recoge los datos disponibles en la infraestructura mencionada en el punto 2.3.1, los prepara y presenta al usuario, en forma de gráficos o estadísticas (Analytics). Este funcionamiento se puede ver en la figura 1. La aplicación contiene los siguientes módulos de software:

Base de Datos.

La aplicación utilizará un motor de base de datos llamado MySQL. Los datos recopilados desde la Infraestructura son almacenados y gestionados por MySQL.

Back End.

Es la parte de la aplicación que interactúa con MySQL, la infraestructura y el Front End. Este módulo se construirá en C++, framework QT versión 5.10.

Las tareas centrales del Back End son:

- Leer y recibir, de forma periódica, datos de la infraestructura y entregarlos a MySQL y al Front End para su gestión.
- Ejecutar comandos de integración con el módulo Connected Mobile Experience (CMX) [11], “el Front End

Front End.

El módulo de Front End es la interface de usuario de la aplicación. Se utilizará para esto, un software de tercero llamado Connected Mobile Experience [12] (CMX). A través de la integración con el Back End, las tareas centrales del Front End son las siguientes:

- Establecer parámetros de funcionamiento o “setting” de la aplicación.
- Estadísticas o Analytics: requerir datos a MySQL y generar distintos tipos de estadísticas.
- Reportes: requerir datos a MySQL y generar diferentes tipos de reportes.
- Gráficos: requerir datos a MySQL y generar distintos tipos de gráficos.

Gestión de la infraestructura.

El management de la infraestructura se realiza a través de la aplicación web llamada Meraki Cloud. Esta interface web, es una aplicación web, que permite la configuración, operación y monitoreo de la infraestructura mencionada en el punto 2.3.1.

2.3 Funcionamiento de la idea.

2.3.1 Infraestructura.

2.3.1.1 Algoritmo de Detección.

Cuando un usuario/persona/activo, portando un Smartphone o un beacon, se acerca a las zonas de cobertura de los Access Points, estos registrarán su presencia según una de las dos formas explicadas en el punto 3.3.1 Tecnología WIFI, normas 802.11 ac/n/g:

- Recepción de señal WIFI 802.11x.

Todos los dispositivos que implementan las normas WIFI 802.11 ac/n/g, intercambian tramas de radio frecuencia llamadas Probe Request [13]. Los Smartphone, envían estas tramas en intervalos dependiendo de su estado:

- Asleep o screen off: una vez cada 60 segundos.
- StandBy o screen on: 10-15 cada 60 segundos.
- Associated (conectado a una red WIFI): depende del fabricante, en algunos casos, es necesario que el usuario cambie de red manualmente.
- Esta señal es recibida por los Access Point con un nivel de señal determinado denominado RSSI [14] (Received Signal Strength Indicator) cuya unidad de medida es el decibel o dbm.

- Recepción de señal Bluetooth BLE.

Los dispositivos o activos portando un beacon transmiten periódicamente, una señal Bluetooth BLE en todas las direcciones, para que puedan ser detectados. Los Access Point detectarán esta señal, también con un nivel de potencia determinado RSSI.

En ambos casos, los Access Point almacenarán esta información de detección y la transmitirán periódicamente al Back End.

Atributo	Descripción
apMac	MAC address del Access Point
apTags	Array JSON de Tags asociados al Access Point (AP)
apFloors	Array JSON de todos los pisos donde aparece el AP
clientMac	MAC del Smartphone o beacon
ipv4	Dirección IPv4 del Smartphone
ipv6	Dirección IPv6 del Smartphone
seenTime	Tiempo de vista del AP, formato "1970-01-01T00:00:00Z"
ssid	SSID [15] del Smartphone, null si el AP no está conectado
rssi	RSSI con que es visto el Smartphone por el AP
manufacturer	Fabricante del Smartphone;
os	Sistema Operativo del Smartphone;
location	GeoLocalización del Smartphone;
lat	Latitud del Smartphone en grados
lng	Longitud del Smartphone en grados
x	Array JSON desplazamiento en metros del Smartphone
y	Array JSON desplazamiento en metros del Smartphone

Tabla 1: Registro de valores transmitidos desde los Access Point hacia el Back End



Figura 1

2.3.2 Software de Aplicación.

2.3.2.1 Localización.

La información almacenada en los Access Points durante la etapa de detección, es transmitida al Back end y, por lo tanto, almacenada en la Base de Datos. Desde allí

es leída por el Front End o Connected Mobile Experience (CMX), procesada para establecer una posición y representada en un plano, previamente integrado al CMX.

- Algoritmo de Localización.

Para establecer la posición X, Y de un dispositivo detectado, el algoritmo de localización ejecuta las siguientes tareas:

- Cada Access Point existente, es ubicado con un click, en el plano existente en el Connected Mobile Experience (CMX). Se establece de esta forma, una posición X, Y del Access Point, con referencia a las coordenadas 0,0 del plano (representadas en la esquina superior izquierda).
- La información de detección generada en los Access Points, es extraída por el Back-End cada 15 segundos y almacenada en la Base de Datos. Al mismo tiempo, la información es transferida por el Back-End al Connected Mobile Experience (CMX).
- El CMX, toma los valores (detallados en Tabla 1) que transmitió el Back-End: apMac (AP MacAddress), clientMac (Smartphone MacAddress) y rssi (nivel de RSSI) del Smartphone o beacon detectado, el algoritmo ejecuta una operación de triangulación y establece una posición X, Y del dispositivo, con referencia a las coordenadas 0,0 del plano (representadas en la esquina superior izquierda).
- Representa dinámicamente la posición X, Y en el plano con un punto.

2.3.2.2 Analytics.

Luego de que un Smartphone o dispositivo final haya sido detectado y representado gráficamente en un plano, el CMX o Connected Mobile Experience ejecuta otro algoritmo llamado Algoritmo de Conversión. Este algoritmo realiza una serie de operaciones estadísticas para determinar o clasificar al Smartphone o beacon detectado.

- Algoritmo de Conversión.
 - El objetivo del algoritmo es establecer un valor denominado “Conversion Rate”.
 - Este valor establece la proporción de dispositivos que pasan por una zona, respecto de los dispositivos que ingresan a un local de esa zona.
 - Analizando el nivel de señal RSSI y el tiempo de permanencia a un nivel de señal RSSI determinado, el algoritmo clasifica al dispositivo según las siguientes categorías: (Proximidad)
 - Visitante: dispositivos que pasan por una zona
 - Pasajero: dispositivos que ingresan a un local
 - Fidelidad (Visitantes Repetidos):
 - Si un dispositivo es visto 4 veces en un mes, es clasificado como Visitante Semanal.
 - Si es visto 5 veces o más en un período de 8 días, es considerado un Visitante Diario.
 - Si no es ninguno de los dos casos anteriores, es considerado Ocasional.
 - Si es visto por primera vez, es considerado First Time
 - Conectado: dispositivo que se conecta o asocia a una red WIFI, luego de pasar por un portal de conexión (portal captivo). Este es el momento donde se conocen datos de la persona usuaria del dispositivo conectado, generalmente la dirección email.
 - Según el nivel de señal RSSI: cuando un dispositivo o Smartphone es detectado con un nivel señal RSSI de 15 dbm [16] o mayor, se produce un Engagement y el dispositivo es considerado un Pasajero.
 - Según el tiempo de permanencia a un nivel de RSSI: cuando un Smartphone Pasajero permanece al menos 5 minutos (continuos o discontinuos) en un intervalo de tiempo de 20 minutos, es considerado un Visitante.
- De esta forma, el algoritmo de conversión permite saber si un dispositivo es Pasajero, Visitante, la Fidelidad y la ratio de conversión de Pasajeros a Visitantes. Esta

información es central para que un local comercial pueda redefinir sus estrategias de negocio en función del flujo o patrón de movimiento de personas. Este funcionamiento se puede apreciar en la figura dos.

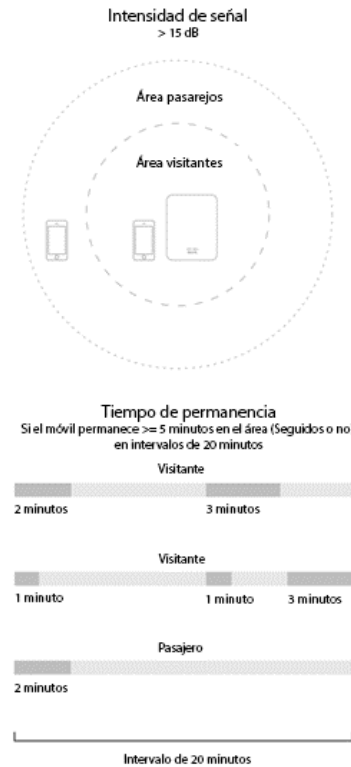


Figura 2

2.3.2.3 Presentación de datos, Estadísticas.

Los datos obtenidos y procesados por los algoritmos descriptos (Analytics), permiten representar las siguientes estadísticas según los algoritmos de localización y conversión:

- Estadísticas de proximidad: representan la cantidad de Smartphones o beacons (dispositivos finales) que pasaron o estuvieron en la zona de cobertura de los Access Points.
- Estadísticas de Engagement: representan la cantidad de dispositivos detectados durante un intervalo de tiempo, y con un nivel de señal RSSI de 15 dbm o mayor.

- Estadísticas de Fidelidad: representan el tipo de visitante en función de los tiempos de permanencia o de repetición de las visitas (punto 3.3.3.2).
- Estadísticas de Conectado: representan la cantidad de dispositivos que se conectan a las distintas redes WIFI, y datos de las personas conectadas.

3. Plan de trabajo

Para la realización del proyecto o idea propuesta, confeccionaremos un plan de trabajo dividido en cuatro etapas.

Etapa	Tareas
Relevamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de aplicación de la solución. • Zona de cobertura de los Access Points. • Lugar físico de instalación de los Access Points. • Lugar de instalación de los servidores donde se instalará la solución.
Diseño y desarrollo	Interfaz con la Infraestructura Desarrollo del software (Back-End) para conectarse con los Access Points y extraer la información según Tabla 1
	Conexión con el Front-End (CMX) y la Base de Datos Desarrollo del software para almacenar la información del Back End en la base de datos
Testing	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas del Back-end, módulo de Interfaz con la Infraestructura • Pruebas del Back-end, módulo de Conexión con el Front-End • Pruebas de funcionamiento del Front-End.
Comprobación de la idea	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de datos de localización de dispositivos en los Access Points (detección) • Transmisión de los datos de localización a la Base de Datos y al Front-end • Ubicación de los dispositivos en el plano en el Front-End CMX (localización) • Disponibilidad de datos estadísticas o Analytics (Conversión)

Tabla 2: Plan de trabajo

4. Conclusiones

Uno de los mayores interrogantes de la idea propuesta es la precisión de la misma. Confiamos en que la información brindada, junto con toda la tecnología hoy en día disponible, logre proporcionar buenos resultados al aplicarlo con el formato propuesto. Además, podemos presentar como antecedente el trabajo ya realizado por Google en varios edificios (Google InDoor Maps), salvo que la solución de Google está orientada a la realización de un mapa de ese edificio particular, junto con la geolocalización del dispositivo en el mismo. Además, la solución propuesta mantiene toda la información "in house".

Por otro lado, en un mercado tan competitivo como el de las operadoras telefónicas, esta solución abre una nueva propuesta de mercado con una mínima inversión, los grandes costos en infraestructura o ya fueron hechos por las mismas (Células celulares), o por el cliente en sí (Access Points), reduciendo la inversión a prácticamente el desarrollo del software necesario, y la reducción del tiempo de implementación de la solución.

En esencia, se logra generar un conjunto de estadísticas de flujo de forma precisa, económica, de rápida implementación y con un control total y privado sobre los datos recolectados.

5. Referencias

[1] Brick-and-mortar: en el contexto del comercio electrónico, esta expresión se utiliza para referenciar a los negocios tradicionales o físicos, y diferenciarlos de los que operan por internet.

[2] 802.11ac: Estándar WIFI que consiste en mejorar las tasas de transferencia hasta 433 Mbit/s por flujo de datos.

[3] 802.11n: Estándar WIFI, posterior a las normas 802.11b y g cuya tasa de transferencia está en el rango de 54 Mbps a 600Mbps.

[4] BLE: protocolo de comunicación derivado Bluetooth cuya característica principal es el bajo consumo, diseñado para dispositivos que deben estar largo tiempo sin recibir energía.

[5] Beacon: dispositivo bluetooth de bajo consumo que emite una señal en todas las direcciones para que pueda ser detectado.

[6] Asset Tracking: se denomina así, al método que permite el seguimiento o localización de activos a través de leer datos almacenados en etiquetas colocadas en los activos. Las etiquetas utilizan tecnología de transmisión BLE, GPS o RFID (Radio Frequency Identification).

[7] Geo Fence: en el contexto de localización de activos, se denomina así a una cerca electrónica que se define para controlar que un dispositivo que está siendo seguido, no se mueve más allá de determinados límites (fence).

[8] Click-through conversion rates: estadísticas o datos generados por las aplicaciones en tiempo real, al momento que el usuario navega una aplicación.

[9] Global Positioning System: El Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento

Global (más conocido con las siglas GPS,) es un Sistema Global de Navegación por Satélite que permite determinar, en cualquier punto del planeta, la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, que dispone de un dispositivo adecuado y con una precisión hasta de centímetros.

[10] Se conoce como soluciones indoor, a desarrollos tecnológicos que de instalan y funciones en el interior de edificios.

[11] Connected Mobile Experience (CMX): Software ya existente en la industria, especializado en dibujar en planos, o mapas coordenados que recibe como input desde distintas fuentes.

[12] Connected Mobile Experience
<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/connected-mobile-experiences/index.html>

[13] Probe Request: trama de estándar 802.11 que emiten todos los dispositivos WIFI, en todas las direcciones.

[14] RSSI Received Signal Strength Indicator: nivel de fortaleza de una señal electromagnética medida en dbm (decibelios).

[15] SSID: Service Set Identifier. Nombre de la red WIFI

[16] El dBm es una unidad de medida utilizada, principalmente, en telecomunicaciones para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica. El dBm se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW

Diseño e implementación de una aplicación integrada de juegos con sistema de registro y recompensas

Wettstein, Matías José - Mazzi, María Clara

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Abstract

Este trabajo ha sido realizado durante el año 2017 como trabajo práctico integrador de la asignatura Algoritmos y Estructuras de Datos de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional, la cual es dictada en el primer año de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información. Consiste en la creación de una aplicación integrada de juegos que cuenta con 5 juegos diferentes (desarrollados en la primera etapa del trabajo), un sistema de registro, un conjunto de estadísticas y un grupo de recompensas (desarrollados en la segunda etapa del trabajo). Como parte de este escrito se explican las consignas dadas por la cátedra como así también, las diferentes etapas del trabajo y los métodos utilizados para el diseño de la herramienta propuesta por los docentes; haciendo énfasis en lo aprendido durante el dictado de la materia y sumando también lo investigado por el grupo de trabajo a fin de realizar un trabajo consistente.

Palabras Clave

Software, algoritmos, estrategias, estructura de datos, juegos, programación procedural.

1. Introducción

En la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Facultad Regional Santa Fe, la cátedra Algoritmos y Estructuras de Datos es la encargada, en primer año, de introducir al estudiante en la programación y desarrollo de software. Para esto se utiliza el lenguaje C++ haciendo foco en la programación estructurada. Entre los temas dictados en el primer cuatrimestre se encuentra la introducción a funciones, arreglos, matrices, cadenas y registros, entre otros. Una vez que el alumno comprendió los conceptos básicos, se trabaja con temas de mayor dificultad como el manejo de archivos, recursión, búsqueda y ordenamiento junto con estructuras de datos con asignación dinámica de memoria.

El dictado de esta materia se organiza en base a un esquema teórico acompañado por una variedad de ejercicios prácticos introductorios a cada tema. Estos últimos

son utilizados como complemento durante la realización del trabajo práctico, el cual abarca los contenidos tratados en la materia. Durante el año 2017, el trabajo práctico fue realizado en grupos de tres alumnos en base a la resolución de dos etapas. En la primera parte se solicitó que cada grupo programe cinco juegos individuales de distinta complejidad. Estos juegos quedaron separados en tres grupos, a saber: juegos numéricos, juegos de tablero y juegos de palabras. En la segunda etapa se solicitó la integración de los juegos (desarrollados en la etapa previa) en un único programa. Además, se agregó un sistema de premios, registro y estadísticas. El objetivo en esta etapa fue el manejo de archivos (ya que toda la información debía ser catalogada y guardada). Al finalizar ambas etapas, los distintos grupos debían presentar y defender sus desarrollos con un docente.

En este escrito se desarrolla la manera en la que se han abordado algunos de los problemas presentados para el desarrollo del trabajo práctico y la forma en la cual se ha implementado una posible solución al mismo haciendo uso de diferentes métodos aprendidos durante el dictado de la materia. El objetivo es mostrar una de las tantas maneras en las que se puede abordar un problema cuando se cuenta con un tiempo acotado, siendo este trabajo nuestra primera prueba en el ámbito de la programación.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera. La sección 2 describe la consigna del trabajo. En la sección 3 se desarrolla la metodología y cómo fueron solucionados los problemas planteados. La sección 4 discute los inconvenientes y la complejidad de las distintas etapas, mencionando ventajas y desventajas de los métodos usados. Finalmente, la sección 5 detallan las conclusiones.

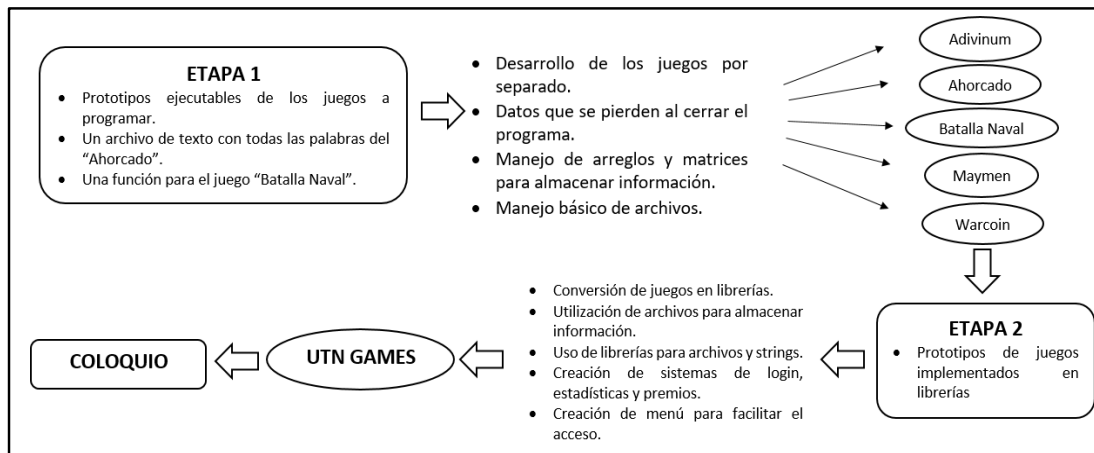


Figura 1: Forma de trabajo planteada en la consigna.

2. Consigna del Trabajo Práctico

La consigna del trabajo fue dividida en dos etapas. En cada etapa la cátedra dio un enunciado que detallaba el trabajo a realizar [1-2]. Los enunciados se encontraban acompañados de materiales útiles para su resolución. En la Figura 1 se esquematizan las características de cada etapa junto con el material entregado en cada caso.

Tal como puede observarse, durante la primera fase se pidió la entrega de 5 juegos de forma separada haciendo uso de diferentes estructuras de datos. Esto se debió a que cada juego tenía una complejidad de trabajo y una forma de resolución diferente. Estos juegos se dividen en tres categorías:

1) *Numéricos*: Juegos que emplean números y manipulan valores. Incluye:

- *Maymen*: Consiste en adivinar un número entre 1 y 999 (número secreto), y que es elegido por el programa automáticamente y en forma aleatoria al comienzo de la partida. El jugador cuenta con 10 intentos, en cada intento ingresa un número, y el programa debe indicar si el valor ingresado es mayor, menor o igual al número secreto.

De acuerdo a esta comparación, se indica la situación resultante mostrando el rango acotado en el que se encuentra el número secreto, y se vuelve a dar la posibilidad al jugador que ingrese un número y se repita la evaluación. Si el

valor ingresado es igual al número secreto, el jugador gana la partida.

- *Adivinum*: El usuario debe adivinar un número de 4 cifras. El programa escoge este número (al iniciar la partida) donde cada dígito aparece una única vez. El jugador tiene 10 intentos. En cada intento ingresa un número y el programa devuelve una respuesta en la que indica cuantos dígitos se adivinaron en la posición correcta y cuantos se adivinaron pero están en una posición diferente. El juego termina cuando el jugador adivina el número o se le vencen los intentos.

- *Warcoin*: Consiste en una pila de monedas de la cual el jugador y la computadora (por turnos) van sacando una cantidad hasta que ya no quedan más monedas en la pila. El jugador que vacía la pila de monedas, es el ganador.

Antes de comenzar, el jugador ingresa la cantidad mínima y la cantidad máxima de monedas que se puede sacar en cada turno. Luego, la computadora elige un valor al azar entre 10 y 50, que representa la cantidad inicial de monedas en la pila. Una vez que se ingresa la información inicial, el programa debe decidir (en forma aleatoria) quién inicia la partida. Si le toca al jugador, éste elige la cantidad de monedas a retirar de la pila (valor entre la cantidad mínima y máxima establecida).

Si se da alguna de las situaciones de fin de juego, el jugador gana la partida.

Estas situaciones son: *i)* pila de monedas vacía, *ii)* cantidad de monedas en la pila menor a la cantidad mínima de monedas que se pueden sacar. La secuencia de turnos se repite hasta que se genere alguna de las situaciones de fin de juego.

2) **Letras:** Juegos que manejan archivos y trabajan con caracteres. Incluye:

- **Ahorcado:** Este juego cuenta con una base de palabras asociadas a la codificación de algoritmos y al lenguaje de programación C++. Estas palabras se encuentran almacenadas de forma persistente en “palabrasAhorcado.txt” (archivo entregado por la cátedra). La Tabla 1 enumera las palabras de juego.

Al iniciar una partida, las palabras se almacenan en un vector. La PC elige aleatoriamente un subíndice y determina la palabra de juego. Las partes del cuerpo del muñeco a considerar son 10: cabeza, tronco, brazo izquierdo, brazo derecho, pierna izquierda, pierna derecha, mano izquierda, mano derecha, pie izquierdo, pie derecho.

El usuario ingresa secuencialmente letras a fin de adivinar la palabra. El ingreso de un carácter constituye una jugada. En cada jugada se muestra al usuario: *i)* el estado de la palabra (es decir, los caracteres descubiertos en cada una de sus posiciones y los caracteres faltantes como guiones o celdas vacías), *ii)* el estado actual del muñeco ahorcado, y *iii)* los caracteres ya ingresados que no formaron parte de la palabra de juego (la repetición de caracteres no es considerada). El juego continúa hasta adivinar la palabra o agotar las posibilidades y llegar al estado ahorcado.

Tabla 1: Palabras del juego “Ahorcado”.

COMPILADOR	ENTORNO	COMPUTADORA	ESTRUCTURA
SELECCIÓN	REPETICIÓN	DIRECTIVA	ALGORITMO
PROGRAMA	EJECUCIÓN	INT	FLOAT
CHAR	DOUBLE	LONG	IF
ELSE	BREAK	SWITCH	CASE
MAIN	INCLUDE	DEFINE	STRUCT
CIN	COUT	ENDL	

3) **Tablas:** Juegos que emplean matrices y trabajan con caracteres y números. Incluye:

- **Batalla naval con minas marinas:** Versión modificada del clásico batalla naval. Es para un único jugador y aparece un nuevo elemento además de los barcos: las minas marinas. El objetivo del juego es hundir la flota enemiga lo más rápido posible y evitando las minas. Dicha flota consta de: 2 barcos de 2 casillas, 2 barcos de 3 casillas, 2 barcos de 4 casillas, 1 barco de 5 casillas y 10 minas.

Al comenzar la partida se sorteja la ubicación de los distintos elementos en un tablero de 10x10. Para ello, la cátedra provee la función “cargarTablero(char [][][10])” ya implementada como parte de la consigna. Esta función recibe la matriz TABLERO y coloca en posición aleatoria los barcos y minas.

Una vez que se carga el tablero, el usuario realiza disparos hasta hundir todos los barcos o agotar sus intentos. Las posibles respuestas ante un disparo son: *i)* agua (si la casilla estaba vacía), *ii)* fuego (si la casilla correspondía a la parte de un barco), *iii)* fuego y hundido (en caso que haya sido fuego, pero además ya todas las posiciones del barco asociado han sido disparadas), o *iv)* mina (si la casilla disparada contenía una mina enemiga). Inicialmente el usuario tiene un puntaje de 100 puntos y por cada disparo que resulte en “agua” o “mina” pierde 1 y 5 puntos, respectivamente. Si en algún momento el puntaje llega a 0, finaliza el juego indicando que el usuario ha perdido la partida.

La segunda etapa consistió en convertir los juegos desarrollados en librerías de C++ para poder unirlos en una única aplicación. Además, se solicitaba la creación de un menú de usuario con el siguiente contenido:

1) **Registrarse:** El usuario crea una nueva cuenta en la herramienta. Para esto, se le solicita nombre de usuario y contraseña. Una vez ingresado nombre de usuario y una contraseña válida, se le solicita confirmar la

contraseña. Si la nueva cadena coincide con la original, se informa el éxito del registro y se preguntará si desea iniciar sesión. En caso afirmativo, se ejecuta la operación “Iniciar Sesión”. En otro caso, el programa va al “Menú Principal”.

2) *Iniciar sesión*: La aplicación solicita al usuario que ingrese su nombre de usuario y clave. Si los datos no corresponden a una cuenta válida, se informa el error. Se dispone de 3 intentos para ingresar. Si en algún intento los datos son correctos, se continúa con la ejecución normal y se muestra un mensaje de bienvenida con información histórica de la performance en los juegos. Vencidos los intentos, se muestra un mensaje de error por violación de seguridad y finaliza su ejecución.

3) *Estadísticas*: Existen 2 tipos de estadísticas: *i*) de juegos (ranking de juegos más jugados, el juego menos jugado y medallero olímpico de premios y juegos), y *ii*) de usuario (mejor jugador de cada juego, top 3 de jugadores con más premios). En este último caso, se debe elegir el premio por el cual se quiere visualizar el ranking.

4) *Salir*: Esta opción permite cerrar y salir de la aplicación.

En base a los requerimientos de cada una de las etapas, se formuló la aplicación final llamada UTN GAMES haciendo uso del IDE Zinjal [3]. A continuación, se detalla la forma en la cual se llevó a cabo cada etapa.

3. Aplicación UTN GAMES

Para resolver el trabajo usamos las técnicas de programación aprendidas en el año 2017. Al empezar a codificar decidimos que cada integrante del grupo se encargue de 2 juegos para así poder agilizar el proceso de desarrollo y, así, luego reunirnos para evaluar dudas y dificultades a fin de resolverlas en grupo (además de verificar que los códigos cumplieran con los requisitos de las consignas).

Para la segunda etapa la distribución de tareas fue menor ya que preferimos reunirnos, evaluar las consignas y luego decir quien resolverá cada problema.

3.1. Diseño e Implementación

Para la codificación de los juegos numéricos (los cuales necesitaban generar números aleatorios) usamos la librería `<ctime>` y `<Windows.h>`. Otra función que se empleó tanto en la etapa 1 como en la 2, fue la función “color()” definida como:

```
void color(int x){  
SetConsoleTextAttribute(GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE),x);} 
```

En el momento que fue necesario manejar archivos de texto se utilizaron las librerías `<fstream>` y `<string.h>`. Estas librerías permiten manejar y acceder a diferentes tipos de archivos (texto o binarios). Algunas de las funciones utilizadas fueron: `open()`, `write()`, `read()` y `close()`.

En el juego ahorcado, la forma de manejar la información fue la siguiente: se cargaron todas las palabras del archivo en un arreglo de tipo “string”, se pasa el arreglo a una función que genera un número aleatorio y selecciona una posición a partir de la cual se elige la palabra, y se asigna a una variable de tipo “string” para manipularla.

En el juego de batalla naval se trabajó directamente con 3 matrices, las cuales recopilan información y muestran en pantalla los disparos de los jugadores. Primero se genera una matriz que contiene los barcos y las minas. Luego, en otra matriz, se asigna a cada posición un valor dependiendo de qué se trata (Agua, Mina, Barco). Esto se hace para poder diferenciar los barcos entre sí. Se utiliza una tercera matriz para mostrar en pantalla el tablero de juego. Esta matriz tiene asignada letras y símbolos para hacer gráficos los disparos.

Para no perder la información entre ejecuciones, es necesario persistir los datos de cuentas registradas y partidas. Las cuentas de usuario se almacenarán en un archivo llamado “Usuarios.dat”, en el que se guardan elementos estructurados de acuerdo al registro presentado en la Figura 2. Las partidas se guardan en el archivo “Partidas.dat” en base al registro de la Figura 3. Además, utilizamos una estructura de registro extra en la que se almacenan los premios de cada jugador (Figura 4).

Para el trabajo con estos archivos, implementamos un proceso por medio del cual cada vez que se termina una acción que requiere almacenar información, se accede al archivo y se guarda. Esto permite cuidar los datos de posibles pérdidas ante eventuales finalizaciones de ejecución incorrectas.

Una vez lograda la persistencia de la información, para calcular las estadísticas utilizamos la información almacenada en "Partidas.dat". Por su parte, para calcular la cantidad de premios obtenidos en total, solo sumamos todos los registros asociados a premios. De manera similar, para calcular cuántos premios se obtuvieron en un determinado juego, sumamos los premios que ganó cada jugador en ese juego. Finalmente, para obtener el top 3, sumamos y comparamos los puntajes totales obtenidos por cada jugador, los ordenamos de mayor a menor, y simplemente mostramos los primeros 3.

Fueron creadas, además, librerías propias. Estas librerías fueron utilizadas para lograr un mejor orden del contenido desarrollado, lo que contribuyó al entendimiento y búsqueda de errores. Las librerías creadas (además de las correspondientes a cada juego) son, "partidas" y "usuario", las cuales agrupan funciones asociadas a estos registros.

```
struct Usuario {
    char nombre_usuario[11];
    char clave [33];
    fecha ultimo_acceso;
};
```

Figura 2: Estructura del registro de un usuario.

```
struct Partida {
    int id_juego;
    int puntos;
    char nombre_usuario[11];
};
```

Figura 3: Estructura del registro de una partida.

```
struct jugador {
    char nombre_usuario [11];
    int diploma, moneda, medalla, trofeo, copa;
};
```

Figura 4: Estructura del registro de un jugador.

3.2. Ejecución

A continuación, mostramos un conjunto de figuras que se corresponden con capturas de pantallas en las que se observa el programa en funcionamiento.

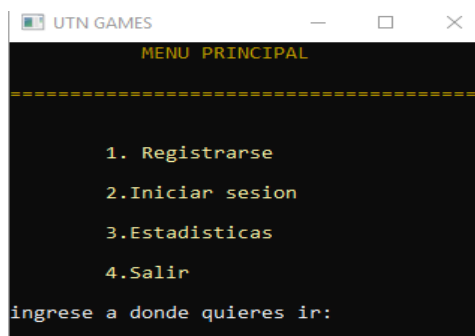


Figura 5: Menú principal.

En la Figura 5 se presenta el menú principal. Este menú cuenta con 4 opciones que el usuario podrá ejecutar. Si el usuario ingresa por primera vez, tendrá que registrarse (Figura 6). Para esto, la aplicación se solicitará nombre de usuario y contraseña. Si ambos datos son válidos, se le pedirá que reingrese la contraseña y confirme el registro.

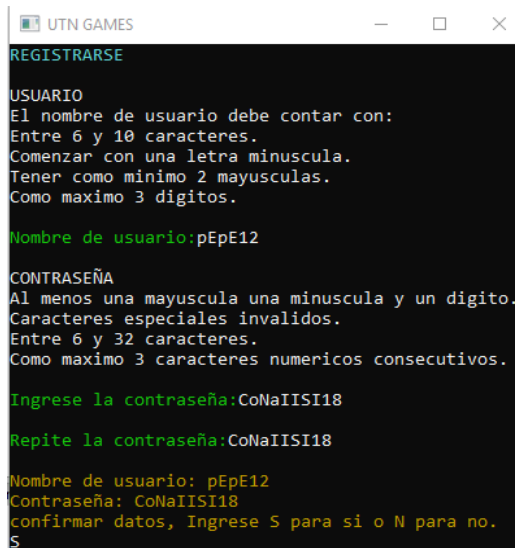


Figura 6: Ejecución de la opción de registro.

Por otra parte, cuando el usuario ejecute la opción "Iniciar sesión" tendrá que ingresar su nombre de usuario y contraseña (Figura 7). Luego, se mostrará un menú (Figura 8) que contiene información básica del usuario y los juegos separados por categoría.

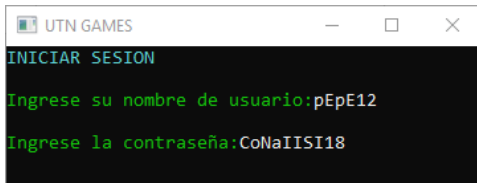


Figura 7: Ejecución del inicio de sesión.

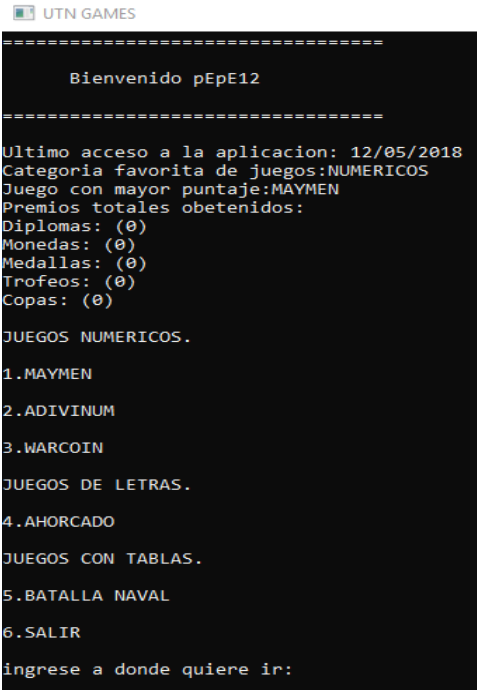


Figura 8: Visualización del menú de usuario.

Cuando el usuario selecciona algún juego del menú de usuario, aparece un nuevo menú como el que se muestra en la Figura 9. Cada juego cuenta con un panel de instrucciones y una opción para jugar. Además, cuenta con la opción “puntaje” (donde se muestra el mayor puntaje del jugador) y “premios” (donde aparecen los premios obtenidos por el jugador). Las Figuras 10 y 11 muestran la ejecución de estas opciones.

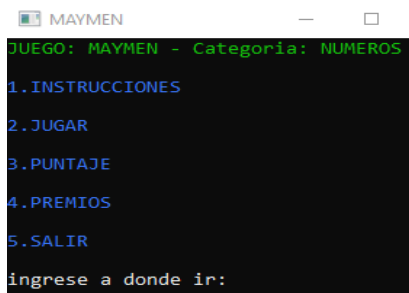


Figura 9: Menú de juego “Maymen”.

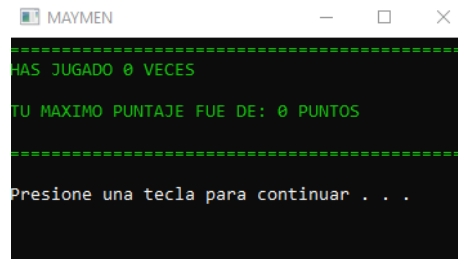


Figura 10: Opción “Puntaje”.

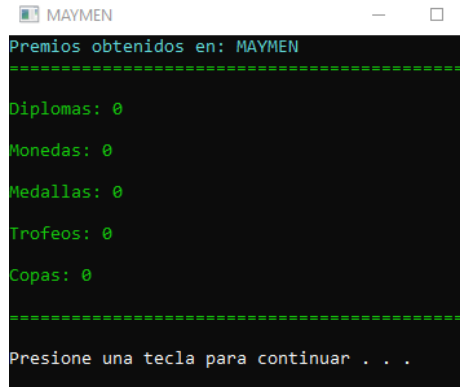


Figura 11: Opción “Premios”.

Si el usuario elige la opción “Jugar”, se ejecutará el juego y al finalizar se le mostrará la puntuación obtenida y, si ganó un premio, el premio logrado (Figura 12).

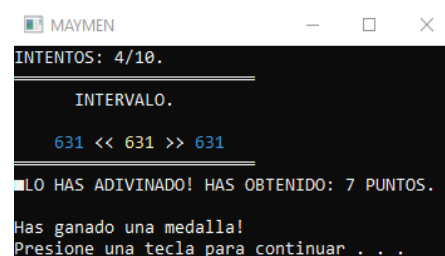


Figura 12: Visualización de fin de juego.

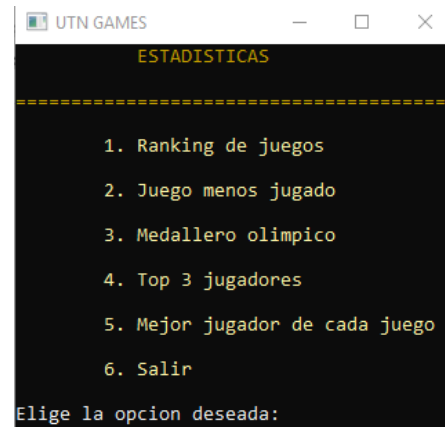


Figura 13: Menú de la opción “Estadísticas”.

Por otra parte, desde el menú principal puede acceder a la opción “Estadísticas”, la cual lo lleva a un nuevo menú que se presenta en la Figura 13. Desde este menú podrá acceder a información de todos los juegos, como ser, los juegos más jugados, el mejor jugador de cada juego y el medallero de premios por juego (Figuras 14, 15 y 16 respectivamente).

```

UTN GAMES
RANKING DE JUEGOS

Maymen se ha jugado 8 veces.
Ahorcado se ha jugado 4 veces.
Warcoin se ha jugado 3 veces.
Adivinum se ha jugado 1 veces.
Batalla naval se ha jugado 0 veces.
    
```

Figura 14: Ranking de juegos.

```

UTN GAMES
Mejores jugadores.

-----

Maymen: pEpE12
Adivinum: c1ArA34
Warcoin: c1ArA34
Ahorcado: c1ArA34
Batalla naval: c1ArA34

-----
    
```

Figura 15: Mejor jugador de cada juego.

	Maymen	Adivinum	Warcoin	Ahorcado	Batalla Naval
Diploma	3	0	0	0	0
Moneda	1	0	0	0	0
Medalla	1	0	0	0	0
Trofeo	0	0	0	1	0
Copa	0	0	3	2	0

Figura 16: Medallero olímpico.

4. Discusión sobre el Trabajo Realizado

Al tener en cuenta el aspecto de “consistencia”, el trabajo práctico implementado se encontraba muy bien logrado debido al hecho de que contó con todas las funcionalidades y requisitos solicitados por la cátedra. También cabe destacar que hicimos un muy buen uso de modularidad. Es decir, las funciones utilizadas a lo largo de la aplicación eran coherentes con su implementación y se

prestaban a ser reutilizadas cuando era necesario (sin necesidad de repetir código). Sin embargo, uno de los defectos que destacaba a simple vista, era el hecho de que se utilizaron aproximadamente 3000 líneas de código. Esto dificultó la legibilidad, pero esto fue solucionado al haber organizado y agrupado las funciones correspondientes en distintas librerías, según las tareas que realizaba cada una.

Otro defecto del que podemos dar cuenta es que, debido al limitado tiempo de desarrollo, hicimos uso de un tipo de almacenamiento en memoria, no muy eficiente. Es decir, si hubiéramos usado elementos que almacenan datos mediante memoria dinámica, no tendríamos tanta memoria “ociosa” al momento de ejecutar el programa. Con “ociosa” queremos decir que reservamos espacios en memoria que no necesariamente son utilizados durante una ejecución de la aplicación.

En cuanto a la complejidad de las entregas de desarrollo, cabe señalar que en una primera instancia la complejidad fue relativamente baja. Esto se debe a que sólo debíamos implementar una serie de juegos basados en lógica, haciendo uso de estructuras estáticas (arreglos y matrices) para distribuir la información (ya que en ese entonces eran las únicas herramientas con las que contábamos para solucionar el enunciado). Esto implicó que el desarrollo fuera menor y más simple, por lo tanto, nos alcanzó el tiempo de entrega propuesto por la cátedra. Sin embargo, en la segunda etapa fue requerido integrar todas las implementaciones independientes en un mismo aplicativo y, sobre ello, agregar funcionalidades. Por este motivo, se presentaron una serie de dificultades. En primer lugar, la fecha de entrega. Si bien teníamos tiempo desde octubre de 2017 a febrero de 2018, fue necesario aplazar el desarrollo del trabajo para continuar avanzando en los contenidos de la materia y poder hacer mejor uso de ellos. Esto dio como resultado que lleguemos con poco tiempo a la fecha final, no permitiéndonos continuar mejorando el resultado final.

5. Conclusión

En este trabajo se presenta una solución a la consigna del trabajo práctico integrador de la cátedra Algoritmos y Estructuras de Datos desarrollada en el año 2017. El objetivo del trabajo fue desarrollar una aplicación de juegos con sistemas de registros y recompensas, las cuales se explican en la sección 2 y 3.

Como alumnos de primer año, en un principio nos pareció muy difícil poder encontrar una manera de resolver los problemas planteados por los docentes con nuestros conocimientos de programación. Sin embargo, cuando fuimos avanzando en el desarrollo de la materia pudimos comprender un poco más la manera de desarrollar y resolver los problemas que nos planteaba el enunciado, pudiendo así lograr llegar a fin de año con una aplicación completamente funcional.

El entusiasmo por realizar este trabajo fue muy alto debido a que iba a ser el primer contacto con la programación y resultaba muy interesante. Lograr como objeto final una aplicación útil y, a su vez, que cuente con todas las características solicitadas nos produjo de inmediato una sensación de desafío que nos llevó a explorar e investigar al máximo todas las herramientas y funciones que estaban disponibles para cumplir con las funcionalidades solicitadas. Así pudimos sobrepasar los obstáculos y logrando desarrollar una aplicación funcional, divertida y también atractiva.

Debido a que no se pusieron restricciones para dar forma a los menús, buscamos hacerlos llamativos y vivos, utilizando formas y colores, como así también dentro

de los juegos que fueron modificadas sus interfaces para resultar más llamativos.

La experiencia resultó muy significativa, dado que no solo nos permitió aplicar los métodos y funciones aprendidos en clase, sino también que motivó la investigación en diferentes sitios web por parte de nosotros para así lograr un mejor trabajo. Esto nos permitió conocer la inmensa disponibilidad de recursos y las diferentes maneras que existen hoy en día para resolver un mismo problema. Además, poder formar parte de un grupo de trabajo que tiene como objetivo común el desarrollo de un proyecto largo y complejo, nos ayudó a entender como comenzar a trabajar en equipo.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los docentes de la cátedra de Algoritmos y Estructuras de Datos que nos estuvieron acompañando en éste trabajo y durante todo el año 2017. En especial a los docentes Marta Castellaro y María Julia Blas, junto a los ayudantes Federico Hauque y Diego Lozano, quienes nos apoyaron en la realización del trabajo final y la escritura de este informe.

Referencias

- [1] TP AEDD Etapa 1: <http://bit.do/ArchivoEtapa1>
- [2] TP AEDD Etapa 2: <http://bit.do/ArchivoEtapa2>
- [3] ZinjAI: <http://zinjai.sourceforge.net/>

Datos de Contacto

*María Clara Mazzi. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe.
Lavaisse 610, Santa Fe, CP 3000.
mazzimclara@gmail.com*

*Matías José Wettstein. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe.
Lavaisse 610, Santa Fe, CP 3000.
matiasjwettstein@gmail.com.*

Registro, compra y venta de Automotor a través de Blockchain

Molina, Christian Enzo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Trenque Lauquen

Abstract

El objetivo de esta presentación, es elaborar una alternativa que simplifique la tramitación del sistema actual de registro y comercio de automotores en Argentina. La propuesta es una plataforma online que implementa tecnología Blockchain, con elevados niveles de seguridad, y trabaja junto a organismos de control como la DNRPA para tener un registro real de los automotores del país. A partir de esta plataforma el usuario podrá realizar acciones de compra y venta de vehículos de manera online; y las transacciones realizadas actualizarán automáticamente el estado de propiedad del vehículo. Mediante la utilización de este sistema, el usuario podrá realizar operaciones comerciales sin la necesidad de tener preocupaciones legales (elimina la venta de vehículos robados), de forma más simple (elimina muchos requisitos del sistema antiguo), más rápido (el sistema online agiliza el proceso) y más seguro (el sistema de Blockchain imposibilita la alteración de registros.)

Palabras Clave

Blockchain, automotores, registro, seguridad.

Introducción

A la hora de comerciar un automotor, surgen muchos procesos que son anexos a lo que realmente conlleva el objetivo del mismo, la adquisición o el intercambio de un bien por otro, en este caso de un medio de transporte. En la situación ideal, una persona que desea adquirir un vehículo usado debería concentrar todo su esfuerzo en verificar si el vehículo es de su agrado o no, esto no ocurre así, puesto que además de ello, debe verificar su estado legal, su estado funcional, realizar trámites y por supuesto, debe de encontrar un tipo de transporte que sea de su agrado primero, muchas veces la realización de estos pasos lleva mucho tiempo. Esta propuesta se realizó con el objetivo de encontrar una alternativa más simple a la hora de comerciar con vehículos y de resolver muchos de estos procesos de manera automática, permitiendo que cualquier usuario de la plataforma que será

presentada más adelante en la propuesta se enfoque más en el aspecto primordial de la compra/venta, que a verificar la legitimidad de las partes del automotor.

El primer paso en el proceso de adquisición de un vehículo de segunda mano es la búsqueda. Se hace hincapié en que la diversificación de canales actuales destinados a cumplir este objetivo (Diarios, botellas sobre el coche, sucursales, grupos de Facebook, mercados online, etc.), hacen que un potencial comprador sea incapaz de visualizar toda la información del mercado, debido a que estos tienden a tener uno o dos medios predilectos de los cuales hacen uso, los demás son ignorados.

El segundo paso es la verificación funcional y estética del automotor. En este apartado se hace énfasis en que la habilidad del vendedor de ocultar posibles fallos o defectos del medio de transporte, hacen que la comprobación de este apartado recaiga en la agudeza del comprador de detectarlos y de algún vistazo rápido en un taller, siempre y cuando el vendedor lo permita.

El tercer paso es la verificación legal, constatar que ni el propietario ni el medio de transporte poseen multas ni deudas por patentes respectivamente. Este apartado, constituye un trabajo de investigación por parte del comprador.

El último paso es la tramitación, se nuclea los requisitos y documentos requeridos por el sistema vigente [1]:

1.-Título del vehículo, con un costo actualizado al 04/09/2018 de:

- Formulario 02: Entre \$60 y \$72 pesos para autos y de \$20 y \$24 pesos para motos.
- Certificado de firmas: \$130 (pesos)
- Cédula de identificación del automotor: \$140 (pesos)

2.- Boleto de compra venta del automotor.
3.- Formulario 08, con un costo de \$100 a \$120 pesos. Para las motos el costo es de \$35 pesos.

4.- Formulario 11, valorizado en:

- Certificación de firma: \$130(pesos)
- Denuncia de venta: \$90 (pesos)
- Arancel de infracciones: \$60 (pesos)

En cuanto a Blockchain (Cadena de bloques) [2], la tecnología en la que se basa la plataforma que sera presentada en el desarrollo de esta propuesta, podemos definirlo como un registro, un libro mayor de acontecimientos digitales que está “distribuido” en todos los participantes del sistema que la compone. Se trata de una base de datos que solo permite escritura. Solo puede ser actualizado a partir del consenso de la mayoría de dichos participantes y, una vez introducida, la información nunca puede ser borrada. La cadena de bloques contiene un registro certero y verificable de todas las transacciones que se han hecho en su historia. Dicho registro es inmutable y permanente gracias al concepto de consenso distribuido, lo que lo vuelve incorruptible. No se puede modificar ni borrar nada de ello, solo añadir, y todo ello bajo consenso. El registro de todas las transacciones esta “empaquetadas” en bloques que los mineros se encargan de verificar. Posteriormente serán incluidas en la cadena una vez validadas y distribuidas a todos los nodos que forman la red.

Elementos en detalle:

- Bloques: Un bloque es un conjunto de transacciones confirmadas e información adicional que se ha incluido en la cadena de bloques. Cada bloque que forma parte de la cadena (excepto el bloque generatriz, que inicia la cadena) está formado por:

- Un código alfanumérico que enlaza con el bloque anterior
- El “paquete” de transacciones que incluye (cuyo número viene determinado por diferentes factores)
- Otro código alfanumérico que enlazará con el siguiente bloque.

- Mineros: Los mineros son ordenadores/chips dedicados que aportan

poder computacional a la red de Blockchain para verificar las transacciones que se llevan a cabo.

- Nodos: Un nodo es un ordenador/chip conectado a la red de Blockchain utilizando un software que almacena y distribuye una copia actualizada en tiempo real de la cadena de bloques. Cada vez que un bloque se confirma y se añade a la cadena se comunica a todos los nodos y este se añade a la copia que cada uno almacena.

El Blockchain utiliza también un sistema de clave asimétrica [3], que utilizan dos tipos de claves: una pública para encriptar y otra privada para desencriptar el mensaje, de forma que conociendo solo la clave pública no es posible descifrar el mensaje; solamente puede hacerlo quien dispone asimismo de la clave privada. Además, las claves son invertibles, de forma que un mensaje cifrado con la clave privada debe descifrarse con la clave pública.

En consecuencia, el sistema actual constituye un proceso complejo donde el comprador/vendedor no solo debe buscar un vehículo de interés para realizar el comercio (primer paso), sino que también debe verificar el estado funcional del vehículo (segundo paso), posteriormente su aspecto legal (tercer paso) y por último conseguir a documentación necesaria para realizar la transferencia (último paso). A continuación, desarrollaremos una propuesta superadora a través de Blockchain.

Desarrollo

Cada cadena de Blockchain corresponderá un vehículo cuya clave pública estará asociada a la identificación de este, mientras que cada bloque corresponderá un evento único ocurrido en la historia del automotor, entre los eventos a registrar se encuentran creación de vehículo, patentamiento, transferencia de dueño, multas por tipo,

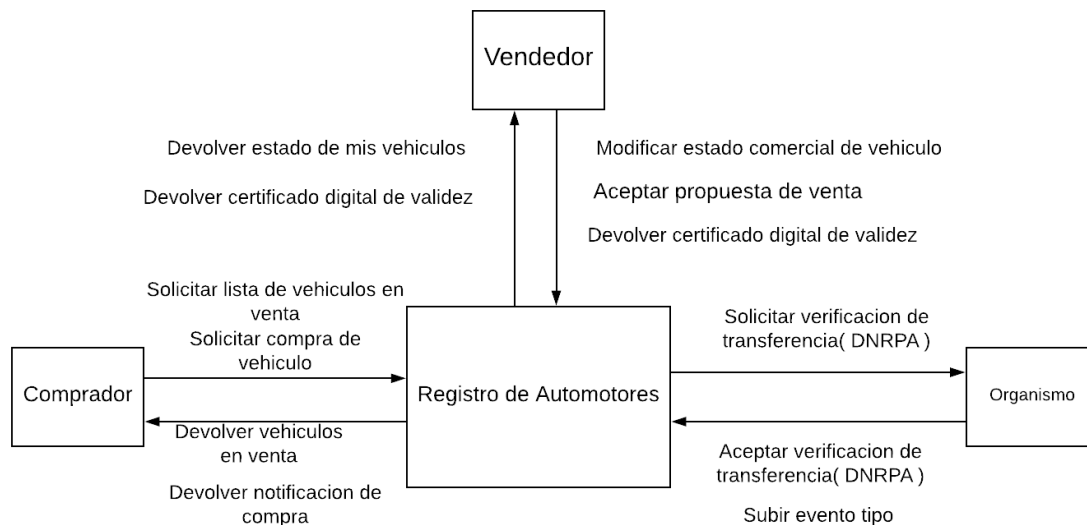


Figura 1, Diagrama de procesos 0.

servicios de mantenimiento y cambio de repuestos.

La clave pública servirá para definir la identidad del emisor y no podrá ser utilizada por terceros para generar mensajes válidos, porque desconocen la clave privada. Establecida una identidad (clave pública) puede empezarse a operar en el sistema generando transacciones. A tal efecto deberá transmitirse la siguiente información: la dirección de origen (clave pública del emisor), dirección del beneficiario (clave pública del beneficiario) y la transacción a realizar encriptada con la clave privada del emisor –que representa la firma de la operación porque solo su clave pública permite descifrarla–. Adicionalmente debe proporcionar un vínculo a la transacción anterior con su clave pública, y que servirá para confirmar que dispone de los recursos necesarios para la transacción que propone.

El sistema será utilizado por dos tipos de usuarios. Por un lado, los usuarios finales, los cuales podrán usar el sistema con una finalidad comercial e informativa. Por el otro, los organismos, cuya finalidad será la carga de datos al sistema, otorgando integridad a la información desplegada para los usuarios finales, ver figura 1.

Cada organismo tendrá la posibilidad de realizar un tipo exclusivo de bloque de acuerdo a la información que provea. Una

vez realizado el evento, el bloque se adjuntará a la cadena. Cabe destacar que los eventos deben ser corroborados antes de subirse ya que su modificación es nula, el objetivo principal de la implementación es tener un estándar de registro de datos que pueda ser visualizado, y que sea público para cualquier organismo o tercero interesado en constatar datos de vehículos, para su comercialización o para la creación de nuevos eventos. En cuanto a la información que provee cada organismo a un bloque:

- Dirección Nacional de los Registros Nacionales de la Propiedad del Automotor y de Créditos Prendarios (DNRPA): proveerá los datos de los titulares, así como la información del vehículo y las transferencias a lo largo del tiempo.
- Centro de Gestión y Participación Comunal (CGPC): Certificará el estado actual de deudas por patentes, agregando un bloque cada vez que su estado se modifique.
- Dirección General de Infracciones: Certificará el estado actual de deudas por infracciones agregando un bloque cada vez que su estado se modifique.
- Taller de servicio automotriz (representante oficial): Certificará el estado actual del vehículo, agregando un bloque cada vez que se realice un servicio.

La plataforma provee un acceso al programa mediante el uso de un usuario y contraseña.

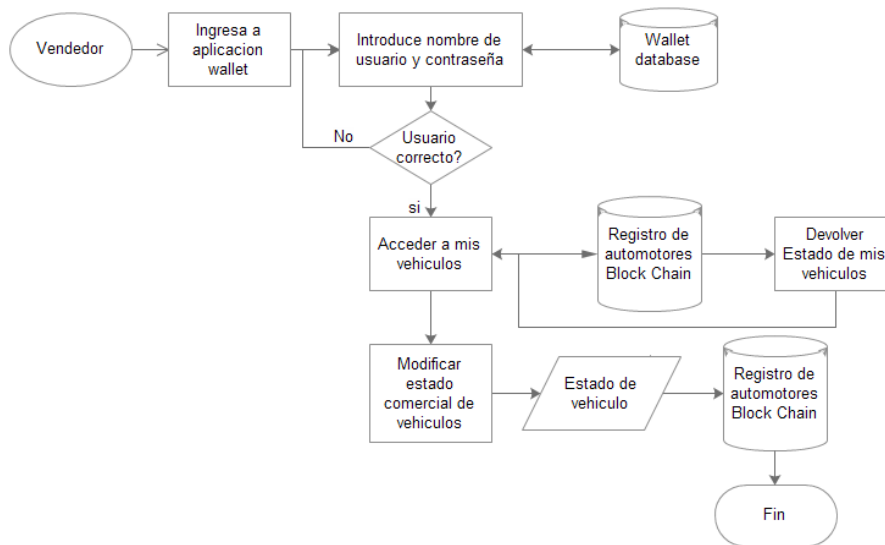


Figura 2, Diagrama de proceso explotado, Modificar estado comercial de vehículo.

Una vez logueado, el usuario podrá acceder a los datos de los vehículos en su poder, será capaz de ponerlos a la venta (ver figura 2), buscar vehículos que estén habilitados para comerciar (ver figura 4) y comprarlos desde allí. Cabe destacar que, en el momento que un vehículo este publicado a la venta, será de información pública los datos asignados en su cadena de bloques, para que los usuarios puedan hacer un análisis crítico para su compra. Además, ya realizada una transacción, el sistema automáticamente transferirá los derechos y responsabilidades del vehículo al nuevo comprador, haciendo que este último se desvincule del trabajo que supone hacer dichos procesos. Para aceptar una transacción, los usuarios deberán introducir su clave privada, la cual identifica inequívocamente al dueño del vehículo. Toda la documentación correspondiente será enviada al nuevo comprador mediante correo y el coste de su creación será adicionada al precio de patente del vehículo que compró en cuestión.

El sistema está conformado por dos partes claramente diferenciables por su función:

1. Wallet: Este subsistema se encarga de proveer a los usuarios finales una plataforma de consulta de automotores ágil, ver figura 3. En ella podrán consultar el estado de sus vehículos, comprar automotores que estén a la venta o también cambiar el estado de su vehículo para venderlo. El método para

utilizar esta plataforma es sencillo, se deberá descargar desde una página web el cliente wallet al dispositivo (PC, Smartphone, Tablet, etc.) y completar por única vez de manera presencial en una sucursal DNRPA, un formulario para setear las claves del acceso al sistema. Una vez finalizado, al usuario se le proveerá un login y una password para poder acceder a la wallet, además de un pin que se requerirá cada vez que se realice una acción en el subsistema (cambiar estado de vehículo, solicitar una compra, aceptar una venta, etc.). Este software posee un buscador con un sistema de filtros para encontrar automotores a la venta, un panel de control donde detalla el estado actual de su/s vehículo/s y un sistema de notificaciones que alertara al usuario

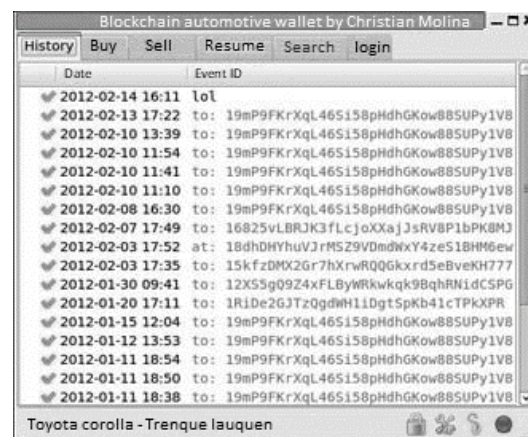


Figura 3, Eventos en el tiempo de un automotor (ID)

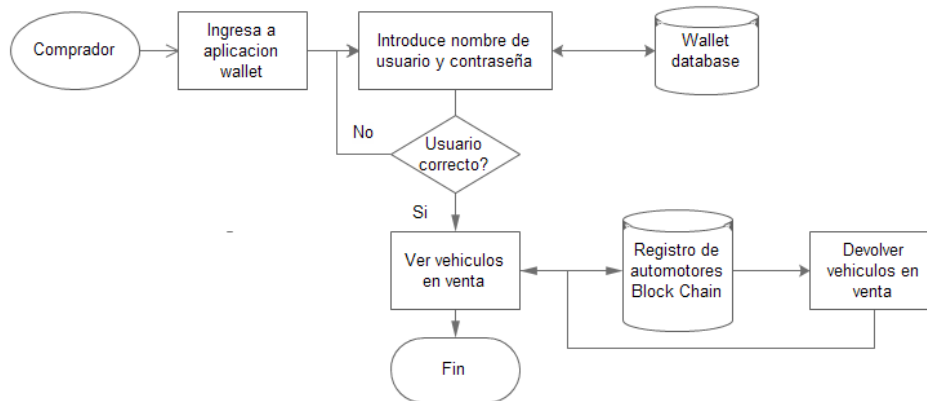


Figura 4, Diagrama de proceso explotado, Solicitar lista de vehículos en venta.

eventos que hayan ocurrido durante su ausencia en el subsistema (Por ejemplo, que alguien acepte su solicitud de compra o que otro usuario quiera comprar su vehículo en venta, etc.). La adquisición de la wallet para el usuario es gratuita.

2. Sistema de entrada de eventos: Esta parte del software es la encargada de dar de alta los eventos relacionados a los vehículos y que se encadenaran en la cadena de bloques. Solo los organismos autorizados tendrán acceso a este subsistema y solo se le permitirá la entrada de información correspondiente a su finalidad (De esta manera, la Dirección General de Infracciones solo podrá modificar el estado de deudas por infracciones ligado al vehículo, por ejemplo). Este programa solo podrá utilizarse mediante una solicitud de permiso aprobada por el gobierno, el cual se encargará de verificar que la sede este habilitado para realizar la función que solicita, y le otorgara, si está en condiciones, una licencia que le permita ejercer el servicio, dicha licencia debe renovarse por año para prevenir que los sistemas que ya no están habilitados puedan agregar información al sistema de manera ilegítima. Para ingresar un evento, el operario del subsistema primero deberá ingresar el número de patente del vehículo (O cualquier otro tipo de dato que identifique inequívocamente a este) que quiera manipular, una vez ingresado, se mostrara un panel de control donde podrá rellenar la información del evento en cuestión, no hay

necesidad de preocuparse en elegir el tipo de evento que se quiere encadenar, puesto que el tipo de licencia con la que trabaja el software se encargara de filtrar lo que el organismo o sede pueda realizar. Una vez completado los datos del evento, se le pedirá al operario que ingrese un pin de 8 números para finalizar el envío de los datos, por cuestiones de seguridad. Tanto el software, como la licencia y el pin necesario para utilizar el programa son totalmente libres de cargo alguno.

Trabajos Relacionados

Así como en esta propuesta se presenta una forma de resolver el aspecto comercial y legal de los vehículos mediante el uso del Blockchain, no es de extrañar que se encuentren soluciones para otras cuestiones que afectan a nuestros medios de transportes con el uso de esta tecnología. IBM publicó en su blog de IoT [4] una forma de reducir considerablemente este tipo de fraudes con piezas y repuestos, implementando códigos a los mismo, para que estos puedan ser verificados como auténticos por aparatos que funcionen con el Internet de las Cosas (IoT). Actividad que debe estar disponible tanto para el cliente como para el prestador de servicio. Considerando que Blockchain no permite sobreescrituras, el nivel de fraude con repuestos disminuirá.

Otra empresa interesada es Renault, su idea es crear una nueva forma de conservar los datos de mantenimiento del vehículo sin papeleo [5], esto de cara a la cantidad de diferentes sistemas de información

manejados por los fabricantes, aseguradoras y talleres.

ZF Friedrichshafen AG, un fabricante alemán de autopartes, se asoció con UBS y el Innovation Hub de Innogy para desarrollar el Car eWallet basado en Blockchain para facilitar los pagos en línea [5]. El eWallet está construido sobre una Blockchain 'para garantizar la seguridad'. Se dice que el uso de este eWallet se usa como un sistema de pago que hace posible pagar la carga de un vehículo eléctrico, por ejemplo. Además, se dice que la solución es capaz de manejar muchos otros pagos relacionados con la movilidad, como los peajes de las autopistas, las tarifas de estacionamiento o el uso compartido del automóvil.

El Parlamento Europeo, a través de la Dirección General de Políticas Internas, hizo un reconocimiento al potencial de Blockchain como posible solución para disminuir el fraude con odómetros alterados en los mercados de autos de segunda mano [6]. La adopción de Blockchain para este caso, según el parlamento, tendría que prevenir el fraude de los datos registrando en un libro de contabilidad distribuida la información obtenida de los autos, con la intención de que compradores potenciales y organismos del gobierno verifiquen la autenticidad de la información comparándolo con el último dato ingresado en la cadena de bloques.

Conclusión y Trabajos Futuros

A través de la presentación se concluye que sí, bien empresas de rango mundial están comenzando a utilizar Blockchain como una plataforma para resolver problemas asociados a los automotores, la propuesta presentada y también las de otros trabajos con esta tecnología recién comienzan a ver la luz. Esto se debe a que Blockchain es una tecnología relativamente nueva y que produce grandes cambios en el sistema actual, es normal que el cambio constituya un proceso lento. Por lo tanto, se espera una implementación progresiva del sistema. El trabajo a futuro de este proyecto constituye un análisis más profundo acerca de esta tecnología, implementándola en una escala

local para su estudio y, de acuerdo a los datos obtenidos, ir aumentando el rango de acción.

Agradecimientos

A mis maestros de la escuela y mis profesores de la universidad, a mi país y por último a mi familia. Ya que sin ninguno de ellos podría haber realizado este trabajo ya que carecería de medios necesarios y del conocimiento para encarar este proyecto.

Referencias

- [1] Ciudadyderechos.org, «Ciudad y Derechos,» 14 12 2007. [En línea]. Available: <http://www.ciudadyderechos.org.ar/archivos/infutil/compraryvenderautosusados.pdf>. [Último acceso: 27 10 2018].
- [2] Bit2me, «Academy,» [En línea]. Available: <https://academy.bit2me.com/que-es-cadena-de-bloques-Blockchain/>. [Último acceso: 31 10 2018].
- [3] M. Moreno, «Blog NewDeal,» 28 9 2017. [En línea]. Available: <http://blognewdeal.com/manuel-moreno/tecnologia-Blockchain-i-sistema-criptografico/>. [Último acceso: 31 10 2018].
- [4] IBM, «IBM website,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/blogs/Blockchain/2018/08/solving-the-cross-border-need-for-vehicle-and-driver-identity-with-Blockchain/>. [Último acceso: 31 10 2018].
- [5] J. Rivero, «criptonoticias,» 9 9 2017. [En línea]. Available: <https://www.criptonoticias.com/coleccion/automoviles-Blockchain-combinacion-futuro/>. [Último acceso: 31 10 2018].
- [6] E. Pastori, «europarl,» 11 2017. [En línea]. Available: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/602012/IPOL_STU\(2017\)602012_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/602012/IPOL_STU(2017)602012_EN.pdf). [Último acceso: 31 10 2018].

Datos de Contacto:

*Christian Enzo Molina. Facultad Regional Trenque
Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional.
Dirección postal: 6400. E-mail:
Christian0092@hotmail.com.*

Desarrollo de un sistema para la elaboración y gestión de reclamos municipales

Denon, Nicole - Doti, Santiago - Suárez, Matías - Vitucci, Bruno Nicolás
Universidad Nacional Arturo Jauretche, Instituto de Ingeniería y Agronomía

Abstract

En el siguiente trabajo se expone el desarrollo de dos aplicaciones móviles que conforman un sistema de generación y administración de reclamos municipales, confeccionado por estudiantes de la Universidad Nacional Arturo Jauretche (UNAJ). La primera aplicación está enfocada en la generación de un reclamo por daños en infraestructura (baches, semáforos o postes de luz rotos, etc.), por falta de servicios básicos (recolección de basura, energía eléctrica, agua y/o gas), entre otros, y la segunda app está focalizada en manejar dichos reclamos generados anteriormente. Todo realizado de una forma dinámica, instantánea y eficaz para facilitar la labor de los implicados. Este proyecto fue realizado enteramente dentro del marco de la asignatura Aplicaciones móviles, perteneciente al cuarto año de la carrera Ingeniería en informática, como parte del trabajo final de la materia.

Palabras Clave

Sociedad – Aplicaciones móviles – Desarrollo de software – Reclamos municipales.

Introducción

El smartphone se ha convertido con el paso del tiempo en el medio de comunicación masivo más utilizado por las personas. El creciente desarrollo de Internet como infraestructura (permitiendo la conexión de más dispositivos y transmisiones de datos cada vez más rápidas) y de las tecnologías móviles, impulsaron a que las personas utilicen este medio para compartir sus actividades, gustos, intereses, (¡y hasta problemas!) en tiempo real. Este software fue desarrollado con el objetivo de explotar las ventajas para hacer más directo, dinámico y fácil el vínculo entre el vecino y la municipalidad, al proporcionar al ciudadano una herramienta para poder expresar su reclamo de una forma mucho más sencilla y sin tanto papeleo o burocracia, como al encargado para brindar una respuesta de una forma simple. Es así como la aplicación VizibilizAr se presenta como una útil herramienta que puede ser utilizada para el bien social y beneficiar

tanto al ciudadano como al municipio del mismo.

La primer app está enfocada en aquel ciudadano que necesite confeccionar un reclamo de una forma sencilla, cómoda e instantánea utilizando solamente su teléfono celular. Por otro lado, la segunda aplicación es utilizada por los administradores, es decir, por aquellas personas que se encuentren con la capacidad de poder resolver ese reclamo, tales como encargados municipales o barriales. Estos administradores están asociados a un único municipio, por lo que solo podrán gestionar los reclamos que se hallen dentro del mismo.

En este documento se exponen las principales características y funcionalidades del sistema VizibilizAr, tanto para el rol “usuario” como para el rol “administrador”. Desde el primer rol se le permite al vecino crear y observar los reclamos (principalmente en su zona cercana), como así también publicar comentarios, agregar una foto o suscribirse a aquellos que crea pertinente. Y desde el papel de administrador se le permite observar y eliminar reclamos, borrar y publicar comentarios en ellos, actualizar sus estados y asociarlos a otros que poseen las mismas características.



Figura 1. Logo del sistema

Propósito

Casi de forma diaria las personas se encuentran con desperfectos en su barrio o con la ausencia de algún servicio básico. Contactar a la entidad responsable de este desperfecto involucra filas largas en algún establecimiento o esperar que conteste una persona en el teléfono, para ambos casos el

ciudadano debe invertir mucho tiempo para poder ser escuchado. Este software fue desarrollado con la función de hacer más directo, práctico y sencillo el vínculo entre el vecino y la municipalidad. Al proporcionarle esta herramienta cada ciudadano puede expresar su reclamo de una forma mucho más simple, sin documentos escritos y la burocracia que acarrea, como así también le ayuda a conocer las distintas problemáticas que aquejan a su barrio. A su vez, el encargado de recibir las demandas puede gestionarlas y dar respuestas de una forma más rápida e inmediata.

Desarrollo del software

La aplicación está basada en el paradigma de Programación Orientada a Objetos (POO), fue desarrollada en el lenguaje de programación Java haciendo uso del entorno de desarrollo integrado (IDE) Android Studio 3.0.1. Para su desarrollo se hizo uso de diferentes patrones de diseño tales como el adapter, maestro-detalle, builder y bridge. Para el almacenamiento y la consulta de datos se optó por hacer uso de un servidor externo junto con un gestor de base de datos

relacional MySQL. Se logra el acceso a esta base de datos mediante la conexión a una API desarrollada en el lenguaje PHP. Por último, como metodología de trabajo se eligió implementar una adaptación de la programación XP para poder aprovechar sus ventajas, tales como el uso del desarrollo incremental y programación en parejas.

En la figura 2 se muestra el diagrama entidad-relación del modelo de base de datos utilizada. Las entidades “Usuario”, “Reclamo”, “RespuestaReclamo” y “Estado” son las más significativas para la funcionalidad del sistema. Los usuarios son los que crean los reclamos, mientras que aquellos que poseen el rol de administrador son los encargados de dar una respuesta a los mismos y cuentan con la opción de cambiarles la situación actual. El diagrama de estados de un reclamo se describe en la figura 3, en él se visualiza que se inicializa con la condición de “Abierto”, como así también que aquel que posee el estado “Resuelto” puede volver a abrirse si se

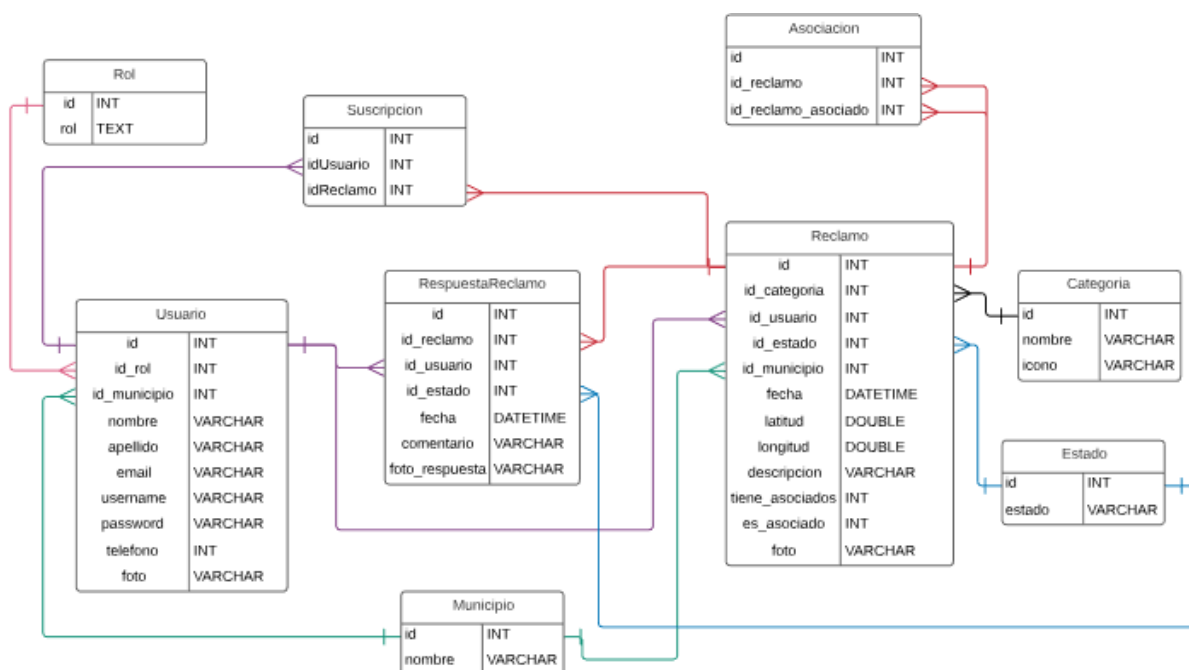


Figura 2. Diagrama Entidad-Relación

detecta que no se ha solucionado completamente.

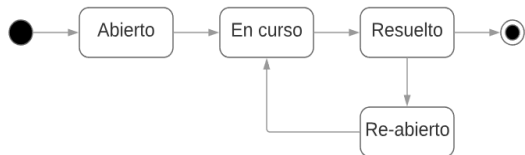


Figura 3. Diagrama de estado

Funcionalidades

La principal funcionalidad de la aplicación es la visualización y generación de reclamos hechos por los vecinos de un municipio. De esta manera, el municipio aprecia de forma sencilla y dinámica los reclamos generados. Además existe una retroalimentación entre los usuarios y los administradores mediante el uso de publicaciones/comentarios y suscripciones a reclamos.

El software consta con distintos módulos o secciones con funcionalidades bien definidas, a continuación se desarrollaran cada uno de ellos.

Módulo mapa

En esta sección se puede apreciar la zona cercana a donde se encuentra el usuario de la aplicación mostrando todos los reclamos que se encuentren dentro de la misma, mientras que el administrador los puede visualizar individualmente. El mismo se pudo lograr mediante el uso de la API Google Maps. Dichos reclamos se delimitan con un marcador, coloreados dependiendo al estado de cada uno, estos cuatro colores se corresponden con la siguiente tabla:

ESTADO	COLOR
Abierto	Rojo
En curso	Amarillo
Resuelto	Verde
Re-abierto	Naranja

Tabla 1. Características de los estados

Dentro de esta pantalla también contamos con un botón flotante, que al accionarlo nos redirige automáticamente a nuestra ubicación actual en el mapa, marcada con un marcador específico de color azul. En la figura 4 se visualiza el mapa de la aplicación del usuario y en la 5 para el administrador.



Figura 4. Mapa de la aplicación del vecino



Figura 5. Mapa de la aplicación del administrador

Módulo mis reclamos – Rol usuario

La aplicación presenta un listado con todos los reclamos realizados por el usuario. Por cada reclamo se muestra la categoría del mismo, una breve descripción, fecha y hora en la que se realizó, y una imagen (si es que la hay). Mediante este módulo, el cual se muestra en la figura 6, el usuario puede acceder a cada uno de los reclamos que hayan generados de una forma sencilla y rápida. Para la creación de este módulo se optó por utilizar el patrón de diseño Maestro-Detalle, en donde el maestro es el que se muestra en la figura 6 y el detalle es el módulo reclamo (ver figura 10).

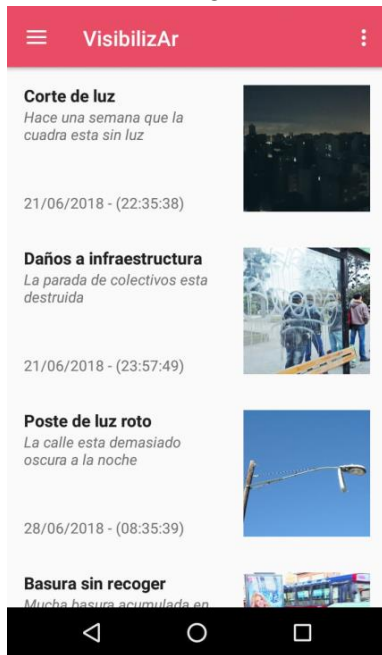


Figura 6. Listado de "Mis reclamos"

Módulo Reclamos – Rol administrador

El administrador tiene un filtro implícito de los reclamos según la sección de municipio que ingresa al sistema, por lo que puede visualizar y gestionar solo los de su partido. A parte de esto, también puede (mediante este módulo) buscar reclamos por estado, los cuales se muestran en forma de lista con la información más relevante de cada uno. En las figuras 7 y 8 se realiza una búsqueda de reclamos que se encuentren "En curso" en la

municipalidad de Quilmes. Es tan sencillo como dirigirse a la pestaña de reclamos y seleccionar el reclamo "En curso" para obtener un resultado exitoso.

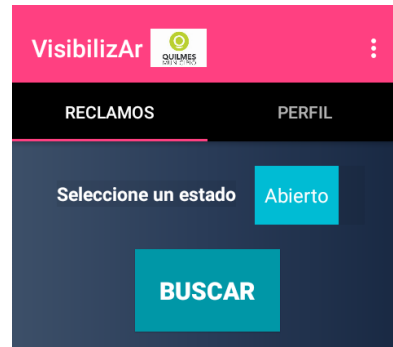


Figura 7. Buscar reclamos por estado

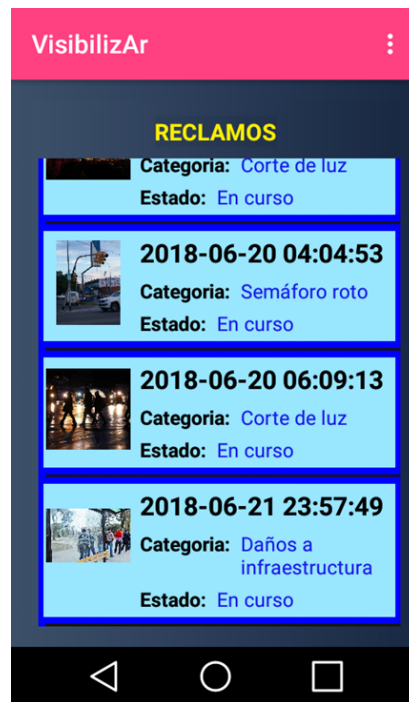


Figura 8. Resultado de la búsqueda

Módulo mis suscripciones – Rol usuario

Esta sección es similar a la funcionalidad de "mis reclamos" en cuanto al diseño, ya que los detalles mostrados de la queja son los mismos. La diferencia entre ambos es que los reclamos que se muestran en este módulo son aquellos a los que está suscripto el usuario. El concepto de "suscribirse a un reclamo" hace referencia a realizar un

seguimiento de una queja generada por otro usuario.

Módulo subir reclamo – Rol usuario

El software permite que los usuarios puedan crear y ver reclamos. La creación la hacen mediante este módulo el cual se muestra en la figura 9. Para generar un reclamo, se requiere que el usuario ingrese de forma obligatoria una descripción y categoría ya que la ubicación del reclamo se agrega automáticamente utilizando el GPS del dispositivo. Además, opcionalmente puede adjuntar una sola foto. Los reclamos que se encuentren en la aplicación son públicos, por lo tanto cualquier usuario puede verlos, suscribirse, comentarlos o adjuntar una imagen a modo de publicación. Una vez que se crea un reclamo este puede ser eliminado o editado únicamente por el administrador del pertinente municipio.



Figura 9. Creación de un reclamo

Módulo reclamo – Rol usuario

Muestra en detalle un reclamo específico, es decir, la fotografía que contiene (si existe), municipio al que pertenece, estado, fecha y

cantidad de suscriptores del mismo, como así también las publicaciones que pudiera tener. Como se puede observar en las figuras 10, 11 y 12, los comentarios realizados por administradores aparecen en color dorado, mientras que los realizados por otros usuarios aparecen en rosa. Por último, contiene un recuadro en blanco para escribir un comentario y con la posibilidad de adjuntar una imagen.



Figura 10. Visualización de un reclamo



Figura 11. Comentarios del reclamo.

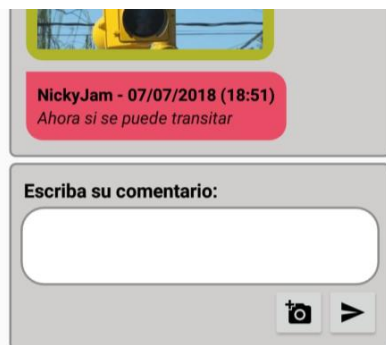


Figura 12. Sección donde se puede escribir un comentario.

Módulo reclamo – Rol administrador

Muestra la misma información que el inciso anterior, pero también con la posibilidad eliminar comentarios y reclamos, y ver la ubicación en el mapa del mismo con los datos más importantes. También se habilita una función que permite asociarlo o desasociarlo con otro reclamo, dependiendo del caso. El concepto de asociar un reclamo a otro se basa en la idea, solo desde el punto de vista del administrador y a su criterio, de considerar a los reclamos que contienen similares características (como la ubicación, descripción y categoría) como si fueran el mismo, entonces se unifican a modo visual

para así poder gestionarlos más eficientemente y sin réplicas de reclamos. En las figuras 13 y 14, se puede visualizar todas las características del reclamo seleccionado.



Figura 13. Visualización de un reclamo

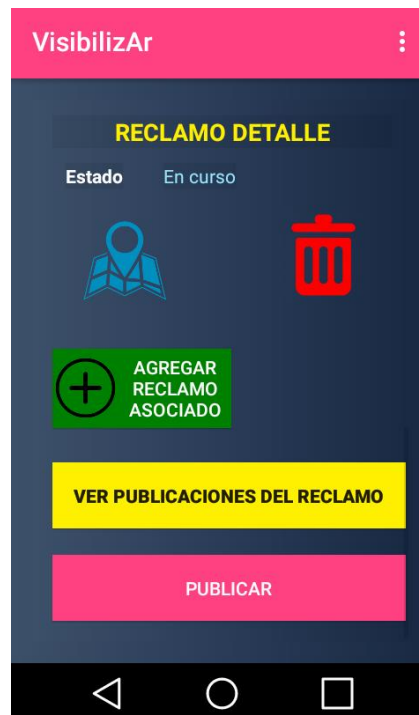


Figura 14. Funcionalidades permitidas sobre un reclamo

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Como se ha descrito antes, se visualizan cinco opciones: ver en mapa - eliminar reclamo - asociar reclamo - ver publicaciones - publicar (agregar un comentario). En las próximas ilustraciones se muestra las pantallas asociadas a cada opción, exceptuando la opción del mapa ya que sus funciones ya han sido explicadas (ver figura 5). Por otro lado, si se elige la opción de “Agregar reclamo asociado” se muestra un listado de reclamos cercanos geográficamente al seleccionado, tal como se muestra en la figura 15, permitiendo que el administrador decida si alguno de los reclamos se corresponde al seleccionado. Si es así, se unifican dado que el reclamo en cuestión fue replicado por otros usuarios.

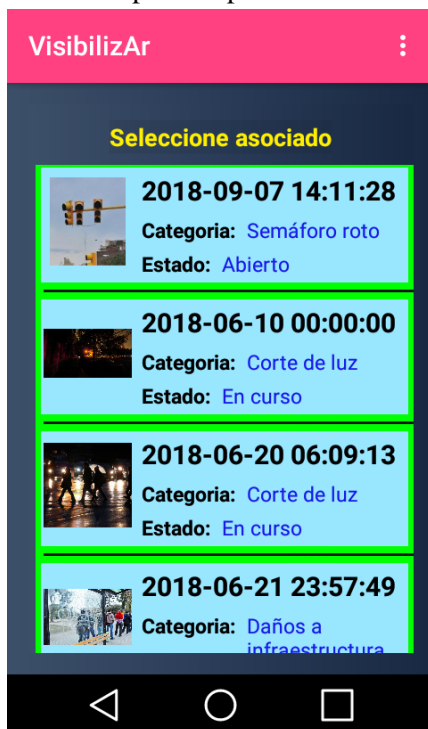


Figura 15. Listado de reclamos cercanos

En la figura 16 se exhibe el módulo “Publicaciones del reclamo”, la cual muestra una lista con las publicaciones hechas por los distintos usuarios del sistema incluyendo el estado del reclamo cuando la realizaron.



Figura 16. Comentarios que posee un reclamo

La última opción denominada “Publicar” se expone en la figura 17. Este módulo permite realizar un comentario al reclamo seleccionado. Además el administrador puede cambiar el estado del mismo, por ejemplo de “Abierto” a “En curso”, y opcionalmente agregar una fotografía.

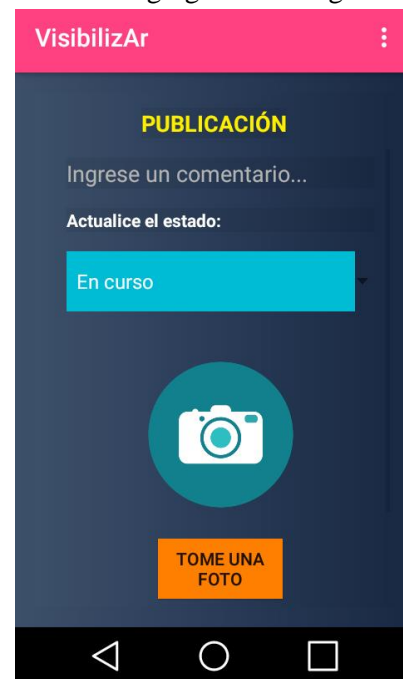


Figura 17. Ingresar un comentario

Conclusión y Trabajos Futuros

Se creó un sistema denominado “VisibilizAr” con el propósito de darle un cierre a los contenidos vistos en la asignatura de “Aplicaciones móviles” pero que no se trate solamente de un trabajo final de la materia sino que realmente tenga una función y un objetivo más allá de ella, que pueda serle útil a alguien ya que se desarrolló con un objetivo social claro, hacerle la vida algo más fácil a los ciudadanos. Una vez implementadas las funciones básicas, la aplicación se perfeccionó para incorporar una interfaz más amigable para los usuarios agregando algunas funcionalidades más. Por un lado, gracias a los contenidos que vimos durante toda la materia, pudimos concretar esas ideas que teníamos en un principio para este trabajo final, pudimos darle cuerpo y forma a esos bocetos que teníamos en mente. Y por otro lado, nos permitió desarrollar una herramienta que facilitará la vida de muchas personas. Por último, aún existen mejoras que se pueden realizar sobre la aplicación, como moderar los comentarios para evitar SPAM o verificar que los usuarios sean auténticos. Se espera que este software pueda ser de utilidad para los municipios, facilitando la comunicación entre los ciudadanos e ir perfeccionando las comunidades.

Referencias.

- [1] Documentación oficial de Android: <https://developer.android.com/guide/>
- [2] Guía oficial de Google APIs para Android: <https://developers.google.com/android/guides/overview>
- [3] Documentación oficial de Maps SDK para Android: <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/intro?hl=es>
- [4] Paul J. Deitel y Harvey M. Deitel “Como programar en Java” Séptima edición, 2008.
- [5] Material Design para Android: <https://material.io/develop/android/>
- [6] Documentación oficial de Android sobre performance: <https://developer.android.com/topic/performance/>
- [7] Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson y John Vlissides “Patrones de Diseño. Elementos de software orientado a objetos reutilizable” Primera edición, 2003.
- [8] Syntia Milena Meléndez, Maria Elizabeth Gaitan y Neldin Noel Pérez Reyez “Metodología ágil de desarrollo de software programación extrema”, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua UNAN-Managua, 2016.
- [9] Eckel, Bruce (1998). Piensa en Java (Edición española). España, Pearson Educación, 2002.
- [10] Compañía Exes, “Área de Programación y Desarrollo: Curso de Introducción a Java”: http://mundojava.net/el-lenguaje-java.html?Pg=java_inicial_4.html
- [11] Perry, J. Steven (IBM developerWorks), “Introducción a la programación Java, parte 1”: <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/java/tutorials/j-introjava1/index.html>
- [12] Java™ Platform Standard Ed. 7, “Lenguaje Java”. <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/text/SimpleDateFormat.html>
- [13] García, Daniel, “Patrones Estructurales: Patrón Adapter”: <https://danielggarcia.wordpress.com/2014/02/28/patrones-estructurales-i-patron-adapter-wrapper/>
- [14] Bosetti, Gabriela, “Design Patterns with UML: Adapter Pattern”: <http://design-patterns-with-uml.blogspot.com/2013/02/adapter-pattern.html>

El Riesgo de invertir en Bitcoins

Ulises Matías Condori Apaza, García Iván, Hyun Jun Lim, Saúl Alejandro Mamani Alania, Guido Ariel Martínez, Elisabet Lucia Vergara Díaz
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Bitcoin es una moneda electrónica descentralizada que no presenta vigilancia de ninguna autoridad y el riesgo que implica invertir en esta criptomoneda es un tema preocupante, por lo cual, en el presente trabajo se analiza la red Bitcoin desde su creación, sus generalidades y su comportamiento en la actualidad, explicando su naturaleza económica o financiera, presentando la situación del Bitcoin en Argentina con el fin de identificar si es beneficioso o no ser parte de este sistema.

Palabras Clave

Bitcoin. Moneda virtual. Criptomoneda. Riesgos de invertir en Bitcoin.

1. Introducción

Los Bitcoins han causado gran impacto en la economía actual, donde su principal característica es la descentralización, la forma “peer to peer” (de igual a igual) en donde no interviene un banco o el gobierno, simplemente una comunidad de usuarios en forma anónima, intercambian entre sí sus Bitcoins por bienes mediante transacciones [1]. Sin embargo, es muy cuestionado su marco legal, teniendo en cuenta que muchos desconfían de esta nueva tendencia virtual y, por tal motivo, ha sido prohibida su circulación, por ejemplo en China, “las decisiones implementadas por este país surgen principalmente porque, al no existir regulaciones contundentes, puede generar que quienes inviertan en monedas virtuales pierdan su dinero”[2].

La cotización de Bitcoins aún no es segura dado lo inestable que es su valor y cómo influye “su alta volatilidad de precio, lo cual genera que en la mayoría de las ocasiones, se fija en los precios de los

artículos basados en otras monedas y no vienen expresados en Bitcoins” [3].

Por otro lado, “[...] proporciona a los comercios una garantía de cobro plena, ya que cualquier operación, una vez ésta se haya validado, es irreversible.” [4]. El tema seguridad está muy bien cubierto aunque existen ciberataques para obtener Bitcoins.

Las personas que en sus operaciones admiten “monedas virtuales” deben tener en cuenta que su aceptación podría culminar en cualquier momento, ya que no se encuentran legalmente obligadas a reconocerlas como medio de pago [5].

Debido al empleo de la criptografía que otorga anonimidad a cada usuario, “el Bitcoin siempre fue objeto de fuertes críticas que lo definían como un potencial instrumento para cometer actos criminales e ilegales” [1] como, por ejemplo, lavado de dinero o fraude.

En este contexto el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es analizar la red Bitcoin desde su creación, sus generalidades y su comportamiento en la actualidad. Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se explica la red Bitcoin; en la sección 3, se explica la naturaleza económica de los Bitcoins; en la sección 4, se presentan los tipos de riesgos que se encuentran asociados al uso del Bitcoin; en la sección 5, se presenta la situación del Bitcoin en Argentina. Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo (Sección 6).

2. La red Bitcoin

Esta criptomoneda fue reseñada por primera vez en 1998 por Wei Dai, en la lista de correo 'cypherphunks'. En 2008, una persona inspirada por esta idea y la crisis financiera del momento, usando el seudónimo 'Satoshi Nakamoto' publicó un artículo mediante Cryptography Mailing List [6] describiendo la moneda que había desarrollado. En 2009 la red P2P (peer to peer) de Bitcoin entra en operatividad.

El funcionamiento de Bitcoin está basado en una base de datos distribuida en varios nodos de su red P2P, a la que se llama blockchain o cadena de bloques que es una "contabilidad pública compartida en la que se basa toda la red Bitcoin" [7], en esta red los diferentes nodos se conectan directamente entre ellos, sin la necesidad de un servidor central, para comunicarse las transacciones y los nuevos bloques del sistema, "Una transacción es una transferencia de valores entre monederos Bitcoin que se incluye en la cadena de bloques" [7], absolutamente todas las transacciones realizadas son difundidas entre los usuarios. Una transacción no es confirmada de forma inmediata, sino cuando pertenece a un bloque 'confirmado', se estima que se "necesita una hora para confirmar cada transacción, ya que cada bloque requiere diez minutos y es necesario esperar a que haya seis bloques detrás para tomar un bloque como confirmado" [8], este proceso se denomina minería, que es "un sistema de consenso distribuido que se utiliza para confirmar las transacciones pendientes a hacer incluidas en la cadena de bloques" [7]. En las transacciones se indican al menos una dirección de origen y otra de destino, también el monto de la operación.

Una dirección de Bitcoin es "una referencia que se utiliza para indicar al receptor de un pago, por lo que es necesario compartirla con otros usuarios de la red" [9]. Se representa como una cadena alfanumérica de entre 26 y 35 caracteres, que inician con 1 o 3, también

es común utilizar su representación como código QR [10]. Los usuarios de Bitcoin que quieran realizar una transferencia entre ellos, deben tener su propio monedero que contendrá sus direcciones de Bitcoin. Cada dirección de Bitcoin es un par de claves pública y privada, identificada con el algoritmo matemático comúnmente conocido como hash, de la clave pública más una suma de verificación. La clave privada sólo lo sabe su dueño y la utiliza para firmar sus transacciones.

3. Naturaleza Económica del Bitcoin

El Bitcoin representa un sistema monetario que "prohíbe el uso excesivo del poder de emisión, la tasa de crecimiento de su base monetaria viene establecida por un algoritmo matemático que permite que no exista un agente que pueda emitir dinero" [1].

Al carecer Bitcoin de una autoridad que lo regule, quien lo regula por default es el mercado con la aplicación de la Ley de oferta y demanda, además, como medio de intercambio depende de la aceptación en los puntos de comercio en una medida significativa. "Bitcoin es una moneda virtual que no tiene respaldo en el mundo físico, esta moneda es tan solo una entrada contable registrada que no existe como unidad en el ciberespacio, su existencia no radica en que existe sino que todos los miembros de la comunidad internauta creen que alguien posee determinadas unidades de Bitcoin" [11], las transacciones con esta moneda pueden realizarse a cualquier lugar del planeta a nivel nacional e internacional sin pasar por el sistema financiero.

Bitcoin está "protegido contra la inflación ya que tiene un suministro establecido, es decir, que no es ilimitado porque no se puede producir cuánto se deseen; de tal manera, la inflación no será un problema, porque mientras menos hayan, aumentará la demanda y por lo tanto el precio" [12]. El protocolo puntualiza que la cantidad total a generar es de 21 millones, ese es su

límite de circulación. En la figura 1 [13] se puede observar los Bitcoins en circulación (que actualmente es del 17,221.488), donde el lado izquierdo indica el total de los Bitcoins y, en la parte inferior indican las fechas actuales. Como se puede observar, la cantidad de Bitcoins en circulación está en constante aumento y aproximadamente para el año 2040 se pueden terminar de minar todas las monedas de Bitcoin [14].

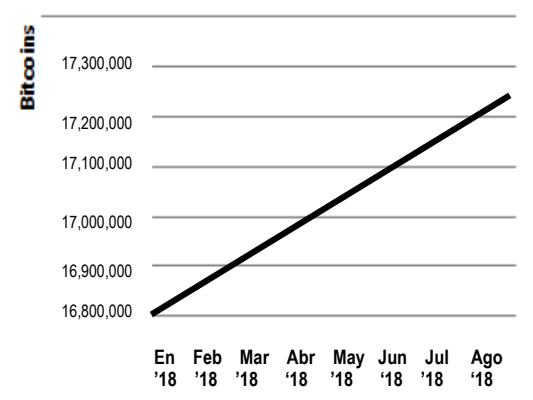


Figura 1: Total de Bitcoins en la actualidad.

Se estima que el dinero electrónico se va a establecer en el mundo, dejando atrás el rastro del dinero en papel; como por ejemplo, la situación en Argentina donde algunos años atrás se pagaban los pasajes de los colectivos con monedas, pero como se puede observar claramente, hoy en día, esta operación se realiza a través de una “tarjeta de transporte llamada SUBE (Sistema Único de Boleto Electrónico)” [15]. Muchos países comenzaron a usar Bitcoins tratando de implementar sus propias reglas, como por ejemplo, “en Brasil, las autoridades exigen información contable por medio de una declaración juramentada anual para los que poseen más de 1000 reales en Bitcoin” [11] y si se habla de un país que no sea de América Del Sur, se puede brindar como ejemplo a USA, que “quienes realicen 200 operaciones anuales de Bitcoin o ganen más de 20,000 USD con Bitcoin deben informar los movimientos realizados con la moneda llenando el formulario F-1099K” [11].

4. Riesgos asociados al uso de Bitcoin

El valor de Bitcoin se sustenta en la confianza que tengan los consumidores en él, ya que no se encuentra respaldado con ningún bien y sólo lo determina la oferta y la demanda del mercado, lo que produce que sea muy volátil (varía mucho de un momento a otro debido a cambios en las leyes, movimientos corporativos, noticias de prensa, etc [16]). Bitcoin tiene un sistema de intercambio de valores que se realiza a través de la red, lo cual no presenta vigilancia de ninguna autoridad; esta situación emblemática de evasión fiscal es lo que alerta a diferentes economías, ya que esta característica propia de la criptomoneda puede ser utilizada de manera fraudulenta por grupos criminales para blanquear sus ingresos [17].

El caso más grave se produjo cuando desaparecieron de Mt. Gox 850.000 Bitcoins. “La bolsa de Bitcoins Mt. Gox, con sede en Tokio, solicitó protección del gobierno tras bancarrota al reconocer la desaparición de 850.000 Bitcoins, un monto de dinero virtual que equivale a varios cientos de millones de dólares” [18], esta pérdida fue importante para la imagen de la moneda.

Si se pierden las claves de acceso por parte del usuario, ya no se puede ingresar a los mismos, por consiguiente, el usuario puede llegar a perder cantidades importantes de dinero. Otro riesgo, es “la tecnología empleada, ya que si esta no es segura, un hacker puede introducirse en el mismo y ‘hacer desaparecer’ el dinero almacenado” [18]. Los pagos con Bitcoins no son reversibles, solo pueden ser reembolsadas por la persona que recibe el pago. A causa de esta particularidad se debe tener cuidado al momento de realizar dichas operaciones con personas u organizaciones que son desconocidas.

5. Bitcoins en Argentina

Según el Bitcoin Market Potential Index, Argentina ocupa el primer puesto dentro de todos los países a nivel mundial con mayor capacidad de adopción del Bitcoin, esto debido a que “el país sufre de una inflación persistentemente alta, tiene una gran economía informal y experimenta regularmente crisis financieras” [19], es clave lograr que los usuarios ingresen al sistema voluntariamente para poder generar un aumento en el volumen que opera el sistema. “La resolución 300 de la UIF (Unidad de Información Financiera) indica que todo aquel sujeto que realice operaciones con monedas virtuales se encontrará obligado a informar dicha operatoria. Por otro lado, el BCRA emitió un comunicado informando que para el Estado Argentino el Bitcoin no cumple con las características de moneda mencionadas por la Constitución Nacional en su artículo 75 inciso 6, por lo tanto, no es una moneda de curso legal” [20], UIF fue asesorada por la ONG Bitcoin Argentina en la confección de la resolución 300 [21].

Sin embargo, en la Argentina existen comercios que se manejan con esta criptomoneda y por lo tanto, páginas web que funcionan como mapas para encontrar estos comercios en todo el mundo que utilicen como moneda de intercambio al Bitcoin. Una de ellas es CoinMap, donde están registradas alrededor de 9356 tiendas de todo tipo a nivel global, y 207 empresas en toda la Argentina utilizando Bitcoin como medio de pago [22], siendo su capital la ciudad en la que mayor volumen de negocios lo han implementado y lo utilizan en la actualidad entre las que se incluyen restaurantes, mecánicas, galerías de arte, locales de informática, etc. Con Bitcoin se puede comprar desde una hamburguesa o un sándwich hasta alquilar un Ferrari.

La manera de comprar y vender Bitcoins usada con mayor frecuencia es a través de casas de cambio (exchange), algunas de ellas son: Bitinka, ArgenBTC, Bitex,

Ripio, Satoshi Tango, Xapo [23]; también se puede hacer directamente a personas que los vendan por su cuenta, en este caso, se debe tener mucha precaución para evitar ser víctima de una estafa.

6. Conclusión

A través del presente trabajo de investigación se ha perseguido determinar cuáles son los factores que implica que la inversión en Bitcoins sea riesgosa. Por lo cual, se describió el origen de esta criptomoneda, sus generalidades y su comportamiento en la actualidad. En especial, se puso énfasis en los riesgos que presentan los Bitcoins; esta criptomoneda tiene un medio de pago descentralizado, no tiene un organismo central que lo controle como un país, banco, o entidad financiera, esta es una situación emblemática de posible evasión fiscal; se ha detectado que una de las características de esta criptomoneda, que es el anonimato de Bitcoin, lo hace lamentablemente ideal para operaciones y transacciones ilícitas. No existe legislación regulatoria bien definida para el uso y transacciones de Bitcoin, que lo ubica en una situación de inseguridad jurídica y de peligro de estafa a quienes realicen actividades con esta moneda virtual.

Como futura línea de trabajo, se tiene pensado analizar y evaluar posibles estrategias para aminorar las amenazas de desfalco.

Referencias

- [1]. Taboada. Bitcoinomics [en línea]. Victoria: Universidad de San Andrés, Septiembre 2014. [fecha de consulta 25 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2C7eJpk>
- [2]. Tecnosfera. ¿Por qué China odia los Bitcoins? [en línea] [fecha de consulta: 22 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wCQx8h>
- [3]. Muñoz, Esteban. La Moneda Digital [en línea]. España: Universidad de Jaén, Junio 2017. [fecha de consulta 25 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2NzK0IX>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [4]. Gorjón, Sergio. Divisas o moneda virtual: El caso de Bitcoin [en línea]. España, Enero 2014. [fecha de consulta 18 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PU3EKQ>
- [5]. Conexión ESAN. Bitcoin y las criptomonedas: Rentabilidad, riesgo y confianza [en línea] [fecha de consulta 29 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2wvJqz8>
- [6]. Satoshi Nakamoto. Cryptography Mailing List Emails [en línea] [fecha de consulta 29 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2LNju7u>
- [7]. ¿Cómo funciona Bitcoin? [en línea] [fecha de consulta 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://Bitcoin.org>
- [8]. Rodríguez, Margarita. Análisis de tecnologías Bitcoin y Blockchain [en línea]. España, Diciembre 2017. [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KElclg>
- [9]. Rosales, Moisés. Bitcoin: Una visión general. Revista digital universitaria [en línea]. Enero 2017, Vol.18, Núm. 1, Art. 11. [fecha de consulta 28 agosto 2018]. ISSN 1607-6079. Disponible en: <https://bit.ly/2wzUgTU>
- [10]. Código QR [en línea] [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2fsXTne>
- [11]. Gálvez, Arturo. Dinero electrónico bitcoin como instrumento financiero [en línea]. Ecuador: Universidad de Guayaquil, 2017. [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2ottLfk>
- [12]. ¿Qué es Bitcoin? [en línea] [fecha de consulta 31 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2DiLZFM>
- [13]. Bitcoins en Circulación [en línea] [fecha de consulta 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.blockchain.com>
- [14]. Bitcoin: Conoce cómo funciona la nueva moneda universal [en línea] [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2vaKGGn>
- [15]. Red SUBE [en línea] [fecha de consulta 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/sube>
- [16]. Por qué sube y baja el precio del Bitcoin [en línea] [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2C4xolB>
- [17]. Millennials: Estos son los riesgos de invertir en Bitcoin y ether. [en línea] [fecha de consulta 31 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2NcLUfg>
- [18]. La voz. Bolsa de Bitcoins se disculpa por la bancarrota [en línea] [fecha de consulta 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PSqmDj>
- [19]. Garrick, Hileman. The Bitcoin Market Potential Index [en línea]. London. [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MHoNKj>
- [20]. Pucich, Marisa. Bitcoins: Tratamiento contable e impositivo para sociedades en Argentina [en línea] Argentina, septiembre 2016. [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2PZpyN4>
- [21]. ONG Bitcoin Argentina [En línea] [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.bitcoinargentina.org/>
- [22]. CoinMap [en línea] [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2KAPGdu>
- [23]. Jaimovich, Desirée. Cómo y dónde comprar Bitcoins [en línea] [fecha de consulta 28 agosto 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2LGOzJu>

Deep Learning, la tecnología del mañana

Erik Leonel Otero, Andres Ezequiel Figueroa, Tom Fiszon, Guido Segesso,
Yago Graña De Brasi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

La sociedad vive en una era donde la tecnología avanza cada vez más rápido. La Inteligencia Artificial ya es un hecho, y cada vez se consigue que las computadoras logren más acciones por sí mismas, el campo del Machine Learning se encarga de crear sistemas que aprendan nuevas funciones sin la necesidad de ser programadas previamente para ello, utilizando distintas técnicas de aprendizaje. En el presente artículo, se desarrollara el concepto del Deep Learning, una de las técnicas con más impulso en la actualidad, la cual se rige con un sistema de Redes Neuronales Artificiales. Analizar cuáles son sus ventajas y desventajas, su relación con otros sistemas pertenecientes a la Inteligencia Artificial y el enfoque utilizado en los últimos años.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Machine Learning, Redes Neuronales Artificiales, Deep Learning

1. Introducción

El Aprendizaje Automático, también llamado Machine Learning (ML), se describe como una técnica de Inteligencia Artificial (IA) donde la computadora logra aprender a hacer cosas sin ser programadas para ello previamente. Dentro de este marco se puede encontrar que una metodología que asimila de manera más eficiente las mejores cualidades del aprendizaje automático es el Deep Learning (DL), el cual aprovecha las fortalezas de dos sistemas que a nivel estructural son bastante diferentes: la velocidad de procesamiento de la máquina y el reconocimiento de patrones del cerebro humano [1]. Al conectar Redes Neuronales Artificiales (RNA) a través de varias capas que se ocupan de distintas funciones permite la fragmentación de la información en múltiples aspectos, y de esta manera, procesa de forma más eficiente y otorga la

posibilidad de enfocarse en varios temas simultáneamente [2;3]. Además no requiere tanta supervisión humana por lo que disminuye el margen de error aún más [1]. En este ámbito, el objetivo del presente trabajo (realizado en la cátedra de “Sistemas y Organizaciones”, primer año de cursada) es comprender las principales aptitudes del Deep Learning y analizar su impacto a futuro, teniendo en cuenta el enfoque dado en la actualidad y las ventajas propias que posee. Para cumplir con dicho objetivo el presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se introduce las bases del DL para poder explicar su funcionamiento y elementos básicos; en la sección 3, se explica, brevemente otros sistemas, como algoritmos genéticos y aprendizaje por refuerzo; en la sección 4, se establecen parámetros de comparación y se detallan las relaciones que tiene con los demás sistemas antes mencionados. Finalmente en la última sección se detallarán las conclusiones obtenidas.

2. Deep Learning

DL no es más que un conjunto de técnicas y procedimientos algorítmicos basados en ML para lograr que una máquina aprenda de la misma forma que lo hace un ser humano [1]. Siendo más precisos, se habla de una familia de algoritmos cuyo propósito es simular el comportamiento que lleva a cabo nuestro cerebro para reconocer imágenes, palabras o sonidos.

Si bien el ML se ha convertido en un elemento dominante en el campo de la IA, presenta ciertos problemas. Por un lado, consume muchísimo tiempo. Por otro, aún no constituye una verdadera medida de

inteligencia de máquina ya que su implementación más utilizada que es el aprendizaje supervisado, se apoya en la inteligencia humana para proponer las abstracciones que permiten que el ordenador aprenda [4].

Para empezar, en el enfoque DL se usan estructuras lógicas que se asemejan en mayor medida a la organización del sistema nervioso de los mamíferos, teniendo capas de unidades de proceso (neuronas artificiales) que se especializan en detectar determinadas características existentes en los objetos percibidos.

Nuestro encéfalo tiene una microarquitectura de gran complejidad, en la que se han descubierto núcleos y áreas diferenciados cuyas RNA están especializadas para realizar tareas específicas.

Los modelos computacionales de DL imitan estas características arquitecturales del sistema nervioso, permitiendo que dentro del sistema global haya redes de unidades de proceso que se especialicen en la detección de determinadas características ocultas en los datos. Como se puede observar en la figura 1 conforme más capas de neuronas haya, más será la abstracción de dichas características (de ahí el término deep: profundo) [5].

FIGURA 1-*Comparación entre el modelo básico de red neuronal y Deep Learning-*

Para lograr esto utiliza como estructura básica al perceptrón, modelo matemático que llevado a la práctica tiene como fin imita la neurona, como se ve en la figura 2. A su vez el perceptrón multicapa, un derivado del perceptrón, es fundamental para el funcionamiento de las RNA actuales. Este se caracteriza por presentar

una no-linealidad en la salida, capas de neuronas ocultas y un alto grado de conectividad. Utiliza el algoritmo de retropropagación de error, mediante el cual logra “aprender de errores pasados”.

FIGURA 2-*Neurona artificial-*

DL, a diferencia de lo que ocurre con el aprendizaje de máquina, está menos sometido a supervisión. Implica, entre otras cosas, permitir que el ordenador aprenda y “piense” por sí mismo sin necesidad de intervención humana directa, procesa la información a través de la práctica, imitando el aprendizaje que realiza el humano, careciendo de una información completa de las reglas. Conforme la red vaya recibiendo información irá tomando decisiones correctas en un mayor porcentaje de ocasiones. El algoritmo irá evolucionando gracias a la alimentación de millones de ejemplos, logrando una mejora con el tiempo, dependiendo de la complejidad de la tarea [6].

Diversos expertos señalan que el DL tiene un amplio campo de investigación en técnicas avanzadas de seguridad unidas a los algoritmos de probabilidad, gracias a su aplicación en el mundo del Big Data y el Internet de las Cosas.

Google, Apple e IBM fueron de las primeras empresas que apostaron por este sistema y actualmente siguen apoyándose en startups que les aportan la innovación que necesitan, sobre todo en los problemas de percepción que implican habilidades intuitivas y naturales para los seres humanos pero muy difíciles para las máquinas [7].

En la actualidad, algunas compañías utilizan DL en:

- Orientación de anuncios y predicción de las preferencias de los clientes.
- Exploración de la posibilidad de reutilización de fármacos ya conocidos y probados para su uso contra nuevas enfermedades.
- Localización de caras e identificación de emociones faciales.
- Detección y prevención de las amenazas sofisticadas en tiempo real en el campo de la ciberseguridad [8].

3. Otros sistemas

Otras disciplinas, dentro del marco de la IA, con bastante importancia son el aprendizaje por refuerzo (AR) y los Algoritmos Genéticos (AGs).

3.1 Aprendizaje Reforzado

Área perteneciente al campo del aprendizaje automático (al igual que DL) que estudia la generación de algoritmos capaces de aprender de su entorno.

El AR de un “agente”, consiste en que este aprenda qué “acciones” realizar cuando se encuentra en cierto “estado”, de modo de maximizar una recompensa. El agente interactúa con un entorno definido, y las acciones que este realiza modifican dicho entorno. De aquí se puede desprender dos características de este tipo de aprendizaje: primero, debe definirse el entorno y una representación discreta de este, que corresponde al estado; segundo, el agente debe ser capaz de identificar en qué estado se encuentra y las recompensas asociadas a cada estado [9].

FIGURA 3- Componentes principales del aprendizaje reforzado-

La principal diferencia del AR con otros tipos de aprendizaje es que usa como información para el entrenamiento la evaluación de las acciones y el resultado de estas en el entorno, en vez de instruir al agente diciéndole que acción tomar [10].

En la figura 3 se observa un esquema básico del funcionamiento del sistema. El agente debe experimentar el entorno mediante la realización de acciones. Los estados a los que llega el agente como resultado de dichas acciones llevan asociados una recompensa, la cual se trata de maximizar en el largo plazo (función valor) por el agente mediante una “política”, o en otras palabras, mediante un mapeo de estados a acciones [11].

El agente tiene que explotar aquellas acciones que ya conoce para obtener una estimación fiable de sus recompensas esperadas y tiene que explorar también con el fin de seleccionar mejores acciones en el futuro.

Históricamente, los algoritmos de aprendizaje por refuerzo han sido motivados principalmente estableciendo conexiones con la teoría de control óptimo. La primera aplicación fue el programa para jugar damas de Samuel. En la actualidad, existen diversos programas que estiman la función valor del problema de forma estocástica, es decir, a partir de muestras y sin conocimiento previo de los datos del problema [12].

- Watson (IBM) - campeón en el juego de Jeopardy (2011).
- Atari 2600 - se aprendió cómo jugar 46 videojuegos, superando en 29 a humanos.
- Múltiples aplicaciones en robótica.
- Control del péndulo invertido.

3.2 Algoritmos Genéticos

Estos son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Se basan en la teoría de la

evolución biológica de Darwin para la resolución de problemas. Esta teoría plantea que a lo largo de las generaciones, las poblaciones evolucionan en la naturaleza de acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes.

Por imitación de este proceso, el AG es capaz de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas [13; 14].

El problema que confrontan los AGs consiste en identificar dentro de un espacio de hipótesis candidato, la mejor, donde la mejor hipótesis es aquella que optimiza una medida numérica predefinida para el problema, llamada adaptación (fitness) de la hipótesis. Por ejemplo, si la tarea de aprendizaje es el problema de aproximar una función desconocida dado un conjunto de entrenamiento de entradas y salidas, la adaptación puede definirse como la precisión de la hipótesis sobre el conjunto de entrenamiento (porcentaje de éxitos al predecir la salida). Aunque los detalles de implementación varían entre diferentes AGs, todo comparten en general la siguiente estructura: El algoritmo opera iterativamente, actualizando un conjunto de hipótesis llamada población. En cada iteración, todos los miembros de la población son evaluados de acuerdo a una función de adaptación. Una nueva población es generada, seleccionando probabilísticamente los individuos de mayor adaptación en la población presente. Algunos de estos individuos pasan intactos a la siguiente generación y otros son seleccionados para crear una nueva prole [15].

Como se puede ver en la figura 4 el paso a la siguiente generación está dado por una serie de operadores genéticos, los más empleados suelen ser:

- Selección: la probabilidad de cada miembro de ser incluido en la siguiente generación será proporcional a la puntuación dada según la función de adaptación.
- Cruce: Los individuos son recombinados con el fin de que el “descendiente” mejore la aptitud de sus “padres”.
- Mutación: Se modifican ciertos genes de forma aleatoria atendiendo a una probabilidad de mutación establecida con anterioridad. Si se abusa de la mutación, se puede caer en una simple búsqueda aleatoria [16].
- Copia: Consiste en la copia de un miembro en la siguiente generación, su porcentaje suele ser reducido para evitar riesgos de convergencia prematura (deja de haber cambios en la población) [17].

FIGURA 4-Operadores genéticos-

Estos pasos se repetirán hasta que se de una condición de terminación. Se puede fijar un número máximo de iteraciones antes de finalizar el algoritmo genético o detenerlo cuando no se produzcan más cambios en la población (convergencia del algoritmo). Esta última opción suele ser la más habitual.

La aplicación más común de los AGs ha sido la solución de problemas de optimización, en donde han mostrado ser muy eficientes. Se pueden encontrar estas áreas de aplicación:

- Ubicación de archivos en sistemas de almacenamiento distribuido.
- Diseño de circuitos integrados.
- Optimización de la infraestructura de telefonía celular.
- Ingeniería Aeroespacial.
- Encriptación y Breaking Code.
- Estrategias de finanzas e inversión.
- Robótica.

4. Paralelismo entre Deep Learning y otros sistemas

Dentro del conjunto del ML, se pueden agrupar los distintos algoritmos en función de sus salidas.

FIGURA 5-*subconjuntos de machine learning-*

Como se ve en la figura 5, el DL pertenece al campo del aprendizaje supervisado donde el programa produce una función que establece una correspondencia entre las entradas y las salidas deseadas del sistema. En cada paso iterativo de prueba y perfeccionamiento del modelo se compara la decisión tomada con la respuesta asignada a esa situación. Es relativamente rápido y necesita pocos recursos computacionales pero depende de la intervención humana para etiquetar la información utilizada en los entrenamientos y corregir manualmente los errores haciéndolo un proceso lento y costoso.

Por su parte, el aprendizaje por refuerzo se encuentra en el límite entre el aprendizaje supervisado y no supervisado siendo su sistema menos susceptible al error humano. Busca que las máquinas aprendan a decidir mediante un sistema de retroalimentación

por propia experiencia sin necesidad de conocimiento previo del entorno o de las variables utilizadas, y realizar de forma satisfactoria cuestiones abstractas más avanzadas [20]. Además, de los tres campos es el más apegado a la psicología conductista humana ya que es un modelo de acción-recompensa que busca ajustarse a la “mejor” recompensa dada por el ambiente.

Dentro de sus limitaciones se encuentran las problemáticas de exploración y generalización y la memoria utilizada por su característica estocástica.

Aun apoyándose en la ingenuidad humana, el aprendizaje profundo a logrado separarse bastante (gracias a su arquitectura interna) de esa relación de dependencia ineficiente. En los métodos tradicionales de aprendizaje supervisado, la extracción de características y la tasa de éxito depende en su totalidad de la capacidad del programador, este algoritmo construye el conjunto de características por sí mismo basándose en el aprendizaje desde el ejemplo y sin supervisión, generando así uno más rápido y por lo general más preciso.

Es importante agregar que con el fin de lograr un nivel aceptable de precisión, los programas de aprendizaje profundo así como la mayoría de los algoritmos pertenecientes al ML requieren acceso a inmensas cantidades de datos de entrenamiento y poder de procesamiento, ninguno de los cuales estaba fácilmente disponible para los programadores hasta la era de los grandes datos y la computación en nube [21].

Actualmente, ya existen proyectos que pretenden combinar estas dos clases de algoritmos, por ejemplo Google en 2014 adquirió la empresa Deep Mind (fabricante del mencionado programa basado en aprendizaje reforzado que le ganó al mejor jugador de Go de todos los tiempos) que en conjunto con sus investigadores buscaron seguir subiendo escalones con la introducción del aprendizaje reforzado profundo. En 2015, una nueva start up de

IA llamada Osaro afirmó haber incluso superado a Google en este nuevo avance, también hay investigaciones sobre la búsqueda de nuevas plataformas que sean más estables, maduras y que cuenten con las herramientas de análisis necesarias para utilizarse en la investigación y experimentación.

Como se ve en la figura 6 ML también puede clasificarse según las técnicas utilizadas

FIGURA 6-*elementos de machine learning-*

Las RNA habían sido dejadas de lado hace mucho tiempo por la comunidad investigadora debido a su costo computacional, pero con innovaciones en arquitecturas paralelas y el surgimiento del DL han obtenido un gran impulso. De hecho, le otorgó al DL la arquitectura adecuada para explotar sus ventajas y crear un sistema de autoaprendizaje muy eficiente similar al del cerebro humano en muchos aspectos [22]. Esa es su mayor ventaja, la capacidad de ser utilizada como mecanismo de función de aproximación arbitraria que “aprende” a partir de datos observados. Las conexiones entre las neuronas artificiales tienen pesos numéricos que se adaptan según la experiencia, de esta manera son capaces de aprender. Usa una cascada de capas con unidades de procesamiento no lineal para extraer y transformar variables, cada capa usa la salida de la capa anterior como entrada derivando niveles de representación que corresponden con diferentes niveles de abstracción formando una jerarquía de conceptos. Esta es la principal causa de su

efectividad en reconocimiento de patrones y de qué están tan ligadas al DL al punto de no poder nombrarlo aisladamente sin dar alguna introducción sobre este sistema. Además, si la elección del modelo y el algoritmo de aprendizaje son apropiados puede resultar una red neuronal extremadamente robusta (con capacidad de tolerar cambios aleatorios que no produzcan continuamente errores).

Por otro lado, se encuentran los algoritmos genéticos basados en la teoría darwiniana que simulan la selección natural. Poseen la habilidad de evaluar muchos parámetros simultáneamente y funcionan particularmente bien resolviendo problemas donde existen muchas soluciones posibles y/o problemas de optimización. Resultan fáciles de ejecutar en las modernas arquitecturas masivas en paralelo y usan operadores probabilísticos en vez de los típicos operadores determinísticos de otras técnicas [23].

Aunque también tienen ciertas desventajas, por ejemplo, necesitan una buena definición y/o representación del problema y el lenguaje utilizado para especificar soluciones candidatas debe ser robusto. Además pueden tardar mucho en converger, no converger en lo absoluto o converger prematuramente y atascarse en óptimos locales (no globales).

Por lo expresado, ambos podrían ser considerados como modelos alternativos competitivos sobre todo en mecanismos de optimización. En términos técnicos, se podrían hacer modelos mixtos y/o híbridos donde se combinen las ventajas de ambos pero el material disponible en ese campo es muy poco, el origen de esta situación podría ser el hecho que forman dos escuelas separadas dentro de la IA y la mayoría de investigadores tiene preferencia en perfeccionar alguno de los dos antes de intentar unirlos. Por eso, se han desarrollado estudios que analizan sus respuestas frente a una problemática designada (predicción de índices bursátiles

por ejemplo) con el fin de determinar en qué aplicaciones o enfoques es más eficiente uno o el otro.

5. Conclusión

En los últimos años DL ha producido toda una revolución en el campo del ML, con resultados impresionantes en problemas de percepción difíciles para las máquinas desde sus inicios. En muchos sentidos, todavía sigue siendo un campo misterioso para explorar por lo que seguramente se verán nuevos avances en distintas disciplinas utilizando esta técnica.

Lo que sí es cierto es que tiene un área de acción en la cual es completamente predominante por sobre todo los demás modelos existentes: la extracción de patrones de comportamiento. Gracias a esto, el DL ha empujado a la sociedad hacia otra realidad en la que es capaz de interpretar de otra forma el mundo a través del reconocimiento de imágenes, el análisis del lenguaje natural y la anticipación de muchos problemas. El hecho de que estos algoritmos puedan generar sus propias conclusiones incluso plantea la posibilidad de que en el futuro ayuden o suplanten a los científicos en su tarea, desarrollar software y muchas cosas más.

Además, la existencia de proyectos que combinen distintos modelos de aprendizaje y/o técnicas y que hayan logrado aprovechar las ventajas de cada uno, da la pauta de que es muy probable que el enfoque que se le ha dado los últimos años no haya sido el correcto, no son simplemente subconjuntos distintos de la IA y del ML, sino sistemas que pueden complementarse y generar nuevos avances. Por ejemplo, muchos expertos ya afirman que el futuro de la IA se encuentra en la unión entre el aprendizaje profundo y el reforzado (ambos asimilan en ciertos aspectos la biología humana). Del mismo modo, los análisis de comparación de resultados entre RNA y algoritmos

genéticos muestran un mayor nivel de predicción por parte de los primeros, y mejores resultados del segundo en problemas de optimización, también se plantean proyectos donde se combinan en forma de cadena tratando de maximizar sus virtudes inherentes.

Sin la necesidad de entrar demasiado en detalle acerca de la teoría del DL y los otros modelos, es visible el potencial que tiene esta rama de la ciencia y el aprendizaje profundo en particular tanto en la actualidad como en el futuro. Es un fenómeno que por coincidencia (o no) se dio en conjunto con la tormenta del Big Data y un gran progreso en el poder de cómputo. La cantidad masiva de datos (y el costo de todo lo que involucra como procesamiento y almacenamiento) que precisa DL para llegar a una respuesta considerable como óptima hoy en día es de sus mayores limitaciones, solamente empresas de nivel como Google pueden darse el lujo de tratar con esta tecnología de vanguardia, aunque con el impulso que está teniendo y que tendrá no sería extraño ver en los siguientes años grandes avances en este rubro.

6. Agradecimientos

Este trabajo fue promovido y guiado por el equipo a cargo de Ma. Florencia Pollo-Cattaneo, con la ayuda de Rocio Leguizamon, pertenecientes a la cátedra de Sistemas y Organizaciones de la UTN-FRBA.

7. Referencias

- [1] GUYON, Isabelle. Introduction to Machine Learning. Slides and Videolecture, 2008. Disponible en: <http://cort.as/-A66V>. Último acceso: Junio 2018
- [2] GAMARRA, Camilo s; RÍOS, Manuel. Aplicación de técnicas de aprendizaje profundo para la clasificación y reconocimiento de objetos en imágenes. Universidad Santo Tomas-Facultad de Ingeniería Electrónica, Bogotá D.C, 2018. Disponible en: <http://cort.as/-A66j>. Último acceso: Junio 2018

[3] GARCÍA NAVARRO, Bryan. Implementación de técnicas de deep learning. Trabajo de fin de grado. Universidad de La Laguna. 2015. Disponible en: <http://cort.as/-A622>. Último acceso: Mayo 2018

[4] Raúl Pino Díez, Alberto Gómez, Nicolás de Abajo Martínez. Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes. Disponible en: <http://cort.as/-A62S>. Último acceso: Junio 2018

[5] GOMEZ, Maria. Aprendizaje profundo. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, 2016. Disponible en: <http://cort.as/-A8pl>. Último acceso: Junio 2018

[6] ¿Qué es el Aprendizaje Profundo? Disponible en: <http://cort.as/-A8pQ>. Último acceso: Julio 2018

[7] Claves de la inteligencia artificial. Disponible en: <http://cort.as/-A9ym>. Último acceso: Julio 2018

[8] ¿Qué es el Deep Learning y para qué sirve? Disponible en: <http://cort.as/-A9z5>. Último acceso: Julio 2018

[9] GUIRALDES, Pablo. Aprendizaje reforzado orientado a la toma de decisiones en el fútbol robótico. Universidad de Chile- Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2009. Disponible en: <http://cort.as/-A7QX>. Último acceso: Julio 2018

[10] SUTTON, Richard S. Introduction: The challenge of reinforcement learning. En Reinforcement Learning. Springer, Boston, MA, Disponible en: <http://cort.as/-A7Qb>. Último acceso: Agosto 2018

[11] HERNANDEZ, Daniel. Estudio y desarrollo de algoritmos por refuerzo a partir de optimización dual. Tesis(Master), 2017. Disponible en: <http://cort.as/-AAER>. Último acceso: Junio 2018

[12] Aprendizaje por refuerzo: algoritmo Q Learning. Disponible en: <http://cort.as/-A66m>. Último acceso: julio 2018

[13] NESMACHNOW, Sergio. Algoritmos genéticos paralelos y su aplicación al diseño de redes de comunicaciones confiables. 2004. Disponible en: <http://cort.as/-A8UK>. Último acceso: Julio 2018

[14] Algoritmos genéticos. Disponible en: <http://cort.as/-A8UG>. Último acceso: Mayo 2018

[15] DÍAZ, Hernán, MADRIGAL, Carlos. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA

OBTENER COEFICIENTES DE ABSORCIÓN DE RUIDO. Disponible en: <http://cort.as/-A8Wq>. Último acceso: Julio 2018

[16] HERNÁNDEZ GUERRA, Alejandro. Aprendizaje automático: Algoritmos genéticos. Universidad Veracruzana, 2004. Disponible en: <http://cort.as/-A8UE>. Último acceso: Junio 2018

[17] BERZAL, Fernando. Predicción de enlaces. Disponible en: <http://cort.as/-A8V>. Último acceso: Agosto 2018

[18] ARRANZ DE LA PEÑA, Jorge; PARRA TRUYOL, Antonio. Algoritmos genéticos. Recuperado el 2007. Disponible en: <http://cort.as/-A8Ua>. Último acceso: julio 2018

[19] Marcos Gestal, Daniel Rivero, Juan Ramón Rabuñal. Introducción a los Algoritmos Genéticos y la Programación Genética. Universidad de la Coruña, 2010. Disponible en: <http://cort.as/-A6zA>. Último acceso: Agosto 2018

[20] Aprendizaje reforzado: cuando las máquinas aprenden solas. Disponible en: <http://cort.as/-ABW3>. Último acceso: julio 2018

[21] Aprendizaje profundo. Disponible en: <http://cort.as/-ABW6>. Último acceso: Agosto 2018

[22] Machine Learning y Deep Learning: cómo entender las claves del presente y futuro de la inteligencia artificial. Disponible en: <http://cort.as/-ABW9>. Último acceso: Julio 2018

[23] Algoritmos genéticos. Disponible en: <http://cort.as/-ABWB>. Último acceso: Junio 2018

Datos de Contacto:

Erik Leonel Otero. UTN-FRBA. Banfield 1828. E-mail: oteroerik52@gmail.com

Andres Ezequiel Figueroa. UTN-FRBA. Lomas de Zamora 1286. E-mail: figueroaandres102@yahoo.com.ar

Yago Graña De Brasi. UTN-FRBA. Capital Federal 1227. E-mail: yagograna@outlook.es

Guido Segesso. UTN-FRBA. Olivos 1636. E-mail: guido.segesso@hotmail.com

Tom Fiszson. UTN-FRBA. CABA 1022. E-mail: fiszontom@gmail.com

B-Way: sistema de localización de interiores para aeropuertos

Cané, Juan Mateo^{a,*}; Casteglione, Jonás^a; Monja, Matías^a; Vincelli, Ernesto^a; y Welschen, Facundo^a

^aUniversidad Tecnológica Nacional, Sistemas de Información

Abstract

En el presente trabajo se presenta un sistema diseñado para la localización en interiores para aeropuertos. El producto pretende ser un asistente que ayude a mejorar la experiencia del usuario en aeropuertos. Para eso se proponen las siguientes características: Orientación (WayFinding), con la cual el usuario dispondrá desde su dispositivo móvil un mapa del aeropuerto con una guía para llegar hasta el lugar deseado; notificaciones de promoción en tiempo real (LiveNotification): con el cual cuando una persona circula cerca de un establecimiento que posee un beacon homologado se le envía, al dispositivo, una notificación push con una promoción; información de flujo (FlowAnalysis), mediante la información de ubicación recolectada de todos los usuarios se infiere la densidad de personas en determinados lugares de interés y la velocidad de flujo en sectores como aduana; e información adicional del vuelo (UserSupport), que permite saber los detalles del vuelo de interés, estado, horarios, puertas de embarque y check in y despacho de valijas. También se incluirá información general de la aerolínea, tamaño y peso de valijas y lista de objetos prohibidos en el vuelo, etc.

Palabras Clave

Geolocalización; aeropuertos; Beacons; Bluetooth; way finding; live notification; flow analysis; user support

Introducción

La geolocalización de personas o lugares tradicionalmente ha estado limitada al uso del GPS, tecnología ideada inicialmente para un uso militar y que ha ido evolucionando hasta formar parte de nuestra actividad diaria con infinidad de aplicaciones prácticas (GPS de vehículos –coches, barcos, etc., actividades al aire libre –running, montañismo, etc.,

estadísticas personales de salud, etc.)[1]. Sin embargo, el uso de esta tecnología no puede ser aplicada en lugares cerrados debido a su baja precisión [2–5].

Para la localización en tiempo real dentro de un edificio se requiere de dispositivos especializados (etiquetas RFID activas y otros sistemas más complejos) [6–8] y con altas necesidades de inversión, por lo que, en primer medida se comenzó a utilizar en sectores muy específicos, por ejemplo en el sector logístico para la localización y seguimiento de ciertas mercancías y contenedores o en el sector sanitario, para tener ubicados algunos materiales y dispositivos médicos de urgencia o de alto valor económico.

Sin embargo, como en el caso del GPS, gracias a la evolución de la tecnología, hoy podemos disponer de esta funcionalidad a un coste mucho más bajo gracias a la tecnología wifi, a los beacons, y por supuesto, a la enorme penetración de los teléfonos inteligentes (smartphones) en la sociedad. De hecho, son los smartphones una de las claves que ha permitido interactuar con el usuario para poder brindarle todas las ventajas de la tecnología de localización en interiores y ofrecer servicios de valor añadido que hasta ahora no era posible. Los sistemas de localización permiten, además, obtener información sobre el comportamiento de los usuarios en dichos espacios cerrados, lo que ofrece utilidades muy variadas a los gestores y/o propietarios del mismo.

Inicialmente la tecnología se desarrolló

sobre puntos de acceso WI-FI, que permitan enviar y recibir datos e identificar la posición de un usuario a través de su teléfono móvil. Un método de localización conocido como TDOA (Time Difference Of Arrival) basado en técnicas de triangulación que emplea la diferencia entre los tiempos de llegada de la señal procedente del terminal móvil a distintos puntos de acceso para calcular la posición [9].

Con esta triangulación se obtiene la posición del sujeto con un error de ± 5 metros, con una latencia media de 30 segundos (tiempo entre consulta y consulta de posición, que depende del modelo de smartphone). Adicionalmente se obtiene información sobre el modelo de móvil, IP, sistema operativo del dispositivo, etc. Para esto se necesita una red de puntos de acceso con una densidad más elevada que si solo quisiéramos dar acceso a datos (internet).

Sin embargo con la aparición de los beacons, ahora se realiza esta misma función con un error muy inferior (± 1 metro) y una latencia que viene determinada, no por el dispositivo móvil, sino por la configuración del beacon, consumiendo menos batería gracias al uso de la tecnología Bluetooth 4.0 (también conocida como bluetooth low-energy)[10].

En este caso, es necesario que el Smartphone del usuario, disponga de un software que sea capaz de decodificar y mostrar los datos de posición, esto tiene que realizarse a través de una aplicación móvil. Esta tecnología se ha utilizado en diferentes lugares como hospitales, museos y aeropuertos para facilitar la localización de los usuarios. Particularmente en los aeropuertos es común encontrar la siguiente escena: los viajeros buscando apresuradamente en las pantallas electrónicas su número de vuelo, puerta de embarque, el control de seguridad más cercano o vagando por los pasillos en busca del baño más cercano, un lugar donde comer o donde realizar algunas compras de

última hora.

De ahí que muchos viajeros se sienten a menudo confundidos, nerviosos, estresados e inseguros de no perder su vuelo en los aeropuertos, lo que les genera una insatisfacción y una pobre experiencia. Sin embargo, un aeropuerto puede ofrecernos una experiencia realmente positiva si sabemos aprovechar el tiempo del que disponemos y sabemos a dónde queremos ir.

Es por esto que se ha creado una aplicación para los pasajeros donde se les ofrecerá multitud de información sobre los datos de los vuelos y los servicios del aeropuerto, lo que es muy útil para el viajero y además genera una oportunidad de negocio para el propio aeropuerto. La aplicación permitirá orientar al viajero para llegar de la forma más óptima a todas las zonas importantes tales como los check-in, controles de seguridad, puertas de embarque, etc.; informando del tiempo necesario para llegar a cada punto, también ofrecerá información detallada de los diferentes servicios que se albergan en el aeropuerto: tiendas, restaurantes, baños, etc., y cómo llegar de la manera más rápida.

Además desde la misma aplicación se podrá consultar en tiempo real, los datos de su vuelo y saber si va en hora, si va con retraso, si se ha cancelado o ha cambiado de puerta de embarque, informando al instante al usuario sobre la situación de su vuelo. De esta manera el viajero tendrá mucha más información, se sentirá menos perdido y más seguro dentro del aeropuerto y podrá disfrutar más de sus estancia en el mismo.

La implementación de este sistema también traerá beneficios para el aeropuerto, ya que al mismo tiempo obtendrá información sobre los flujos de visitantes, los mapas de calor, tiempos de estancia media, etc. Y el hecho de poder comunicarse con sus clientes de una manera segmentada, por perfil del comprador, ubicación en el establecimiento o consultas realizadas previamente por el cliente, a través de

mensajes push, hace que dichas campañas comerciales sean mucho más efectivas.

Este sistema se ha desarrollado gracias a la tecnología de Beacons que provee a los usuarios un navegador de interiores para que estos puedan identificar sus destinos dentro del aeropuerto y guiarlos para llegar. Les permitirá a su vez recibir notificación de comercios cercanos a su ubicación con promociones. Todo sin la necesidad de pagar un plan de internet móvil ya que con la utilización de la app podrán disponer del sistema de WiFi del Aeropuerto.

El producto pretende ser un asistente que ayude a mejorar la experiencia del usuario en aeropuertos. Es por esto que posee las siguientes características:

1. Orientación (WayFinding): El usuario dispondrá desde su dispositivo móvil un mapa del aeropuerto con una guía para llegar hasta el lugar deseado (Ej: Identificar puerta de embarque, salidas de emergencia, salas vip, etc.).

2. Notificaciones de promoción en tiempo real (LiveNotification): Cuando una persona circula cerca de un establecimiento que posee un beacon homologado se le envía, al dispositivo, una notificación push con una promoción.

3. Información de flujo (FlowAnalyser): Mediante la información de ubicación recolectada de todos los usuarios se infiere la densidad de personas en determinados lugares de interés y el la velocidad de flujo en sectores como aduana. Esto permite enviar alertas para empezar el embarque a tiempo y a las autoridades del aeropuerto modificar la cantidad de empleados activos en diferentes puestos de trabajo.

4. Información adicional del vuelo (UserSupport): Permite saber los detalles del vuelo de interés, estado, horarios, puertas de embarque y check in y despacho de valijas. También información general de la aerolínea, tamaño y peso de valijas y lista de objetos prohibidos en el vuelo.

En relación a la aplicación (principal entregable de este proyecto), el mismo estará compuesto por un módulo central,

denominado Orchestrator, que se encargará de orquestar los requerimientos del usuario, del cliente y el resto de los módulos de la aplicación.

Adicionalmente, tendrá 4 modulos, que estarán asociados al servicio y beneficios que se pretende brindar. Los módulos serán:

- WayFinding - Permitirá al usuario orientarse dentro del aeropuerto.
- LiveNotification - Permitirá recibir notificaciones en vivo por cercanía.
- FlowAnalyser - Permitirá analizar flujo de personas dentro del aeropuerto.
- UserSupport - Permitirá brindarle al usuario información adicional.

La metodología a utilizar para la gestión del proyecto será la tradicional propuesta por el PMI que posee las etapas de inicio, planificación, ejecución, control y seguimiento y cierre.

El enfoque a utilizar, será el Iterativo Incremental. Divididos en distintas cantidades de iteraciones por cada módulo (o feature) del sistema dependiendo de la complejidad y tamaño de cada uno. El desarrollo de cada una de ellas podrá comenzar en paralelo, siempre y cuando no haya dependencias ni impacte en el prototipo de la iteración en cuestión.

Para cada iteración habrá etapas de relevamiento, planificación, diseño, construcción, pruebas y despliegue.

Se trabajará, para el desarrollo del back-end, con Java 8 en framework Spring Boot con Docker 17.12-1e y Tomcat 8. El motor de base datos es MySQL 5.7.

Para el front-end (App Mobile) se utiliza Java 1.8 con Android Studio 3.1.2. Para el repositorio de los modelos se utiliza GitHub.

Los Beacons son del proveedor Estimote y se utiliza la SDK propia de Estimote para interactuar con la aplicación.

Trabajos Relacionados

En la literatura se pueden encontrar diferentes trabajos en los que se aborda la

problemática de la geolocalización en interiores utilizando diferentes tecnologías. Se los puede dividir en seis categorías basándonos en la variable física medida: (1) ondas de radio frecuencia, (2) energía fotónica, (3) ondas sonoras, (4) energía mecánica, (5) campos magnéticos, y (6) presión atmosférica [11]. Cada variable física puede a su vez ser subdividida de acuerdo a la tecnología del hardware utilizado.

Dentro de la primera categoría se puede encuadrar el trabajo aquí descrito. Una onda electromagnética es la energía generada por una partícula cargada eléctricamente en el espacio. A la generación de ondas electromagnéticas se la conoce como emisión de radio. Las tecnologías clasificadas en esta categoría estiman la localización del objetivo midiendo una o más propiedades de una onda electromagnética irradiada por un transmisor y recibida por una estación móvil. Estas propiedades típicamente dependen de la distancia recorrida por la señal y las características del entorno circundante.

Dentro de esta categoría se pueden encontrar trabajos que utilizan diferentes tecnologías de hardware: (1) Redes personales y locales incluyendo tecnologías como IEEE 802.11, Ultra-Wideband (UWB), ZigBee, o Bluetooth, ya sea como la única tecnología de localización [12–15] o como una de las tecnologías utilizadas en una solución híbrida [16–18]. (2) Redes de radiodifusión y de área extensa, incluidas redes diseñadas para fines de localización, como el GPS y el Sistema mundial de navegación por satélite (GNSS) [19], y redes de radiodifusión no previstas originalmente para fines de localización, como las redes de telefonía móvil y señales de transmisión de televisión [20]. (3) Etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) (4) Radar [21].

En la literatura se pueden hallar diversos trabajos en los cuales se utiliza una radiofrecuencia de bluetooth para lograr la

localización en interiores. Por ejemplo, Forno et al. Presentaron un trabajo en el cual se describe un sistema basado en una combinación de análisis de escena y técnicas de proximidad usando una red ad-hoc de Bluetooth. Allí se usaron señales de consulta Bluetooth para la localización. En el modo de consulta, un dispositivo bluetooth pregunta sobre el bluetooth vecino. Este proceso de consulta consiste en buscar dispositivos en las cercanías, utilizando una secuencia de diferentes niveles de potencia. Los niveles de baja potencia detectarán dispositivos en las proximidades mientras que los niveles de alta potencia incluirán dispositivos que están ubicados más lejos, proporcionando estimaciones de distancia de esta manera. Este enfoque requiere un nodo fijo o "ancla" que establece la posición de los nodos móviles cercanos. Posteriormente, los nodos localizados pueden establecer la posición de otros nodos móviles no detectados en su vecindad, creando un ad-hoc red de localización. El error de localización informado fue de 1,88 metros.

Conclusión y Trabajos Futuros

En este trabajo se describe la realización de un sistema de geolocalización en aeropuertos utilizando beacons. El objetivo del desarrollo de este sistema es transformar las malas experiencias de los pasajeros en los aeropuertos que tienen situaciones de stress, pérdidas de tiempos, malestares en general por todo el proceso de tomar un vuelo; y cambiarla por una experiencia más amena, ordenada, con menor pérdida de tiempo y reducción de incertidumbres.

La geolocalización en interiores supone un desafío dado que los sistemas que se utilizan actualmente, como el GPS, son imprecisos. La implementación de beacons genera una mejora en cuanto a la precisión y a los costos dado que se trata de una tecnología muy económica. El sistema descrito en este trabajo ofrece a los usuarios una guía para poder acceder a los lugares

que deseen dentro del aeropuerto, sin pérdidas de tiempo ni confusiones. El único requisito es descargar la aplicación en el celular.

Referencias

- [1] Robert A. Nelson, The Global Positioning System, Satell. (1999).
- [2] I.F. Progri, W.R. Michalson, D. Cyganski, An OFDM/FDMA indoor geolocation system, Navigation. 51 (2004) 133–142.
- [3] C. Krause, H. Schmitz, M. Kuipers, Predicting the availability of (a) gps in indoor places by simulations, ITG Fachber. 194 (2006) 109.
- [4] T. Hu, G. Lachapelle, R. Klukas, Controlled gps signal simulation for indoors, J. Navig. 60 (2007) 265–280.
- [5] W. Kao, C. Tsai, Carrier phase indoor positioning using pseudolites and relative movements, J. Chin. Inst. Eng. 28 (2005) 899–903.
- [6] G. Jin, X. Lu, M.-S. Park, An indoor localization mechanism using active RFID tag, in: IEEE, 2006: pp. 4-pp.
- [7] K. Chintalapudi, A. Padmanabha Iyer, V.N. Padmanabhan, Indoor localization without the pain, in: ACM, 2010: pp. 173–184.
- [8] K. Pahlavan, X. Li, J.-P. Makela, Indoor geolocation science and technology, IEEE Commun. Mag. 40 (2002) 112–118.
- [9] S.-Y. Jung, S. Hann, C.-S. Park, TDOA-based optical wireless indoor localization using LED ceiling lamps, IEEE Trans. Consum. Electron. 57 (2011).
- [10] N.A. Dudhane, S.T. Pitambare, Location based and contextual services using bluetooth beacons: New way to enhance customer experience, Lect. Notes Inf. Theory Vol. 3 (2015).
- [11] J. Torres-Solis, T.H. Falk, T. Chau, A review of indoor localization technologies: towards navigational assistance for topographical disorientation, in: Ambient Intell., InTech, 2010.
- [12] R. Casas, A. Marco, J. Guerrero, J. Falco, Robust estimator for non-line-of-sight error mitigation in indoor localization, EURASIP J. Appl. Signal Process. 2006 (2006) 156–156.
- [13] F. Evennou, F. Marx, Advanced integration of WiFi and inertial navigation systems for indoor mobile positioning, Eurasip J. Appl. Signal Process. 2006 (2006) 164–164.
- [14] Z. Xiang, S. Song, J. Chen, H. Wang, J. Huang, X. Gao, A wireless LAN-based indoor positioning technology, IBM J. Res. Dev. 48 (2004) 617–626.
- [15] A.M. Ladd, K.E. Bekris, A.P. Rudys, D.S. Wallach, L.E. Kavvaki, On the feasibility of using wireless ethernet for indoor localization, IEEE Trans. Robot. Autom. 20 (2004) 555–559.
- [16] R. Casas, D. Cuartielles, A. Marco, H.J. Gracia, J.L. Falco, Hidden issues in deploying an indoor location system, IEEE Pervasive Comput. 6 (2007) 62–69.
- [17] G.V. Záruba, M. Huber, F. Kamangar, I. Chlamtac, Indoor location tracking using RSSI readings from a single Wi-Fi access point, Wirel. Netw. 13 (2007) 221–235.
- [18] M. Nam, M. Al-Sabbagh, J.-E. Kim, M.-K. Yoon, C.-G. Lee, E.Y. Ha, A real-time ubiquitous system for assisted living: Combined scheduling of sensing and communication for real-time tracking, IEEE Trans. Comput. 57 (2008) 795–808.
- [19] L. Reyer, G.Y. Delisle, A Pervasive Indoor-Outdoor Positioning System., JNW. 3 (2008) 70–83.
- [20] M. Rabinowitz, J.J. Spilker Jr, Augmenting GPS with television signals for reliable indoor positioning, Navigation. 51 (2004) 269–282.
- [21] S.S. Ram, Y. Li, A. Lin, H. Ling, Doppler-based detection and tracking of humans in indoor environments, J. Frankl. Inst. 345 (2008) 679–699.

Datos de Contacto:

*Juan Mateo Cane. Universidad Tecnológica nacional. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A, Argentina, jmctango@gmail.com

*Jonas Casteglione. Universidad Tecnológica nacional. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A, Argentina, jnss.cas@gmail.com

*Matías Monja.. Universidad Tecnológica nacional. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A, Argentina, matias.monja@gmail.com.

*Ernesto Vincelli. Universidad Tecnológica nacional. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A, Argentina, ernesto.vincelli@gmail.com.

*Facundo Welschen. Universidad Tecnológica nacional. Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A, Argentina, facundo.welschen@gmail.com.

Simulación de riesgo de padecer enfermedad cardiovascular

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Resumen

El objetivo de este trabajo es determinar qué cantidad de minutos extra se debe aumentar a nuestro entrenamiento diario (controlAFE), y qué cantidad de colesterol se debe reducir (controlRC) diariamente de nuestro consumo de colesterol, de forma tal que se disminuya el riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular, basado en el estudio de Framingham. Se utilizará una metodología de avance de tiempo constante ($\Delta t = 1$ día) donde el colesterol ingerido por alimentación diariamente, el colesterol producido por el hígado diariamente y la cantidad de minutos de actividad física semanales, vienen dadas por una f.d.p (función de densidad de probabilidad). Los resultados que se obtuvieron luego de correr la simulación varias veces reflejó que lo más conveniente sería ingerir un promedio de 100 mg de colesterol menos por día, y aumentar 30 minutos semanales de ejercicio extra (sumado a los 120 rutinarios), y no fumar.

Palabras Claves

Riesgo cardiovascular, colesterol, HDL, actividad física, simulación, Δt constante.

Introducción

Las enfermedades cardiovasculares constituyen hoy en día una de las principales causas de mortalidad en los países desarrollados. Es de gran interés el desarrollo de un modelo que pueda predecir el riesgo de padecer este tipo enfermedades, para conocer cómo afectan distintas variables estudiadas en el aumento de este riesgo. Esto nos va a servir para poder tomar decisiones e intervenir precozmente, cambiando nuestros hábitos alimenticios y frecuencias de las actividades deportivas. Los factores de riesgo que se asocian con la probabilidad de desarrollar una enfermedad cardiovascular son: el SEXO, la EDAD en años, el COLESTEROL TOTAL en mg/dl, fracción de colesterol ligado a lipoproteínas de alta

densidad HDL, PRESIÓN SISTÓLICA, DIABETES (No, Sí), FUMADOR (No, Sí).

El colesterol es una sustancia cerosa y parecida a la grasa que se encuentra en todas las células de su cuerpo. El hígado produce colesterol y también ingresa a nuestro torrente sanguíneo por el consumo de algunos alimentos, como carne y huevo. El cuerpo necesita colesterol para funcionar bien, pero tener demasiado colesterol en la sangre aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, al igual que las demás variables mencionadas anteriormente.

Existen dos tipos de colesterol:

- HDL: significa lipoproteínas de alta densidad. Se le llama colesterol "bueno" porque transporta el colesterol de otras partes de su cuerpo al hígado, el cual luego elimina el colesterol del cuerpo
- LDL: significa lipoproteínas de baja densidad. Se llama colesterol "malo" porque un nivel alto de LDL lleva a una acumulación de colesterol en las arterias

Para ayudar a mantener el colesterol dentro de los parámetros normales, se recomienda hacer actividad física (para aumentar los parámetros de HDL), e implementar una dieta saludable (para controlar el LDL y por consiguiente el colesterol total)

Elementos del Trabajo y Metodología

La metodología para incrementos de tiempo utilizada para este trabajo es **por incrementos constantes**, también conocida como *delta t constante*, con $t = 1$ día.

En la clasificación de variables, surgió que contamos con los datos:

colAlim que hace referencia a la ingesta de alimentos diarios que responde a una función de probabilidad (fdp) que va a estar asociada al individuo evaluado. En este trabajo se armó una fdp en base a la dieta de un individuo 1, cuya gráfica se puede visualizar en la Figura 1, y su fórmula matemática asociada, en la Figura 2; y otra fdp en base a la dieta de un individuo 2, cuya gráfica se puede visualizar en la Figura 3, y su fórmula matemática asociada, en la Figura 4.

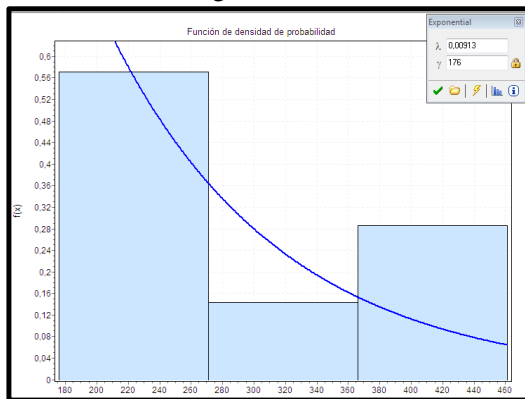


Figura 1 - Gráfica de la FDP correspondiente a la cantidad de colesterol ingerido por Individuo 1 dada por EasyFit [3.1].

Probability Density Function

$$f(x) = \lambda \exp(-\lambda(x - \gamma))$$

Cumulative Distribution Function

$$F(x) = 1 - \exp(-\lambda(x - \gamma))$$

Figura 2 - Fórmula de la FDP correspondiente a la distribución Exponencial. [3.2]

Al reemplazar los valores genéricos con los que obtuvimos en nuestro análisis, obtuvimos la siguiente función de densidad acumulada:

$$F(x) = 1 - \exp(-0.00913(x - 176))$$

Y la fórmula de la inversa de la acumulada obtenida por Wolfram Alpha [4]:

$$F(-1) R = -109.529 \log_n(-0.200512(-1 + R))$$

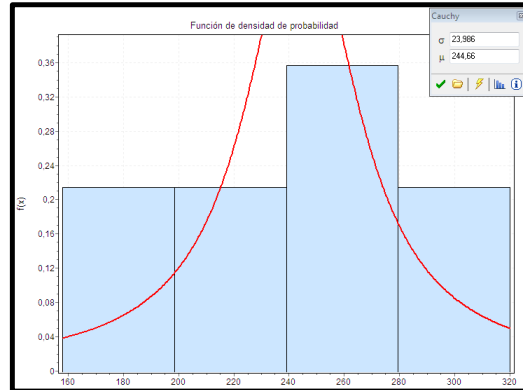


Figura 3 - Gráfica de la FDP correspondiente a la cantidad de colesterol ingerido por Individuo 2 dada por EasyFit[3.1].

Probability Density Function

$$f(x) = \left(\pi \sigma \left(1 + \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right) \right)^{-1}$$

Cumulative Distribution Function

$$F(x) = \frac{1}{\pi} \arctan \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right) + 0.5$$

Figura 4 - Fórmula de la FDP correspondiente a la distribución Cauchy. [3.2]

Al reemplazar los valores genéricos con los que obtuvimos en nuestro análisis, obtuvimos la siguiente función de densidad acumulada:

$$F(x) = \frac{1}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{x - 244.66}{23.986} \right) + 0.5$$

Y la fórmula de la inversa de la acumulada obtenida por Wolfram Alpha:

$$F(-1) R = 244.66 + \tan(1.5708 - 3.14159 R) \times (-23.986)$$

AF que hace referencia a la cantidad de minutos en actividad física realizada diariamente. Esta variable hace aumentar el HDL y por consecuente también al colesterol total en sangre. Responde a una fdp de actividad diaria armada en base a el deporte realizado por el individuo 1, cuya

gráfica se encuentra en la Figura 5 y su fórmula matemática asociada, en la Figura 6, y otra fdp en base a la actividad del individuo 2, cuya gráfica se encuentra en la Figura 7 y su fórmula matemática asociada en la Figura 8. Cada 120 min de ejercicios semanales existe un incremento de HDL en 2.65 mg/dL (según Brazilian Medical Association). [6]

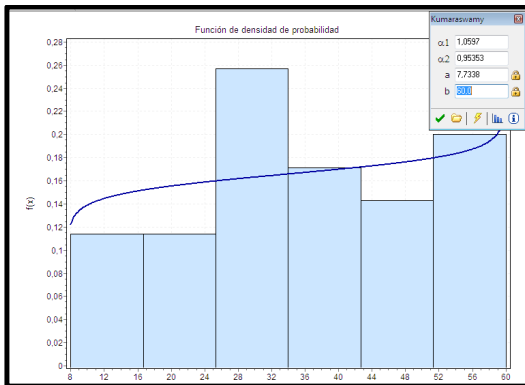


Figura 5 - Gráfica de la FDP correspondiente a la actividad diaria del individuo 1 dada por EasyFit[3.1].

Probability Density Function

$$f(x) = \frac{\alpha_1 \alpha_2 z^{\alpha_1 - 1} (1 - z^{\alpha_1})^{\alpha_2 - 1}}{(b - a)}$$

Cumulative Distribution Function

$$F(x) = 1 - (1 - z^{\alpha_1})^{\alpha_2}$$

where $z \equiv \frac{x - a}{b - a}$

Figura 6 - Fórmula de la FDP correspondiente a la distribución kumaraswamy. [3.2]

Al reemplazar los valores genéricos con los que obtuvimos en nuestro análisis, obtuvimos la siguiente función de densidad acumulada:

$$F(x) = 1 - \left(1 - \left(\frac{x - 7.7338}{60 - 7.7338} \right)^{1.0597} \right)^{0.95353}$$

Y la fórmula de la inversa de la acumulada obtenida por Wolfram Alpha:

$$F(-1) R = -52.2662 \left(-(1 - (1 - R))^{1.04873} \right)^{0.943663300934227} - 0.147969$$

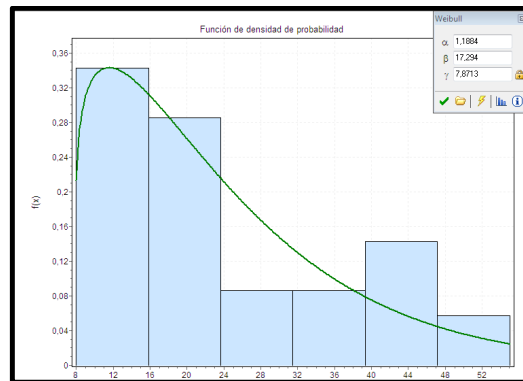


Figura 7 - Gráfica de la FDP correspondiente a la actividad diaria del individuo 2 dada por EasyFit[3.1].

Three-Parameter Weibull Distribution

Probability Density Function

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha - 1} \exp \left(- \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha} \right)$$

Cumulative Distribution Function

$$F(x) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{x - \gamma}{\beta} \right)^{\alpha} \right)$$

Figura 8 - Fórmula de la FDP correspondiente a la distribución weibull. [3.2]

Al reemplazar los valores genéricos con los que obtuvimos en nuestro análisis, obtuvimos la siguiente función de densidad acumulada:

$$F(x) = 1 - e^{-0.0337975(x-7.8713)^{1.1884}}$$

Y la fórmula de la inversa de la acumulada obtenida por Wolfram Alpha:

$$F(-1) R = -17.294 \left(-(-\log_n(1 - R))^{0.8414675193537530} - 0.455146 \right)$$

Elegimos como variables de control la cantidad de minutos extra que se debe aumentar a nuestro entrenamiento diario (**controlAFE**), y la cantidad de colesterol se debe reducir (**controlRC**) diariamente de nuestro consumo de colesterol para disminuir el riesgo de padecer este tipo enfermedades según el estudio de Framingham. [5]

controlRC afecta directamente a colesterol por Alimentación.

Diariamente el ingreso de colesterol por ingesta quedaría determinado por colAlim – controlRC. Las unidades de estas están expresadas en miligramos, y se convierte a miligramos/decilitros (mg/dL)

controlAFE afecta directamente tanto al colesterol total como al HDL, y se sabe que por cada 10 minutos que se prolongue el ejercicio hay un incremento adicional de colesterol HDL de 1.4 mg/dL. [6]

Además, contamos con un ingreso de colesterol total por el hígado, entre 630 y 900 mg por día dependiendo del metabolismo de la persona, según el Instituto del Metabolismo Celular [7].

Diariamente sale de nuestro torrente sanguíneo una cierta cantidad de Colesterol, dada por la acción de las sales biliares (SintSalBil). La síntesis de sales biliares es un proceso de reducción de los niveles (15% al 27%) de colesterol diariamente (The Medical Biochemistry) [8]. La cual también reduce la cantidad de HDL en sangre.

ver Tabla 1 - Clasificación de Variables

La simulación se corrió en la herramienta Stella [9]

Por otro lado, en la clasificación de eventos llegamos a obtener 5 eventos propios del

Delta T (Entrada de colesterol por ingesta de alimentos, Entrada de colesterol por producción del hígado, entrada de colesterol HDL por actividad física, salida de colesterol en base a la cantidad de HDL en sangre y la regulación metabólica, salida del HDL por regulación metabólica). Este modelo no posee eventos comprometidos para delta T a futuro ni eventos comprometidos en delta T anteriores (ver al final del documento Tabla 2- Clasificación de Eventos). De esto se desprende que no puede hacerse el análisis de eventos futuros, ya que no hay eventos comprometidos a Futuro o Anteriores (ver al final del documento Tabla 3- Tabla de Eventos Futuros).

Resultados

Para comprender mejor la problemática en cuestión, recurrimos a diagramas de bloques (Figura 9) en base a su sintaxis corrimos la simulación en Stella, llegando como resultado a los valores que se pueden observar en las Tablas 4, 5, 6 y 7 - Resultados.

Caso 1: Hábitos en condiciones Normales

Caso 2: 30 min diarios de Deporte extra

Caso 3: Reducción de 100 mg de colesterol diariamente más Caso 2.

Caso 4: Hábitos en condiciones Normales y Fumador

Caso 5: Hábitos en condiciones Normales, Fumador y Diabético

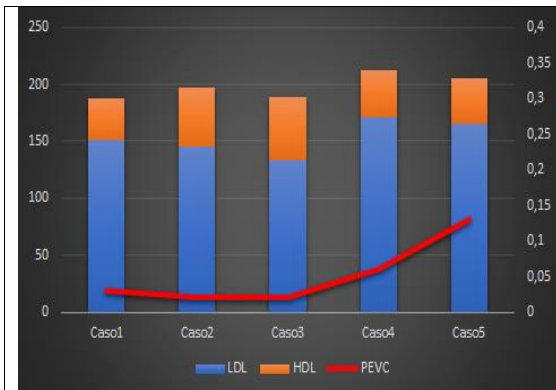


Tabla 4 - Resultados Individuo 1 - 25 años. No Fumador. No diabético. Deporte día por medio.

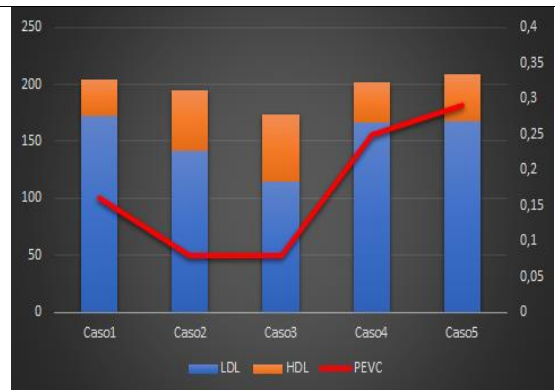


Tabla 5 - Resultados de hombre de 50 años con los mismos hábitos que Individuo 1

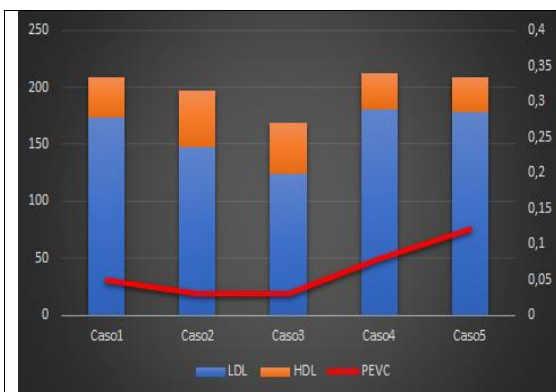


Tabla 6 - Resultados Individuo 2 - 23 años. No Fumador. No diabético.

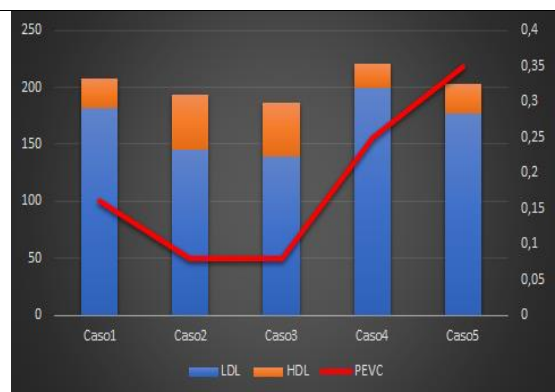


Tabla 7 - Resultados de hombre de 50 años con los mismos hábitos que Individuo 2

PEVC lea se como Porcentaje de sufrir una Enfermedad Cardiovascular (Datos en eje Y izquierdo).
LDL y HDL (Datos en eje Y derecho).

Conclusión

Como conclusión podemos inferir:

Edad Actual:

En base a las pruebas realizadas podemos concluir que hacer al menos 30 minutos extra por día, reduce entre 1% y 2% el riesgo cardiovascular.

Si reemplazamos la ingesta 100 mg de colesterol por otros alimentos más beneficiosos para nuestra salud, se reduce los valores del LDL entre 12 mg/dL y 25 mg/dL, sin embargo, la reducción del riesgo no muy es significativa.

50 años:

El factor edad produce cambios significativos en los valores, hacer al menos 30 minutos extra por día, reduce el riesgo cardiovascular en promedio de un 8%.

Si reemplazamos la ingesta 100 mg de colesterol por otros alimentos más beneficiosos para nuestra salud, se reduce los valores del LDL entre 5 mg/dL y 11 mg/dL, sin embargo, la reducción del riesgo sigue sin ser muy es significativa.

Factores adicionales: Ser fumador y padecer diabetes

Edad actual:

Tomando en cuenta nuestros hábitos actuales, si comenzamos a fumar, aumentaría entre un 4% y 5% de padecer un riesgo cardiovascular.

Si sumado a eso, sufrimos de diabetes, nuestro riesgo actual subiría entre un 8% y 9% más.

50 años:

Tomando en cuenta si continuáramos con nuestros hábitos actuales, si comenzáramos a fumar a esa edad, aumentaría en promedio un 17% de padecer un riesgo cardiovascular.

Si sumado a eso, nos diagnostican diabetes, nuestro riesgo subiría entre un 21% y 27% más.

Agradecimientos

Santillan, Juan. Estudiante de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, con orientación a cardiología.

Randazzo, Lidia. Médica Clínica graduada de la Universidad de Buenos Aires.

Referencias

[3.1] EasyFit (herramienta) en su versión 5.6

[3.2] EasyFit Help

[1]

Dieta de *Individuo 1*

Días de la Semana	Desayuno	Almuerzo	Merienda	Cena	Aperitivos/Tentempié	Colesterol Diario
Lunes	Mate cocido con leche y tostadas	Arroz con pollo	Cafe con leche y galletitas	Canelones	Queso cremoso	
Colesterol	10	95	60	62	27	254
Martes	Mate cocido con leche y tostadas	Ravioles con salsa	Cafe con leche y galletitas	Churrasco	Dulces de leche	
Colesterol	10	165	60	73	12	320
Miercoles	Mate cocido con leche y tostadas	Pescado	Cafe con leche y galletitas	Sandwich de milanesa	Mayonesa	
Colesterol	10	77	60	95	9	251
Jueves	Mate cocido con leche y tostadas	Pechuga de pollo rellena	Cafe con leche y galletitas	Hamburguesa con queso	Mayonesa	
Colesterol	10	73	60	96	9	248
Viernes	Mate cocido con leche y tostadas	Milanesas con papas nuccete	Cafe con leche y galletitas	3 Empanadas	Chocolate con leche	
Colesterol	10	89	60	59	20	238
Sabado	Mate cocido con leche y tostadas	Lasagna	Cafe con leche y galletitas	Costillita de cerdo con ensalada	Ketchup	
Colesterol	10	19	60	69	0	158
Domingo	Mate cocido con leche y tostadas	Asado x400g	Cafe con leche y galletitas	Pizza	3 Facturas	
Colesterol	10	376	60	25	129	600

Dieta de *Individuo 2*

Días de la Semana	Desayuno	Almuerzo	Merienda	Cena	Aperitivos/Tentempié	Colesterol Diario
Lunes	Leche x2	Milanesa + Tomate	Leche x2	3 Empanadas	Queso cremoso, mayonesa	
Colesterol	10	104	10	59	31	214
Martes	Leche x2	3 Empanadas	Jugo de naranja	Pescado	Huevo	
Colesterol	10	59	0	58	212	339
Miercoles	Leche x2	Bombita de papa rellena	Leche x2	Milanesa + Tomate	Queso cremoso, mayonesa	
Colesterol	10	21	10	104	31	176
Jueves	Leche x2	3 Empanadas	Jugo de naranja	Milanesa + Tomate	Huevo	
Colesterol	10	59	0	104	212	385
Viernes	Leche x2	Pechuga de Pollo	Leche x2	3 Empanadas	Queso cremoso, mayonesa	
Colesterol	10	83	10	59	31	193
Sabado	Leche x2	Ravioles con salsa	Jugo de naranja	Pizza	Queso cremoso, mayonesa	
Colesterol	10	165	0	25	31	231
Domingo	Leche x2	Asado x400g	Leche x2	3 Empanadas	Budin	
Colesterol	10	376	10	59	6	461

[2]

Grilla de actividad diaria a lo largo de las semanas en base a el deporte del Individuo 1

[4] <http://www.wolframalpha.com/>

[5] <https://www.seh-lilha.org/modelos-calculo-la-probabilidad-riesgo-cardiovascular-estudio-framingham-proyecto-score/>

[6] <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v54n4/24.pdf>

[7] <http://www.metabolismo.biz/web/4-sintesis-de-colesterol-2/>

[8] <https://themedicalbiochemistrypage.org/es/cholesterol-sp.php>

[9] Stella en su versión 9.0.2

Datos de Contacto:

Santillan, Guillermo Eduardo. Universidad Tecnológica Nacional. 1406 .
guillesantillan3@gmail.com

Alifracó, Gabriel Alejandro. Universidad Tecnológica Nacional. 1650 .
gabriel.alifracó@gmail.com

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Actividad Física:	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Semana 1	30	60	30	60	30	40	10
Semana 2	27	55	29	58	26	38	8
Semana 3	22	50	35	55	23	35	12
Semana 4	28	56	39	54	28	37	15
Semana 5	18	70	44	50	33	44	18

Grilla de actividad diaria a lo largo de las semanas en base a el deporte del Individuo 2

Actividad Física:	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
Semana 1	10	40	19	41	15	10	20
Semana 2	13	55	24	39	20	8	15
Semana 3	11	45	22	36	25	12	18
Semana 4	15	52	17	44	18	15	19
Semana 5	18	38	26	46	12	13	16

Formulas y tablas en base al estudio de Framingham para calcular el riesgo de padecer un riesgo cardiovascular

En primer lugar hay que calcular el valor de la siguiente expresión:

Para los hombres

$$L_H = b_{E1} \cdot EDAD + b_C + b_H + b_T + b_D + b_F$$

Para las mujeres

$$L_M = b_{E1} \cdot EDAD + b_{E2} \cdot EDAD^2 + b_C + b_H + b_T + b_D + b_F$$

donde los coeficientes b son diferentes para hombres y mujeres y los obtenemos a partir de la siguiente tabla:

Endógenas	Datos:	colAlim	Colesterol producido por ingesta de alimentos (un día) (en mg)
		colHigado	Colesterol producido por el hígado (un día) (en mg)
		AF	Actividad física (un día) (minutos)
	Control:	controlAFE	Actividad física extra (un día) (minutos)
		controlRC	Colesterol a reducir en consumo de alimentos (un día) (en mg)
Exógenas	Resultados:	PRC	Porcentaje de padecer riesgo de enfermedad cardiovascular (%)
	Estado:	HDL	Cantidad de colesterol bueno en sangre (en mg/dL)
		COL	Cantidad de colesterol total en sangre (en mg/dL)

Tabla 1 - Clasificación de Variables.

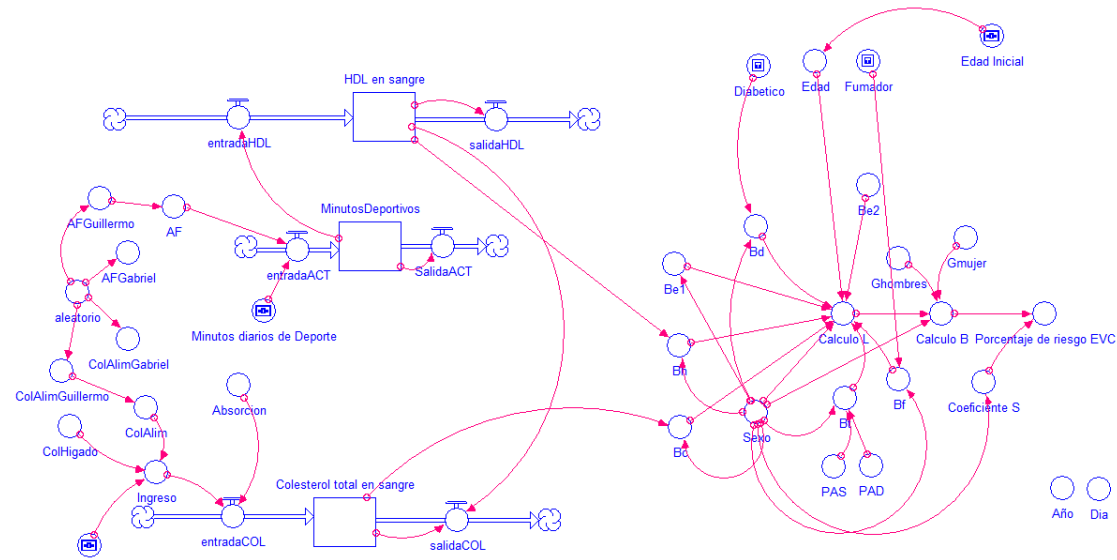
Propios del Delta T	Entrada de colesterol por ingesta de alimentos (+ para COL) Entrada de colesterol por producción del hígado (+ para COL) Entrada de HDL por actividad física (+ para HDL) Salida de colesterol por actividad metabólica (- para COL) Salida de HDL por la regulación metabólica (- para HDL)
Comprometidos para Delta T Futuros	-----
Comprometidos en Delta T Anteriores	-----

Tabla 2 - Clasificación de Eventos

TEF	-----
------------	-------

Tabla 3 - Tabla de Eventos Futuros

Modelo en Stella



Reduccion de colesterol Diario

Figura 9 - Diagrama de bloques realizado en el software Stella.

Interfaz en Stella

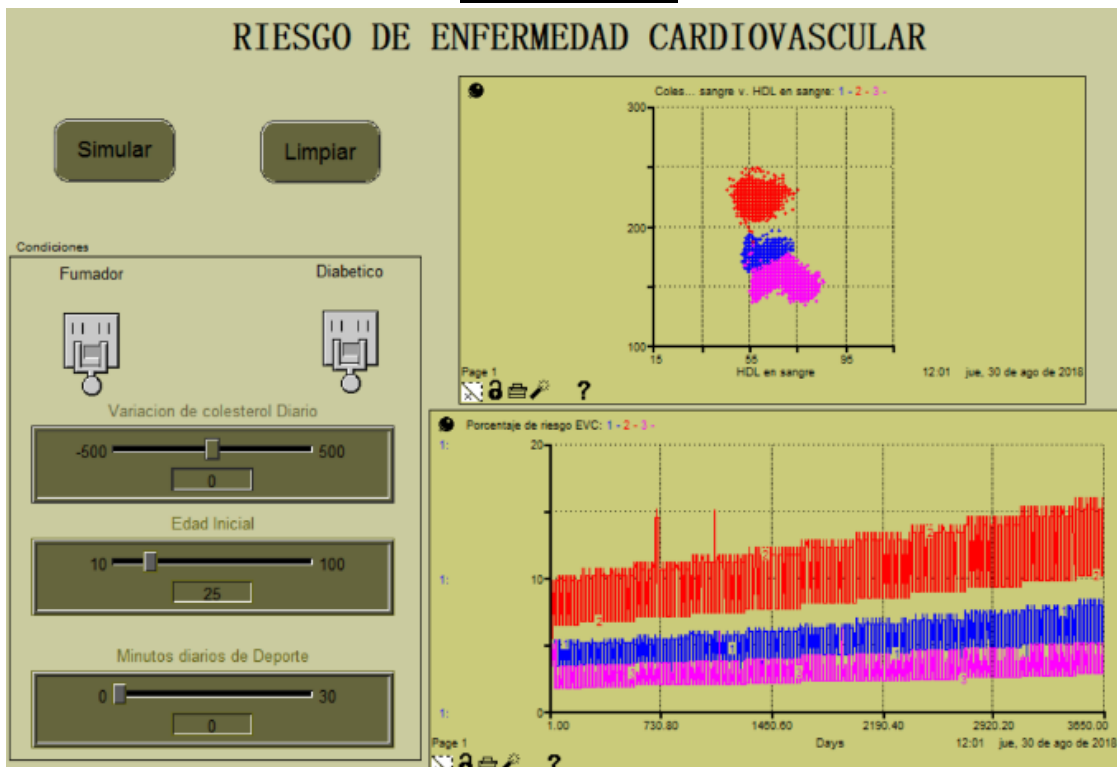


Gráfico superior: El eje Y representa la cantidad de colesterol total en sangre, el eje X la cantidad de HDL en sangre. Cada punto representa la medición de Colesterol/HDL en un día determinado (se simulan 3650 días).

Gráfico inferior: El eje Y representa la probabilidad de sufrir una enfermedad cardiovascular, el eje X representa el transcurso de los días.

CIFRADO DE INFORMACIÓN MEDIANTE GENERACIÓN DE CLAVES SEÑUELOS TEMPORALES

*Cátedra Administración de Recursos
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional Rosario
Universidad Tecnológica Nacional
E. Zeballos 1341, 2000 Rosario, Argentina
Ignacio Brasca*

Abstract

El proceso planteado desarrolla un método de cifrado de información que utiliza un algoritmo de generación de claves señuelo para luego realizar una relación con la información real de entrada en bases de datos relacionales mediante tablas de señuelo. Se han encontrado formas para poder referenciar información real mediante señuelos permitiendo el desconocimiento de la información original en una entidad de soporte de datos, logrando solo la posibilidad de acceder mediante una clave principal a los verdaderos datos.

Palabras clave: Cifrado - Información oculta - Señuelo - Cifrado mediante tiempo y espacio

1. Introducción

El desarrollo del algoritmo de cifrado de información desarrollado en este ensayo plantea la posibilidad de ocultar información mediante un método que utiliza señuelos sobre la información real, el cual intencionalmente redirecciona la información de una fuente de datos principal a otra cifrada. La base principal del planteo se logró luego de crear un algoritmo generador de códigos unívocos que sustituye las claves primarias numéricas y secuenciales por números sin ninguna coherencia ni relación lógica. Logra la dificultad de asociación por parte del atacante y así también la reducción de errores humanos en el manejo de soporte de datos. Mediante el algoritmo comentado en las próximas paginas se genera un código irremplazable que se asocia directamente con la información real entrante de una manera abstracta (sin relación lógica). La generación de

estos códigos unívocos está basada en variables temporales (semilla). La relevancia principal del método radica en la posibilidad de despegarnos de la información física real y poder asegurar un contenido solo por las partes implicadas con acceso a una de las claves señuelos, la cual se utiliza para buscar los datos reales, sin importar cuál sea su ubicación.

El problema abordado consta de tres elementos básicos a entenderse:

- Información señuelo (Palabras código)
- Clave señuelo
- Información real
- Clave real

La diferenciación con otros métodos es que justamente este método no encripta sino que cifra la información solo en una dirección. Solo oculta una parte de la información y separa información sensible de la información real. De encontrar esta información real necesitaría del faltante para poder calcular la semilla y así también en viceversa

Un método muy similar es el utilizado en el algoritmo de cifrado utilizado en los Hash, en el mismo la información es encriptada y es imposible volver atrás. Las palabras encriptadas con la información real se contrasta mediante Tablas de Hash. [1] [2]

Un pequeño ejemplo (también posible de ver en la parte de Resultado): usuario y contraseña, ambos guardados en el soporte real de datos. La contraseña, por un lado, mediante este método de cifrado, es convertida en una palabra código

(información señuelo) y llevada a otro lugar (dentro del soporte de datos o servidor) para su posterior encuentro con su clave señuelo generada en base a la entrada (Ej: nombre de usuario). Luego la contraseña real es guardada con su respectiva clave real asociada a la palabra código (creada por el método previamente) en el soporte de datos, solo disponible si se obtiene la clave señuelo generada por el método. Antes de lograr hacer funcionar la asociación del método se debe llevar, justo en el momento de la generación de la clave señuelo, la información real a una constelación de la información señuelo de todo el sistema.

2. Elementos de trabajo y metodología

Para el trabajo matemático correspondiente a las claves señuelo (desde ahora en adelante keys) se trabajó en la función de la forma:

$$S\Delta = \sum_{i=0}^n \frac{i}{\delta} \times ((\delta - 1))^{\alpha t} + \theta$$

Donde $S\Delta$ (desarrollada a partir de [3] e involucrando al tiempo) hace referencia a un arreglo de valores generados aleatoriamente mediante la sumatoria de los $n=1,2,3..n-1$ adimensional. Como se puede ver, la ecuación genera valores dependiendo de cuatro parámetros fundamentales comentados previamente.

- δ =clave primaria
- α =clave de la constelación
- θ =peso
- t =expresión de tiempo

El algoritmo de ahora en más llamado en este ensayo algoritmo $S\Delta$ es el encargado de generar los valores utilizados para el posterior calculo de la palabra código.

Antes de comenzar, el significado de las palabras que son empleadas en este trabajo referidas al cifrado de la información necesitan de una explicación adicional dado que la interpretación común no se ajusta a la aplicación de las mismas en este ensayo. Los nuevos significados refieren a:

- **Señuelo:** Referencia a una información falsa representada como una palabra código, en lugar de visibilizar la información real.
- **Llave de constelación:** Código aleatorio necesario para calcular la semilla.
- **Palabra código:** información señuelo formada utilizando las claves (o valores) señuelo creados por el algoritmo $S\Delta$. Es la palabra que reemplaza la información real.

- **Semilla:** Numero de referencia utilizado como base para la generación de todos los cálculos numéricos.
- **Clave (o valor) señuelo:** Números unívocos generados mediante $S\Delta$
- **Cumulo de palabras código:** Conjunto de palabras código sin ningún orden o referencia aparente.
- **Constelación:** Conjunto de cúmulos de palabras códigos. Identificado mediante una llave de constelación α y de carácter puramente abstracto.

Una de las principales características de la generación de claves mediante este algoritmo es la relación directa con el tiempo. Como podemos observar esta elevada al tiempo; tomando como referencia el tiempo un valor real t sabemos que este cambia constantemente. Es por eso que $((\delta - 1))^{\alpha t}$ da como resultado una gráfica de la forma $z = x^y$ ya que hacemos variar la gráfica en función del parámetro α y el tiempo. Si realizamos una corrida mediante un método computacional sabremos que estos valores en el instante de tiempo t son fijos.

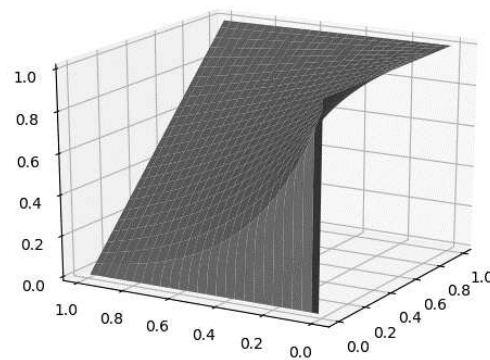


Figura 1: Representación gráfica de una función de la forma $z = x^y$ [4]

En concordancia con θ (peso) podemos decir que los valores que puede tomar el vector $S\Delta$ van a oscilar sobre un rango definido que recorre los valores entre la clave primaria δ y la clave de la constelación.

La clave de la constelación (α) en este caso, se puede generar mediante un método de números aleatorios con distribución uniforme [5] [6] con un intervalo entre $[\theta, semilla]$ sobre el peso sobre la clave primaria. Esto expresado algebraicamente queda de la forma:

$$\frac{Random(peso, semilla)}{\delta}$$

Al hacer referencia a la semilla, se refiere al seed¹ del cual depende toda la generación de números en este algoritmo. El mismo es generado bajo una operación aritmética simple totalmente referenciada al tiempo en el cual el algoritmo es ejecutado. Esto simboliza, en términos prácticos, la imposibilidad de recreación de los códigos en otra constante horaria que no sea la principal.

Matemáticamente, la semilla es generada mediante el siguiente enunciado:

$$semilla = \frac{(anio_{actual})}{meses} + meses + dias + hs + min \quad seg$$

Se observa que la generación primaria de la semilla original depende exclusivamente del momento en el cual el programa es puesto en funcionamiento. La única manera de volver a obtener el mismo número es invocando la fecha y hora (por lo tanto la ubicación del mismo) del momento de ejecución del cual se desprendieron S_i códigos.

Este proceso logra generar las llamadas **claves señuelo**, necesarias para crear la palabra código (Información derivada a partir de las claves señuelo). Las cuales van a redireccionar intencionalmente a un cumulo de palabras códigos previamente generadas por otras fuentes de información real.

Teniendo en consideración el planteo previo, llevando esto a un caso practico, la forma de utilizar el método es la de referenciar los valores señuelos creados por el algoritmo mediante una función aleatoria para crear la palabra código. (aconsejamos utilizar una forma de asignación aleatoria de caracteres dado que agrega una interfaz de seguridad superior a la de una asignación lineal.)

Observando la Figura 2 y desglosando el método **Generación de valores señuelo** representado, podemos llegar a la conclusión de que los valores que se relacionan entre la entrada y la salida mediante codificación ASCII, corresponden a valores generados anteriormente por el algoritmo de cifrado. Dichos valores están representados de manera numérica, en un listado de longitud 10 (la longitud es el índice de la sumatoria), a números que oscilan entre el 60 y el 120 (Ya que el θ utilizado para el ejemplo era de 60). Posterior al proceso de relación entre la Entrada y la Salida mediante los valores señuelo generados, se realiza el proceso de conversión de número a ASCII para que la salida (no

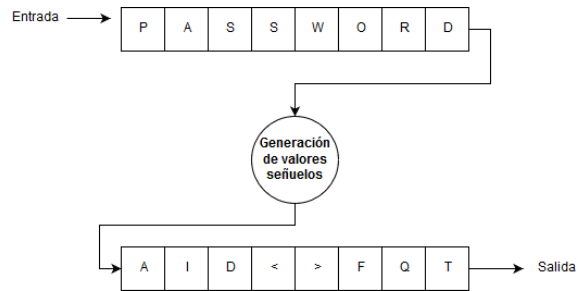


Figura 2: **Asignación de valores señuelo relacionados con una entrada de prueba**

es más que la palabra código) tenga sentido para el usuario final.

Este proceso de generación puede ser simplemente representado por el siguiente diagrama:



Figura 3: **Proceso de cifrado de la información representado de manera gráfica**

2.1. Relación entre la información señuelo y la información real

La información señuelo está dada por todas las palabras código generadas mediante la utilización de las claves señuelo generadas previamente por el algoritmo creados por el algoritmo $S\Delta$ descrito en el inicio de esta sección, luego las mismas palabras códigos van a ser univocas a toda palabra real ingresada como entrada al programa.

Ahora, **La información real** es toda aquella palabra de entrada que luego es oculta bajo la palabra código generada en función de su clave señuelo. Mediante referencias

¹En la mayoría de algoritmos de generación de números aleatorios el seed o semilla es aquel valor inicial el cual consideramos como raíz para realizar los cálculos y poder regenerar una secuencia de números aleatorios

intrínsecas del tipo (primary key, foreign key) se puede llegar a observar que se crean diferentes capas de protección que ocultan la información real mediante “*señuelos*” de datos generados por la palabra código simulada, dejando solo la referencia de la palabra código hacía esa información real, esta referencia vendría a ser la semilla generada en el tiempo específico (*seed* + tiempo de creación).

A modo de resumen, la imagen a continuación expresa lo planteado en este ensayo:

```
Semilla Generada por tiempo / Seed generate by time:
218696874851543912919181575630682467401306173379573050653039350045314568402206925
Ingresar el código a cifrar / Input the code to encode: "Password"
Claves señuelo:
[60.09, 61.33857699078687, 62.67715218157375, 64.01572827236063, 65.3543043631475, 66.
69288045393438, 68.03145654472125, 69.37003263550812, 70.708608726295, 72.
04718481708187]
Información Real:
['P', 'a', 's', 's', 'w', 'o', 'n', 'd', '']
Información Cifrada:
[64.01572827236063, '68.03145654472125', '70.708608726295', '68.03145654472125', '
69.37003263550812', '62.67715218157375', '61.33857699078687', '70.708608726295', '']
Palabra Código:
['@', 'D', 'F', 'D', 'E', '>', '=', 'F']
OFDFE@F
```

Figura 4: Proceso de cifrado de la información representado en Python (código en GitHub: <https://github.com/Warkanlock/CifradoInformacionBrasca>)

3. Resultado

Como posterior demostración de la utilización de la metodología descrita anteriormente, se observa que: siendo la variable de entrada una palabra deseada (llámese palabra a cualquier tipo de dato de entrada) se obtiene luego del proceso de cifrado una palabra código generada. Su utilización depende del problema a tratar, aunque algunas de las posibles aplicaciones lógicas podrían ser:

- Identificación única de datos sin referencia física a los datos reales, solo a la palabra código asociada.
- Relaciones univocas exclusivas entre datos/objetos reales.
- Representación de datos únicos para transacciones digitales y/o firmas digitales.

3.1. Ejemplo útil (1-1)

Sea una base de datos relacional [7] utilizada para el registro de usuarios en una aplicación web.

Teniendo en cuenta el supuesto, se sabe que, por diseño, la base de datos debe contener en algún lugar la información de esos **usuarios**, se llama a esta tabla: usuarios (con sus respectivas columnas). Ahora bien: ¿Qué sucede frente

a un ataque informático? Claramente el atacante sabría de esta información y buscaría vulnerar esta tabla. Como primera instancia se tiene como medida de seguridad, cifradas las columnas referidas a información sensible del usuario (sea contraseñas u otras) pero es posible que el atacante busque atacar mediante fuerza bruta este cifrado. Suponiendo que lo logra (dada la poca y casi nula aplicación de buenas políticas de seguridad a la hora de crear credenciales) además de entrar a la base de datos podrá descifrar una contraseña referida al administrador (si dispone de tiempo mediante algún método de fuerza bruta). El impacto en el sistema, sin hacer falta aclarar el por qué, resulta catastrófico

Acá entra en juego el método de cifrado abstracto:

Suponiendo ahora la misma base de datos y la misma aplicación web, pero ahora con dos tablas añadidas relacionadas exclusivamente con la tabla de usuarios. Volviendo al fundamento teórico expresado en el apartado introductorio, sabemos que el método para poder funcionar correctamente necesita de: una clave, información **Señuelo** e información Real (notase la mayúscula en **Real**, dada la diferencia con el adjetivo real, esta palabra hace referencia a la viabilidad de los datos con los que trabajamos con respecto a los datos creados por el método). Una de estas tablas, se llama **Señuelo**, tendrá la información creada por el algoritmo, o sea, las palabras códigos, relacionada con la tabla original **Usuarios**, que ahora contendrá en lugar de la contraseña: su identificador principal y una palabra código generada en función de la hora de creación de ese usuario (usando la semilla). Luego a través de las claves primarias se relaciona la tabla Usuarios con la tabla de Señuelo (que contiene las palabras códigos generadas con ese seed en particular para la contraseña real) y la tabla faltante, la cual se llama Real contendrá las palabras código generadas con él algoritmo y otra columna con la palabra original (en este caso la contraseña) (que puede cifrarse como se venía cifrando naturalmente la misma mediante algoritmos tales como SHA256, MD5, etc). [8] [9]

Como conclusión, se podría utilizar las ventajas del método (abstracción de datos en función de la información real, generación de la información en función del tiempo) de cifrado planteado para agregar una capa de seguridad de varios niveles (tres en este caso), las cuales para corromperlas no solo se necesitaría conocer información como el tiempo de creación exacto y la palabra original, sino que se necesitaría conocer la palabra código generada por tal semilla para luego buscar en otra tabla cual palabra original se relaciona con esa palabra código. Este mismo caso es explicado de manera gráfica para el caso de un usuario y contraseña (admin/admin) sin encriptación final en la tabla **Real**:

A continuación, se desmembra la Figura 4

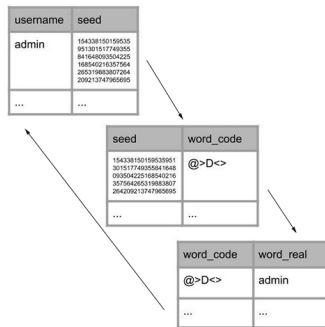


Figura 5: Tablas iniciales relacionadas

en tres tablas individuales, relacionando particularmente a cada una con su antecesora.

username	seed
admin	154338150159535 951301517749355 841648093504225 168540216357564 265319883807264 209213747965695
...	...

(a) Tabla de las claves

seed	word_code
154338150159535951 301517749355841648 093504225168540216 357504265319883807 264209213747965695	@>D<>
...	...

(b) Información (o cumulo) señuelos

word_code	word_real
@>D<>	admin
...	...

(c) Información Real

4. Discusión

4.1. Similitudes y Diferencias

Una de las similitudes más grandes (encontradas luego del desarrollo de este algoritmo) es contra el algoritmo de encriptación SSL desarrollado por Netscape. En el desarrollo del método SSL, la creación de la semilla se hacía de manera similar (contabilizando los días y meses en las que se enviaba la información) [10] [11] precisamente por Ian Goldberg y David Wagner. El mismo utilizaba parámetros temporales para la generación de la semilla, lo que produjo serios problemas con la utilización del mismo ya que claramente cuando hablamos de días, horas, minutos y segundos, nos estamos limitando a franjas de tiempo acotadas. En el caso del método actual, se debería plantear la problemática ¿cuan segura es la forma de generación del **seed** acá planteado? Sabemos que el algoritmo $S\Delta$ nos proporciona una forma independiente de referenciar la información real mediante palabras código, pero lo que no sabemos es cuando riguroso matemáticamente es el método (puede que la semilla generada sea encontrada). [12]

4.2. Recursos y Optimización

Dado que no soy ningún experto en criptografía o matemática avanzada, el planteo de la algoritmia descrita en este ensayo funciona de una manera no acorde a los tiempos computacionales requeridos hoy día. Por ejemplo:

Para generar la palabra código proveniente del dato de entrada "Hello":

1. **Semilla generada:** 28211099074560000000000000224
2. **Tiempo transcurrido:** "1.31599998474"
3. **Dato entrada:** "HELLO"
4. **Dato salida:** C<G?B

Ahora, para generar el primer parrafo del texto "Lorem Impsum clásico, estuvo:

1. **Semilla generada:** 6351461955384281
2. **Tiempo transcurrido:** "3.09700012207"
3. **Dato entrada:** Texto clasico Lorem Ipsum
4. **Dato salida:**

GIDG@CIG<AI=I@G>>DC=@ID=GG<=
<=GD>ADCAIGI@<<AAC<>GDD>GC@C
>@><ID>GG>GC@IF<DF@<>@<G=>@<
I><=<F=@<=>=AG@=@IDADG@D=CC
=CDD=CGDD@=DFCCA<D@A>>A<CA=D
CAG<@DA<>A@=DD<F<DI>I=AA>IGI
DCC<>C@D=I@F<@AF=G==AA<<A@AF
@AFGI@C<FGFCI=>CC<DDFA><>GC@
@=GFID>GFF<D=>FI=G@CDCG@<FG<
@CF@<GD>=@>DDCCAGAG<=I<F@=II
>C@A=G>CFCFD@F>G<>>FCC=G<>GI
>G=FCD>II=>G>DCAD>ICDAC=I>FC
<C>DD=I=DGD>>D@=D=GDCDF<==G@
<IFA<D<=ICFA@AG<A@<<CCAG<@GD<
CC=@GFDDA@<DF<G>@DCAD<F<GF@A
F==FAG=FI=F@FFCAG>><AAI=I>DF
GD<@CF>D<>CIA<C@A=ADACA>A=@<
GC=<II@I@=AG>DAC>G<AFA<A=<=<
CA<FF@IF@D@=AGF=F>=AIIAD@F<D
>I<>C<FI>A><<@CAG@<FA<CC<CGI
>>=F@GA>=<DAF@===IGI>AA@<=C@
ADD<FCAIG@<@ACF<CCGI=<==AFA>
>CCD@=@CAC>@

Es claro ver que la generación de las claves señuelo depende exclusivamente del tamaño de la cadena de datos entrante (5 caracteres vs 633 caracteres de la cadena anterior), es por esto que, suponiendo una entrada masiva de datos (más de 200 caracteres) el algoritmo necesitara un poder computacional grande (+10GB RAM). Se podría plantear una forma dinámica de asignación de memoria requerida en el momento de generar las claves señuelo que derivaría en una ágil generación de cada carácter individualmente de su entrada. Otra posibilidad, es la de una generación de claves fijas, aunque esto conlleva una problemática aun más grande, la posibilidad de replicarlas mediante fuerza bruta.

5. Conclusión

Teniendo en cuenta que esta técnica crea palabras código abstractas a partir de ciertos indicios proporcionados por la semilla y los valores señuelo, que a su vez está, es creada bajo un tiempo dependiente de la hora de creación de la misma, se pide al lector considerar una relación directa con las palabras código y estos mismos números generados. Ya sea bajo UNICODE, Shift JIS(codificación japonesa) o ASCII, todos los caracteres que uno observa de un sistema informático están regulados por números enteros. Mediante esta relación matemática que asocia números a caracteres dependiendo de cierta estándar, uno podría utilizar esta misma técnica de generación de valores a partir de un dato de entrada y fusionarla con algún estándar de codificación para así obtener realmente las *palabras código*.

Interesante sería poder incluir alguna técnica de HPC (High Processing Computing) para poder acelerar los resultados de salida a la hora de ingresar excesivos elementos de entrada al algoritmo. Como se vio en apartados anteriores, es interesante saber que ante mayor magnitud de entrada de datos se tiene una complejidad de calculo cada vez mayor, regida por una notación $O(N \log N)$. Utilizando alguna técnica de computación distribuida se podría contemplar esta máxima en el tiempo de respuesta pudiendo generarse una manera más rápida para poder generar estos códigos.

Para finalizar, en forma de conclusión, uno podría ingresar un texto largo, un documento único, un numero de seguridad social, etc, y con el valor ingresado convertido de manera numérica generar una manera abstracta de referenciarlo sin hacer alusión a la información real, obviamente generando todo el complemento de datos que acompañan la técnica. Una de las ventajas de esta técnica de cifrado es la casi nula referencia a la información real que buscamos. Es por eso que decidí el nombre **abstracción** por sobre el de encriptación y esto no fue en vano, dado que la encriptación genera también códigos que nada se comparan al valor real pero uno consiguiendo el método algorítmico usado para generar estos códigos puede volver a la palabra original. Mediante esta técnica no es posible retraer a la información original y es justamente el significado de la palabra *cifrado abstracto*.^{en} el ensayo, es imposible matemáticamente volver a la palabra original sin antes referenciarla mediante una semilla, la cual para generarla uno necesita el momento exacto en segundos de la creación de esa clave.

Se reitera, no es caso omiso el utilizar la palabra *cifrado abstracto*, ya que es el fundamento principal del método planteado.

6. Agradecimientos

A todos y cada uno de los profesores de la Universidad Tecnológica de Rosario.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Referencias

- [1] C. E. R. R. L. S. C. Cormen, Thomas H.; Leiserson, "Introduction to algorithms," *Massachusetts Institute of Technology*, 2009.
- [2] M. M. Naor, "Universal one-way hash functions and their cryptographic applications," 1989.
- [3] M. B. L. Blum y M. Shub, "A simple unpredictable pseudo-random number generator," *SIAM J*, 1982.
- [4] B. H. E. Ron Larson, "Calculus 10th edition," 2012.
- [5] D. K.-M. Averill M Law, "Simulation modeling and analysis," *Publicación 2nd - ISSN 0162-1459*, 1991.
- [6] N. Thomas, "Técnicas de simulación en computadoras," 1982.
- [7] R. E. Sikha Bagui, "Essential sql on sql server 2008," *Jones and Bartlett Learning*, 2009.
- [8] T. H. L. C. E. R. R. L. S. C. Cormen, "Introduction to algorithms," *Massachusetts Institute of Technology*. pp. 253–280, 2009.
- [9] N. Askitis, "Fast and compact hash tables for integer keys," 2009.
- [10] D. W. Ian Goldberg, "Randomness and the netscape browser," 1996.
- [11] Wikipedia, "Https," 2018.
- [12] W. D. . M. Hellman, "New directions in cryptography," 1976.

Contenedores Inteligentes de Residuos

Universidad del Norte Santo Tomas de Aquino, Facultad de Ingeniería, 4to año

Abstract

El presente proyecto busca diseñar y elaborar un tipo de contenedor de residuos que pueda incorporar una plataforma inteligente basada en Inteligencia Artificial [3] para gestión y mantenimiento de los mismos, enmarcado en un proyecto global denominado "Yerba Buena verde" perteneciente al municipio del mismo nombre en la provincia de Tucumán.

Introducción

Un problema ambiental que se presenta en la Municipalidad de Yerba Buena en la provincia de Tucumán, es que hay contenedores que se utilizan para descargar cualquier tipo de residuos: sólidos, líquidos, plásticos, metal, etc., y que suelen estar llenos o que la gente no sabe donde ubicarlos para llevar sus desechos. La municipalidad necesita optimizar esto y tiene un proyecto denominado "Yerba Buena verde", en el cual se implementarían los contenedores inteligentes que permitirán, por ejemplo, ubicarlos a través de una aplicación para dispositivos móviles y que también funcione a través de una página web (APP), las condiciones en la que se encuentran y si están vandalizados o no, y a su vez esa aplicación interactuará con el personal del municipio, para que vayan a recogerlo, o buscarlos en caso de estar llenos.

Detalle de la Solución

Existen dos tipos de contenedores distribuidos en la ciudad de Yerba Buena, los de dos alas (una a cada costado), y los de una (acceso frontal) para los cuales se utilizará el mismo esquema de diseño de solución (ver figura 1): adentro de los mismos se

agregará una caja de aluminio, de tamaño de 10x30cm donde tendrán: una placa Arduino [4] [5], un sensor de volumen, un sensor de posición, y un módulo de WiFi. Serán totalmente ecológicos, no van a necesitar energía eléctrica ya que van a trabajar con energía solar permitiendo ubicarse en cualquier sitio que fuese necesario instalarlos.

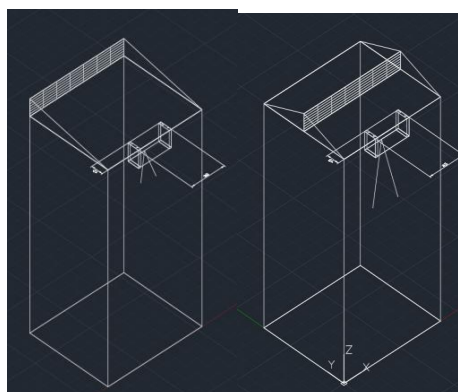


Figura 1. Tipos de contenedores de residuos y la posición de la caja de aluminio para los dispositivos electrónicos.

En la parte superior de la caja se pondrá un panel solar también de 10x30 cm, que estará conectado a una batería de gel dentro de la caja por medio de un cable, y esta alimentará la placa Arduino. Sobre el panel solar se agregará una capa de acrílico que servirá para evitar actos de vandalismo que pudiesen dañar el panel (figura 2).

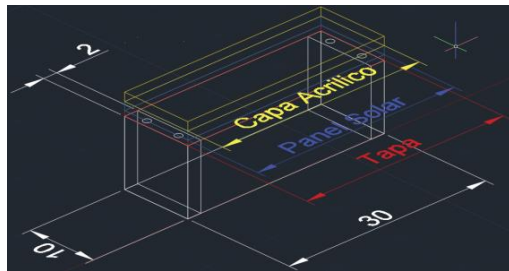


Figura 2. Esquema de ubicación del panel solar con la capa de acrílico protector

Además de la batería, se tendrá la placa Arduino con un sensor de volumen o proximidad que detectará la distancia de la tapa a los residuos dentro del contenedor. Mediante el módulo WiFi se podrá gestionar el dispositivo. También se agregará un módulo de GPRS a modo de proyecto, para futura implementación en caso de ser posible, para una gestión por tecnología de telefonía celular.

Plataforma de Software

Se usará la plataforma Google Maps [6] para establecer las ubicaciones de los distintos contenedores de dos formas: definidas a priori por quien gestionará el proyecto o por reconocimiento de ubicación mediante WiFi. Ver figura 3.

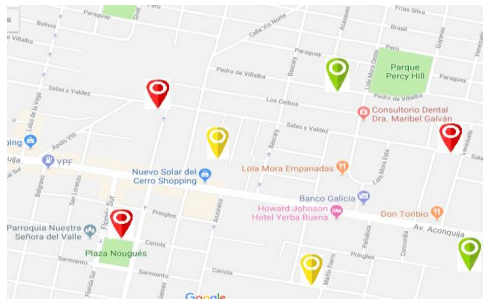


Figura 3. Interfaz con la ubicación de los contenedores de residuos

En la figura 3, los círculos serán los contenedores, los colores definirán el estado de cada contenedor: Verde (no lleno, disponible para utilización), Amarillo (casi lleno) y Rojo (lleno, este estado disparará una alerta vía SMS, mail o Whatsapp a las autoridades pertinentes para su recolección).

La placa Arduino usará un Sistema Experto Difuso [1] [2] para control del estado de llenado de estos contenedores, informando mediante mail, SMS o Whatsapp a los responsables de mantenimiento de la Municipalidad de Yerba Buena. Este S.E.D también controlará la posición del contenedor a los efectos de detectar un volcado el mismo, debido al vandalismo que pudiera sufrir, informando también a los responsables de mantenimiento de la Municipalidad de Yerba Buena mediante los mecanismos ya informados. Ver figura 4.

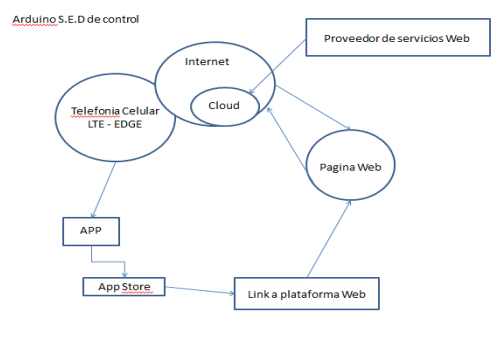


Figura 4. Esquema del Sistema Experto Difuso para control de la placa Arduino

Tendrá doble plataforma: Internet (plataforma Cloud) y la plataforma de Telefonía Celular. La segunda generará una APP que funcionará en cualquier tipo de teléfono celular, y mediante la plataforma Cloud, trabajará sobre una página web. En dicha página web estará toda la información cargada, por lo que la aplicación redirigirá a la misma (figura 5).

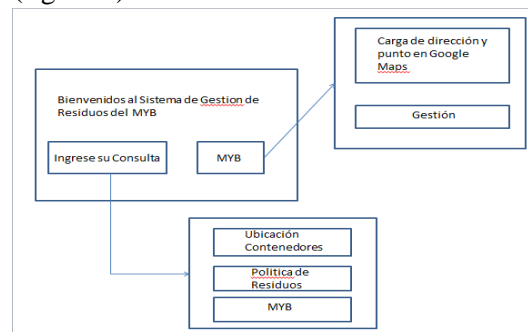


Figura 5. Interfaz de la plataforma web, una bienvenida al sistema de gestión y dos iconos para tareas.

El botón “Ingrese su Consulta” dirigirá a otra página con tres posibles iconos:

- Ubicación de contenedores: redirigirá al esquema de Google Maps que será interactivo para que el usuario vea la ubicación de cada contenedor y su estado.
- Política de Residuos: texto explicativo del sistema.
- Municipalidad de Yerba Buena: explicará los motivos de la iniciativa del proyecto.

El botón “MYB” será para la gestión directa del proyecto por parte de la municipalidad, redirigirá a otra página con dos íconos: Carga de dirección y punto en Google Maps [6], y el ícono Gestión donde se podrá gestionar cada contenedor. Esto tendrá previamente un sistema de Login, ya que será solamente para personal de la municipalidad.

En la figura 6 se puede apreciar el esquema completo de la solución.

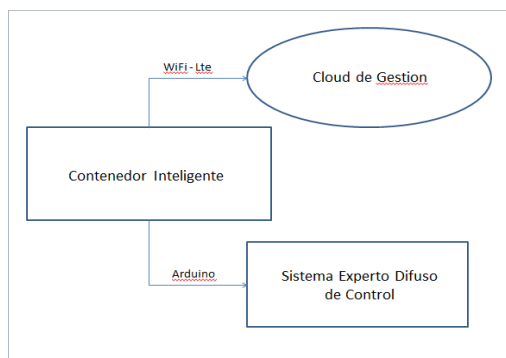


Figura 6. Esquema general del proyecto

Conclusiones

El presente proyecto se encuentra en etapa de desarrollo y se espera que al entrar en servicio estos contenedores inteligentes faciliten la gestión de recolección de residuos para que los responsables de la Municipalidad de Yerba Buena puedan contar con una plataforma de software que permita

informar en tiempo real el estado de los mismos, a los efectos de reducir los residuos en la vía pública por falta de sitios destinados a contenerlos. De esta manera, se podrá contribuir en gran medida al proyecto denominado “Yerba Buena verde”.

Agradecimientos

Queremos agradecer principalmente a la Cátedra de Inteligencia Artificial de la Carrera de Ingeniería Informática de la UNSTA, al Director de la Carrera Ing. Ernesto Rico; a los Directivos del Municipio de la ciudad de Yerba Buena, quienes nos prestaron su apoyo y asesoramiento incondicional.

Referencias

- [1] Fuzzy Logic – Algorithms, Techniques and Implementations. Elmer P. Dadios. Editorial Intech. 2012.
- [2] Fuzzy systems in bioinformatics and computational biology studies in fuzziness and soft computing. Yaochu Jin and Lipo Wang.
- [3] Computacional Intelligence. Amit Konar. Editorial Springer. 2005. Editorial Springer. 2009.
- [4] Oxer, Jonathan; Blemings, Hugh. Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware (1ª edición). Apress. Diciembre de 2009
- [5] Noble, Joshua. Programming Interactivity: A Designer's Guide to Processing, Arduino, and open Framework (1ª edición). O'Reilly Media. Julio de 2009.
- [6] “GPS, Google Earth y Cooperación. Cómo crear, compartir y colaborar con mapas en la red”. Santiago Arnalich y Julio Urruela. Primera edición. Junio de 2012

Datos de Contacto:

Matías Galvez.. UNSTA.
Av. Presidente Perón 2085 - Yerba Buena. Tuc.
mattg1593@gmail.com

Pia Sanchez. UNSTA.
Av. Presidente Perón 2085 - Yerba Buena. Tuc.
piasanchez97@gmail.com

Algoritmos genéticos para el análisis de clusters

Branca Joaquín, Lentijo Rodrigo, Loebarth Federico
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia
French 414, Resistencia, Chaco, Argentina
{joaquinbranca, rodrigolentijo, federicoloebarth}@gmail.com

Abstract

Los algoritmos genéticos se utilizan en una gran variedad de problemas de optimización y búsqueda. Son herramientas que pueden resolver problemas multi dimensionales de manera eficiente mediante la utilización de estructuras que representan posibles soluciones. Uno de esos problemas multi dimensionales, que frecuentemente aparece en varios ámbitos, es la necesidad de determinar agrupamientos o clusters en un conjunto de datos. El clustering se realiza sobre datos que no están etiquetados buscando características comunes entre ellos. Este informe describe una implementación de algoritmos genéticos para obtener centros de clusters, estableciendo un modelo de clasificación no supervisada que agrupe datos de un data set a partir de la cantidad de clases en el mismo. Se presenta la comparación de tres funciones de aptitud para observar las ventajas y desventajas con respecto a sus errores de clasificación y la velocidad de convergencia de cada una hacia una solución.

Palabras Clave

Algoritmos genéticos, clustering N-dimensional, función de aptitud.

1. Introducción

Los algoritmos genéticos (AG) [1] son métodos de búsqueda basados en la selección natural de Charles Darwin [2]. Estos métodos codifican los parámetros del espacio de búsqueda en *cromosomas*; donde una colección de los mismos es llamada una *población*. A cada uno de estos individuos se les aplicará una función de aptitud para evaluar el grado de ajuste a la solución del problema, para luego ser seleccionados como una forma de supervivencia del más apto. Inspirados en la naturaleza, utilizan operadores genéticos como el cruzamiento y la mutación, que son aplicados a estos cromosomas para obtener nuevas generaciones [1, 3].

Esta técnica aleatoria de búsqueda y optimización requiere de una correcta elección y definición de los operadores genéticos, función de aptitud y la estructura

de los individuos solución (cromosomas), entre otros factores.

Entre las aplicaciones de los AG se encuentra el clustering [4], en el cual el problema consiste en encontrar patrones ocultos en grandes conjuntos de datos para poder clasificar los mismos. El clustering [5] apunta a particionar un conjunto dado de datos (conjunto de observaciones) en grupos (clusters) que están separados de otros grupos a partir de dos condiciones: las observaciones dentro de un cluster son similares entre ellas y disimilares a las observaciones de otros clusters [4].

En este trabajo se utiliza un AG para hallar los individuos solución que contendrán los centros que servirán luego para clasificar los distintos puntos n-dimensionales obtenidos de un data set de entrada. Se pueden encontrar trabajos relacionados al clustering con AG en [3, 6, 7].

En este artículo se propone una alternativa de AG para obtener clusters de distintos conjuntos de datos. En la Sección 2 se describe el modelo propuesto incluyendo los operadores genéticos y funciones de aptitud. Las pruebas realizadas y los resultados obtenidos se muestran en la Sección 3. Finalmente, en las Secciones 4 y 5 se presentan algunas conclusiones y las posibles líneas de trabajo futuro.

2. Modelo Propuesto

2.1. Estructura del cromosoma

La estructura de los individuos de una población está basada en la propuesta por Maulik y Bandyopadhyay [3] en donde cada cromosoma está formado por una lista de G genes, que representan los centros de los K cluster. Para un espacio N-dimensional, la longitud de un cromosoma está dada por $N \times K$, donde N representa las dimensiones del espacio de búsqueda. Cada gen g_i es una

lista de decimales, los cuales representan puntos en el espacio \mathbb{R}^N . Para ilustrar esta definición se presenta el siguiente ejemplo:

Ejemplo 1. Suponga $N = 2$ y $K = 3$, es decir espacio bidimensional con tres clusters.

6.4781	8.6195	6.6191	17.121	6.6618	7.3964
--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fig. 1. Estructura de un cromosoma de tres clases en un espacio bidimensional.

La Fig. 1 representa los K centros (6.4781; 8.6195), (6.6191; 17.121), (6.6618; 7.3964). Cada tupla de N números reales es un gen indivisible. Por lo tanto, una población P será una lista de p cromosomas.

2.2. Esquema general del algoritmo

A continuación, se presenta la secuencia de pasos básicos de un AG [8] que fue utilizada para su implementación en este informe.

Algoritmo 1. Esquema general del algoritmo genético.

```

1. Program GeneticAlgorithm():
    poblacion
2. Begin
3. generatePoblacionZero()
4. while
    (terminationCriteriaReached(poblacion)) do
5. fitnessFunction(poblacion)
6. generateNewPoblacion(poblacion)
7. poblacion := newPoblacion
8. end
9. end
10. end Program
    
```

En el algoritmo 1 se puede visualizar las principales funciones utilizadas a partir del ingreso de un set de datos. En la línea 3, la función `generatePoblacionZero()` genera la población inicial a partir de puntos tomados aleatoriamente del conjunto de datos ingresado, que serán asignados a los genes de cada p cromosoma.

En la línea 4 se realiza una iteración pre test con una condición de parada que se cumple cuando se alcanza el número de corridas máximo o cuando la población generada supere un factor de mejora que estará dado en función del valor de aptitud del mejor individuo de la población inicial. Si la

condición de parada no es alcanzada, se realizarán de manera iterativa las funciones `fitnessFunction()` y `generateNewPoblacion()`.

La función de aptitud o Fitness (línea 5) realizará el cálculo de los valores de aptitud para cada uno de los p cromosomas de la población. Esto será ampliado en la siguiente sección.

Para generar una nueva población (línea 6) se realizan los operadores genéticos de Selección, Cruza y Mutación a partir de la población anterior, retornando la nueva Población P (línea 1). Estos operadores serán explicados en la sección 2.4.

2.3. Función de aptitud

Este artículo propone tres funciones de aptitud para evaluar a los individuos de una población dada. Cada función se basa en distintos criterios de validación internos de clustering (MSSC, Calinski-Harabasz y Coeficiente Silueta) [9]. Todos ellos tienen en común el pre procesado que se realiza con los individuos solución, clasificando los datos del conjunto de entrada a partir de los centros que obtienen de los genes de un cromosoma y generando los clusters C_i con $i = 1, 2, \dots, K$. A continuación, se expone cada uno.

2.3.1. Aptitud basada en MSSC

Para implementar esta función de fitness se utilizó el criterio de Minimum Sum-of-Squares Clustering (MSSC) [10]. Este método utiliza un índice de cohesión intra cluster SSW (Sum of Squares Within) dado por la ecuación (1).

$$SSW(p) = \sum_{k=1}^n \sum_{x \in C_i} \|c_i - x\| \quad (1)$$

Siendo K el número de clusters o clases, C_i el cluster i -ésimo y c_i su centro. x representa un punto del data set que pertenece al cluster C_i y $\|c_i - x\|$ es la distancia euclídea de dicho centro al punto x .

De la aplicación de la ecuación (1) se obtiene un valor que nos indica el desvío de cada elemento del data set a los centros propuestos por un cromosoma, por lo tanto será mejor cuando tienda a minimizarse

dicho valor, siendo el fitness la ecuación (2). Este valor se encontrará en el rango $[0, \infty)$.

$$FitMSSC(p) = SSW(p) \quad (2)$$

Donde p son todos los individuos de una población $P(t)$.

2.3.2. Aptitud basada en el índice de Calinski-Harabasz

Esta función calcula el índice CH (Calinski-Harabasz) [11] para cada individuo solución de una población. Para obtener este coeficiente es necesario determinar la cohesión SSW, dada por la ecuación (1), y un índice SSB (Sum of Squares Between), medida de separación utilizada para evaluar la distancia inter cluster, expresada a continuación:

$$SSB(p) = \sum_{k=1}^n |C_k| \cdot \|c_k - x_{mean}\| \quad (3)$$

Siendo K el número de clusters, $|C_i|$ la cantidad de elementos del cluster y $\|c_i - x_{mean}\|$ la distancia del centro del cluster C_i a la media del data set.

Este método busca maximizar el fitness dado por la siguiente expresión:

$$FitCH(p) = \frac{SSB(p)/K-1}{SSW(p)/n-K} \quad (4)$$

El valor de $FitCH(p)$ se encontrará en el rango $(0, \infty)$ y permitirá encontrar el número óptimo de clases, variando K y buscando el máximo valor.

2.3.3. Aptitud basada en el Coeficiente Silueta-CH

Para implementar esta función de aptitud este modelo se basó en el Coeficiente de Silhouette [12]. Dado un data set, para cada elemento x_i se calcula $a(x_i)$, el cual representa la distancia promedio de x_i con todos los elementos pertenecientes al mismo cluster C_i , y se establece $b(x_i)$ como el promedio de las distancias de x_i a todos los elementos pertenecientes al cluster más cercano.

$$s(x_i) = \begin{cases} 1 - \frac{a(x_i)}{b(x_i)}, & \text{si } a(x_i) < b(x_i) \\ 0, & \text{si } a(x_i) = b(x_i) \\ \frac{b(x_i)}{a(x_i)} - 1, & \text{si } a(x_i) > b(x_i) \end{cases} \quad (5)$$

Entonces se calcula el coeficiente silueta de cada elemento x_i que pertenece a C_i a partir de la ecuación (5). Los valores posibles para $s(x_i)$ se encuentran en el rango $[-1, 1]$,

siendo los valores negativos que más se acerquen a -1 los correspondientes a malas clasificaciones, valores positivos que más se aproximen a 1 los que se correspondan a buenas clasificaciones y valores cercanos a cero los que no aportan información respecto a su clasificación. El coeficiente silueta de un cluster C_i estará dado por:

$$S(C_i) = \frac{1}{|C_i|} \cdot \sum_{x_i \in C_i} S(x_i) \quad (6)$$

A partir del coeficiente de cada K cluster dado por la ecuación (6), se obtiene el coeficiente silueta del individuo p de la siguiente manera:

$$S(p) = \frac{1}{K} \cdot \sum_{i=1}^K S(C_i) \quad (7)$$

Realizando pruebas con la ecuación (7) como función de fitness se observó un comportamiento inesperado del AG, ya que tendió a aglomerar los centros de los individuos solución, convergiendo en agrupamientos pésimos. Para solucionar este problema se combinaron los criterios de Silhouette (7) y el índice CH (4) para realizar la función de fitness para un individuo p , definiéndose la misma de la siguiente forma:

$$FitSiluetaCH(p) = S(p) * FitCH(p) \quad (8)$$

La ecuación (8) está formada por un producto de funciones, ya que busca maximizar tanto $S(p)$ como $FitCH(p)$, permitiendo ponderar la ecuación (4) con el coeficiente Silhouette de un individuo p dado por la ecuación (7).

2.4. Operadores genéticos

Los siguientes operadores tienen como parámetro principal la población antes generada P_t . Al finalizar la aplicación de los mismos, se obtendrá una nueva población P_{t+1} .

2.4.1. Selección

Este proceso selecciona cromosomas de la población P_t y los asigna en la población P_{t+1} manteniendo sus mismas características. En este trabajo el 10% de la población P_t es seleccionada, implementando dos técnicas: selección elitista (30%) y selección por ruleta sin control de copia (70%) [1]. A partir de la selección elitista, se asegura que al menos el

mejor individuo de la población P_t pase a la siguiente generación, siendo P_{t+1} al menos igual a P_t con respecto a la calidad de sus individuos.

2.4.2. Cruzamiento

El cruzamiento es un proceso probabilístico que intercambia información genética entre dos cromosomas padres para generar, en nuestro caso, un cromosoma hijo. Este operador se aplica en la totalidad de la población P_t para generar el 80% de la población P_{t+1} . En esta implementación se utilizan dos técnicas de cruce, el cruzamiento simple punto (60%) y el cruzamiento binomial uniforme (40%) [1].

En ambas se seleccionan dos cromosomas padres p de la población P_t al azar. En la cruce simple se escoge aleatoriamente la ubicación del punto que se utilizará como pivote. A partir de dicho punto se intercambian los segmentos de información genética del padre y de la madre para generar un cromosoma hijo. En la cruce binomial, sin embargo, se realiza la selección aleatoria, con probabilidad uniforme para ambos padres, de los genes que serán heredados para cada posición dentro del cromosoma hijo.

2.4.3. Mutación

La mutación nos permite modificar la información genética de los cromosomas y explorar de mejor manera el espacio de soluciones. Este modelo propone utilizar un operador de mutación adaptativo por convergencia con probabilidad variable para generar la partición de P_{t+1} restante (10%). Si esta partición no es completada con el operador de mutación, se realizará cruce simple punto para crear los cromosomas restantes. Para analizar dicha convergencia se utilizó un índice de diversidad genética gdm [13]. Para cada población se calcula un gdm , tal como se muestra en la ecuación (9).

$$gdm = \frac{Fit(mean)}{Fit(max)} \quad (9)$$

Siendo $Fit(mean)$ la media de los valores de aptitud y $Fit(max)$ el valor máximo de aptitud de la población $P(t)$ respectivamente.

La ecuación (9) se encontrará en el rango $[0,1]$.

Si $gdm > VC$ (en este trabajo se considera $VC = 0,5$) entonces la probabilidad de mutación se multiplica por una constante K_m tal que $P_m = P_m * K_m$, de lo contrario $P_m = P_m / K_m$. Se consideró $K_m = 1,1$ para que la pendiente de la función de P_m tenga saltos graduales. La máxima y mínima probabilidad de mutación son $P_{mmin} = 0,01$ y $P_{mmax} = 0,25$, inicializando P_m en P_{mmin} . Estos valores fueron establecidos a partir de pruebas con data sets artificiales, con la finalidad de evitar la convergencia temprana y poder explorar mayores soluciones en el espacio de búsqueda.

A partir del P_m obtenido, se itera sobre los cromosomas de la población P_t , generando para cada uno un valor aleatorio, tal que si ese valor generado es menor a P_m se procede a mutar el individuo. Este trabajo implementa un operador de mutación para valores flotantes basado en *creep mutation* [14], donde se selecciona un gen al azar y ese valor es sustituido por un valor entre dos límites establecidos. Se realizó una modificación a dicho método, la cual se encuentra en la obtención de los rangos reales que establecen los límites para mutar el gen del cromosoma, con el fin de acelerar los tiempos de ejecución del algoritmo. Este rango se obtiene a partir de todos los genes del cromosoma, buscando los límites máximo y mínimo para cada N-dimensión.

3. Simulaciones y resultados

Los resultados experimentales para comparar las funciones de aptitud fueron obtenidos a partir del procesamiento de tres data sets artificiales (flame [15], R15 [16] y circles) con sus clases conocidas. Los sets de datos se observan en la Fig. 2. El data set circles fue generado a partir de 3 centros y sus radios con una distribución uniforme, con $K=3$ y 270 puntos bidimensionales.

Se realizaron 60 corridas del AG, variando la función de fitness y la cantidad de individuos en la población (en un esquema de 30, 60, 90 y 120 individuos), con una cantidad fija de 100 iteraciones dentro de

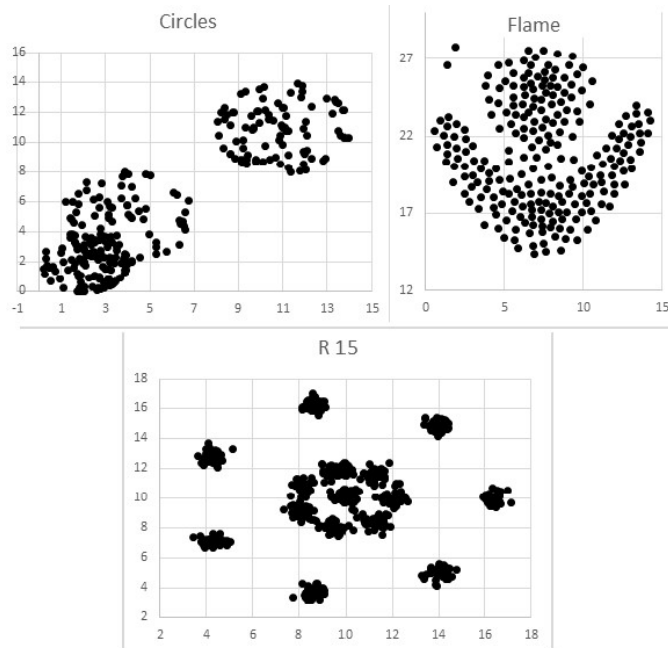


Fig. 2. Data sets utilizados en las simulaciones (flame, R15 y circles).

cada corrida, para cada conjunto de datos. A partir de esto se obtuvieron los datos presentados en Fig. 3, Fig. 4 y Fig. 5.

Si se comparan los distintos fitness, para cada set de datos, se puede observar que en general con poblaciones de individuos menores a 60, no se alcanza un valor de aptitud óptimo.

Sin embargo, incrementando por encima de 120 tampoco se mejora la solución,

incurriendo en más costo computacional. Otra observación realizada es que los valores se estabilizan en promedio entre la iteración 40 y 60, para los tres conjuntos.

Los tiempos de ejecución fueron calculados para cada función de aptitud y para cada data set, como se muestra en la Fig. 6. Los mismos dependen de la cantidad de datos del conjunto, su cantidad de clases y dimensiones; también de la cantidad de

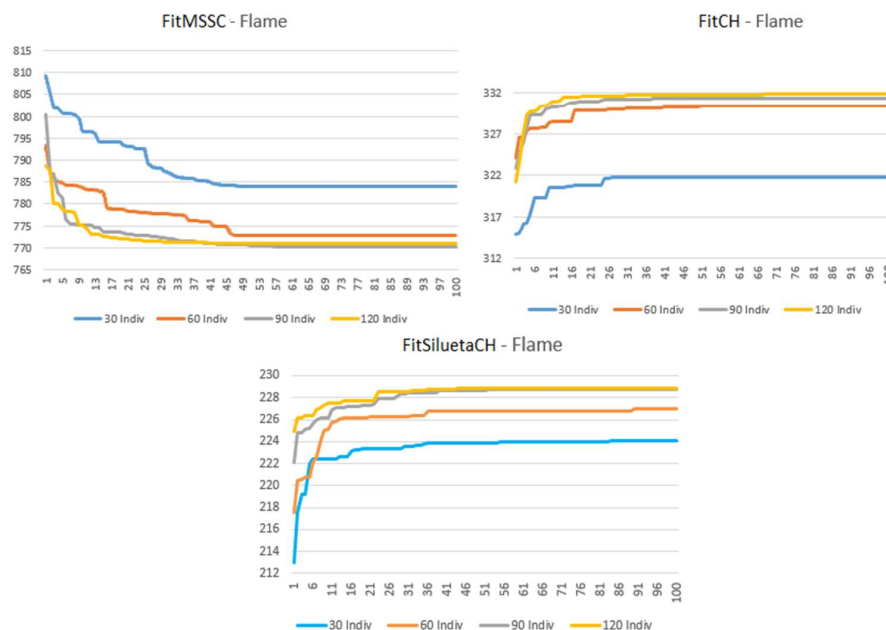


Fig. 3. Evolución de las aptitudes variando la cantidad de individuos en la población, utilizando el data set artificial flame.

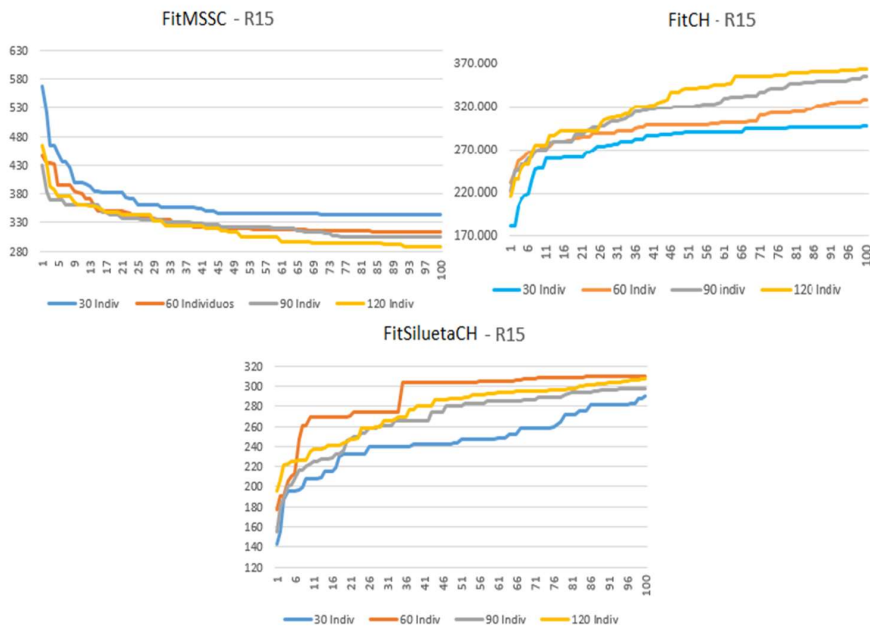


Fig. 4. Evolución de las aptitudes variando la cantidad de individuos en la población, utilizando el data set artificial R15.

individuos y de iteraciones realizadas. En promedio, el fitness basado en MSSC fue el más rápido en converger en una solución óptima, seguido por CH y en último lugar Silueta-CH.

Se realizó finalmente un análisis de los errores de clasificación, utilizando el promedio global de errores para cada clase, a partir de los valores de verdad conocidos

de cada una. Los resultados de este se observan en la tabla 1.

	FIT MSSC	FIT CH	FIT SILUETA-CH
FLAME	0,120	0,126	0,098
CIRCLE	0,041	0,065	0,065
R15	0,036	0,010	0,008

Tabla1. Tabla de errores de clasificación promedio utilizando 120 individuos en la población, para cada uno de los data sets

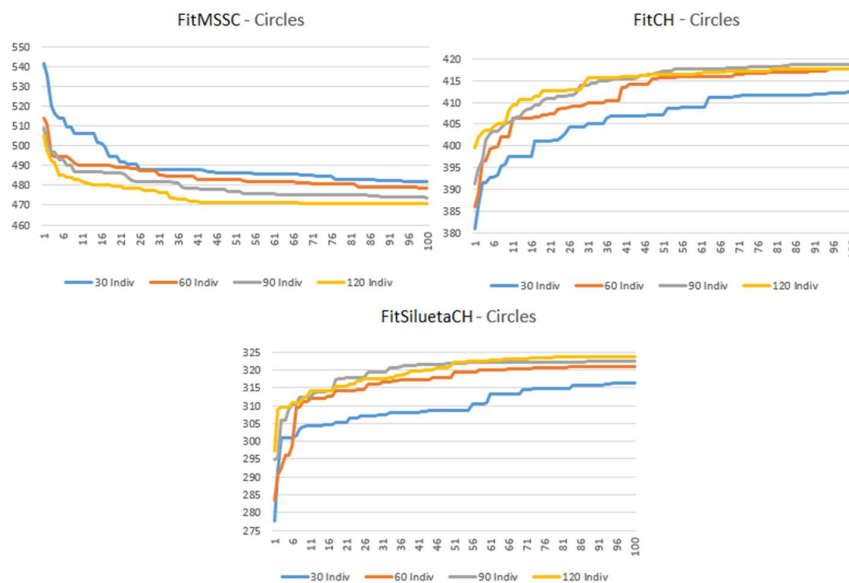


Fig. 5. Evolución de las aptitudes variando la cantidad de individuos en la población, utilizando el data set artificial circles.

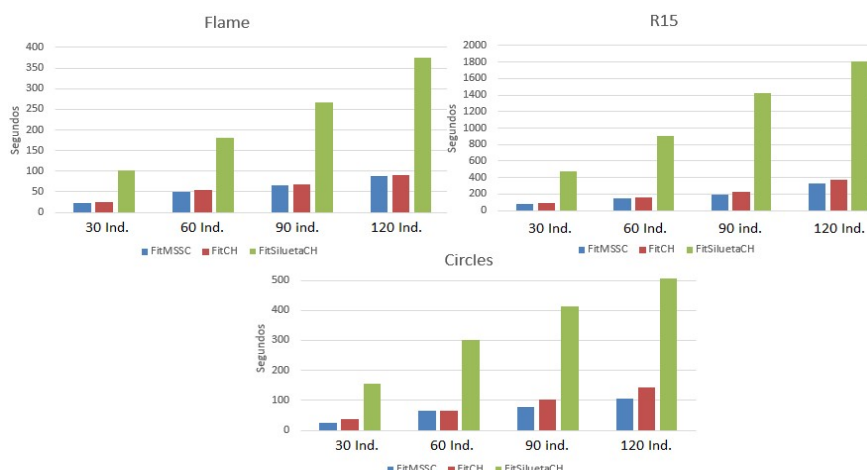


Fig. 6. Tiempos de ejecución en segundos para los 3 data sets artificiales.

Se observa que a pesar del costo computacional del fitness S-CH, obtuvo los mejores resultados en la clasificación para los data sets propuestos.

4. Conclusiones

En este artículo se describe el desarrollo e implementación de un AG adaptado con tres funciones de fitness distintas logrando realizar un análisis comparativo de las mismas.

El modelo propuesto ha mostrado resultados adecuados en función a las pruebas realizadas. Se puede observar que la función de aptitud *FitMSSC* tuvo resultados aceptables en agrupamientos con clases circulares y distantes entre ellas. Este método resultó el más sencillo de aplicar debido a que sólo toma un criterio intracluster para determinar la aptitud de un cromosoma, obteniendo clasificaciones más rápidas con menor costo computacional. Sin embargo, pierde eficacia en distribuciones con clases muy cercanas por no tener un criterio que analice la disimilitud entre clusters.

Por otro lado, la función *FitCH* incorpora tanto un criterio intracluster, como uno intercluster para la clasificación de los data sets. Su aplicación se vio influenciada por la cardinalidad de las clases, incrementando la tasa de error en agrupaciones con densidades muy desproporcionadas. Esto es debido a que utiliza como criterio de disimilitud a la diferencia entre los centros y la media del

data set. Se puede observar en la tabla 1, que tanto en flame como en circles, se tienen mayores errores que con *FitMSSC*; no obstante, se reduce el error en agrupaciones con igual cardinalidad entre clases, como R15.

Finalmente, al combinar dos criterios de validación interna de clustering en una misma función de aptitud *FitSiluetaCH*, como ser el coeficiente Silueta y el índice de Calinski-Harabasz, se obtuvieron los mejores resultados en la agrupación de conjuntos de datos con distintas densidades, a expensas de un costo computacional mayor. Esto se debe a que el coeficiente Silueta utiliza un criterio local que no tiene en cuenta las densidades de los conjuntos para el cálculo de la disimilitud. Además, éste pondera al índice CH, resultando en buenas clasificaciones cuando se maximicen ambos criterios.

Este modelo también presenta limitaciones al momento de agrupar clases no circulares. El mismo no produce buenas soluciones ya que la métrica de similitud utilizada es la distancia de cada elemento al centro de su clase. Debido a esto pierde eficacia al momento de agrupar conjuntos con formas de anillos o cadenas por ejemplo, o en aquellos donde no existe un centro que describa a la mayoría de los datos o puntos de un cluster.

5. Trabajo futuro

Como trabajo futuro, se pretende incorporar otras métricas de distancia para las medidas de similitud y disimilitud, ya que la distancia euclídea sólo permite lograr buenos resultados en agrupaciones con clases circulares. Se propone analizar también la adición de otros criterios de validación interna para lograr aumentar la eficiencia del AG y reducir los costos computacionales.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado en el ámbito de la cátedra Inteligencia Artificial de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Resistencia. Chaco, Argentina.

Referencias

1. Goldberg, D. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. New York: Addison-Wesley (1989).
2. Darwin, C. *El origen de las especies por medio de la selección natural*. Editorial CSIC-CSIC Press (2009).
3. Maulik, U. &. Genetic algorithm-based clustering technique. *Pattern recognition*, Vol. 33, No. 9, pp. 1455-1465 (2000).
4. Jain, A., Murty, M., & Flynn, P. Data clustering: A review. *ACM Comput. Surv.*, Vol. 31, pp. 264-323 (1999).
5. Anderberg, M. R. *Cluster analysis for applications*. Academic Press. New York (1973).
6. Lin, H., Yang, F., & Kao, Y., An efficient GA-based clustering technique. *Universidad de ciencia y tecnología de Tamkang*, Vol. 8, No. 2, pp. 113-122, (2005).
7. Jones, D. R. Solving partitioning problems with genetic algorithms. *Proceedings of the 4th ICGA*, pp. 442-449 (1991).
8. Mitchell, M. *An introduction to genetic algorithms*. New York: MIT press (1998).
9. Halkidi, M., B., Y., & V., &. M. On clustering validation techniques. *Journal of intelligent information systems*, Vol. 17, No. 3, pp. 107-145 (2001).
10. Aloise, D. Exact Algorithms for Minimum Sum-Of-Squares Clustering. *Ph.D. Dissertation. Ecole Polytech* (2009).
11. Caliński, T. & Harabasz, J. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-theory and Methods*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-27 (1974).
12. Rousseeuw, P. J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, Vol. 20, pp. 53-65 (1987).
13. Vasconcelos, J. A. Improvements in genetic algorithms. *IEEE Transactions on magnetics*, Vol. 37, No. 5, pp. 3414-3417 (2001).
14. Corcoran, A. L. Using real-valued genetic algorithms to evolve rule sets for classification. *IEEE World Congress on Computational Intelligence. Proceedings of the First IEEE Conference on IEEE*, pp. 120-124 (1994).
15. Fu, L., & Medico, E. A novel fuzzy clustering method for the analysis of DNA microarray data. *BMC bioinformatics*, Vol. 8, No. 1, pp. 3 (2007).
16. Veenman, C., & Reinders M.J.T. & Backer, E. A maximum variance cluster algorithm. *IEEE Trans. Pattern Analysis and machine intelligence*, Vol. 24, No. 9, pp. 1273-128.

Compactación y Codificación mediante códigos Huffman y Hamming

Teoría de la información y Codificación, Universidad Nacional de San Luis

San Luis, Argentina

El presente trabajo detalla el funcionamiento del programa Huffman-Hamming junto con una pequeña introducción teórica al tema, el mismo fue desarrollado como práctico final de máquina de la materia Teoría de la Información y Comunicación perteneciente al 4° año de la carrera Ingeniería en informática. La dirección del trabajo fue efectuada por el Dr. German Montejano y el Lic. Mario A. Silvestri.

Introducción

En el esquema del envío de información existen tres componentes básicas, un emisor un receptor y el canal por el cual son enviados. El canal por diversos factores (cables en mal estado, distancias muy largas para la capacidad del cable, etc.) puede presentar errores en la información enviada, por otro lado, el tiempo que se tarda en enviar a información es otro problema presente en el esquema de comunicación. Existen varias soluciones para estos problemas, pero las explicadas en el siguiente informe son el código Hamming (para solucionar errores en la información por causa del canal) y código Huffman (para disminuir el tiempo de envío de la información).

Código Hamming

El código de Hamming llamado así por su inventor Richard Hamming es un código detector y corrector de errores. El funcionamiento básico de esta codificación es el siguiente: dado una cadena de bits (parte de la información) se le agregan ciertos bits en posiciones específicas (posiciones 2^n) que luego cuando la información llega al receptor mediante la operación de **sumas de paridad** es posible detectar si la cadena presenta un error y qué bit posee el error, de esta manera se puede corregir. En la siguiente tabla se muestra la representación binaria de los números del 1 al 9, cada número representa una posición que ocupa un bit en la cadena de información.

<u>Posición</u>	<u>Representación Binaria</u>
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010

Todo número que tenga un 1 en su última posición de su representación binaria deberá ir en la primera suma de paridad, de forma similar los que tengan un 1 en su penúltima posición de su representación binaria deberá ir en la segunda suma de paridad y así siguiendo. Por lo tanto, podemos ver que la primera suma de paridad cubre las posiciones 1,3,5,7,9,11,13,15...; la segunda, 2,3,6,7,10,11,14,15,18,19,22,23...; la tercera 4,5,6,7,12,13,14,15,20,21,22,23...; la cuarta 8,9,10,11,12,13,14,15,24,25,26,27,28,29,30,31...; etc. Tomando los resultados de la suma de paridad generamos un número llamado síndrome (cuya resultado de una suma conforma un dígito del síndrome) el cual si tiene ceros en cada uno de sus dígitos indica que no existen errores en la cadena de bits, en otro caso indica la posición en representación binaria del error.

Para generar varios bits de control sobre la cadena de información se debe buscar una forma general, esto se consigue a través de una matriz generadora **G**, la cual es multiplicada con la cadena de información para así obtener la cadena codificada con Hamming. Luego, para decodificar, multiplicamos el vector codificado por una segunda matriz decodificadora **H**, obteniendo el vector síndrome, el que nos permite finalmente corregir la cadena y recuperar la original.

Código Huffman

Es un algoritmo usado para la compresión de datos, desarrollado por David A. Huffman. Esta codificación utiliza una tabla en donde se tiene los códigos que representa a los distintos símbolos de un texto (información), estos mismos varían en longitud dependiendo de la probabilidad de aparición de dicho símbolo. Utiliza un método que consiste en ordenar las frecuencias y luego tomar las dos (usamos radix 2 ya que trabajamos en binario) probabilidades más chicas y sumarlas y volvemos a ordenar las probabilidades y se vuelve a tomar las dos más chicas hasta que nos quedan solo dos como se puede ver en la figura 1 y luego se asigna un símbolo a cada una (0 ó 1), de esta forma se sigue el camino por el cual se llegó a dicha probabilidad como se aprecia en la figura 2. Utilizando este método se logra que el código que representa un símbolo nunca sea prefijo del código de otro.

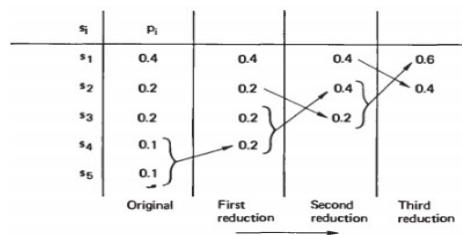


Figura 1. Proceso de reducción

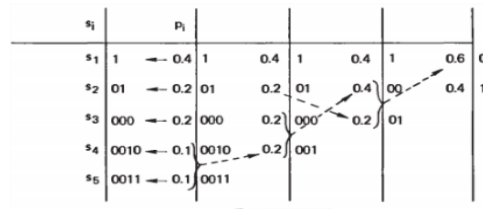


Figura 2. Proceso de división

Para la implementación de esta codificación utilizamos un árbol binario en donde cada uno de sus nodos que son hoja del árbol tiene un símbolo asociado, una frecuencia. Para crear este árbol

primero se debe recorrer el archivo completo y calcular la frecuencia de aparición de cada carácter en el archivo lo que incurre un mayor tiempo de ejecución, pero genera una tabla de frecuencias óptima para cada texto.

Programa Hamming-Huffman

A continuación, se explicará brevemente las funciones de protección mediante **codificación Hamming**.

Proteger: Lo primero que encontramos al abrir el programa es la siguiente pantalla (figura 1), luego se debe seleccionar un archivo de texto el cual vamos a proteger con el botón “abrir archivo”.



Figura 1

Cuando el archivo haya sido seleccionado aparecerá un check en color verde. Para realizar la protección con hamming se debe presionar el botón “Hamming” en la esquina superior izquierda. El botón “Hamming” abrirá un menú con las distintas funciones que se pueden realizar con codificación hamming.

En la pantalla (figura 2) que se muestra debajo se deberá seleccionar el tamaño de bloque que se desea utilizar para la protección del archivo con el combo box “Tamaño de bloque” y luego presionar proteger.

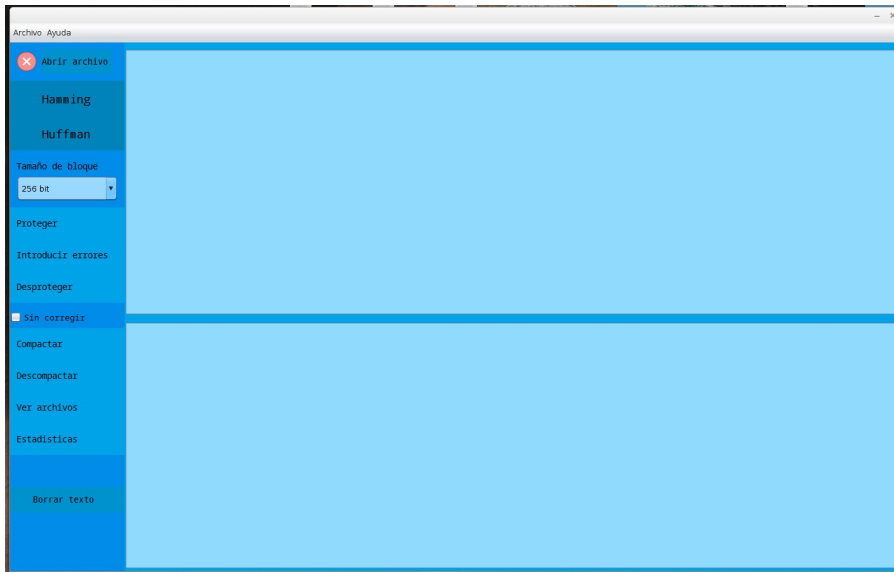


Figura 2

Luego el programa comienza la protección del archivo la cual puede durar desde unos segundos hasta unos minutos dependiendo del tamaño del archivo. Una vez finalizada la protección se crea un archivo en el escritorio con el mismo nombre que el archivo original pero con el formato (.HAX) donde X=1,2,3,4 dependiendo del tamaño de bloque que se seleccionó para codificar.

Introducir errores: Para introducir errores debemos seleccionar un archivo con formato HAX buscando el mismo con el botón “abrir archivo” y luego presionar el “botón introducir errores”. Si el archivo seleccionado es del tipo (.HA1) se deberá seleccionar el tamaño de bloque que le corresponde, en este caso sería 256 bit. Cada bloque tiene un 50% de probabilidad de que se le introduzca un error y en caso de tenerlo, el bit es seleccionado de forma aleatoria. Esta funcionalidad va a generar un archivo con el mismo nombre que el archivo original pero con formato (.HEX) donde X= 1,2,3,4 dependiendo del tamaño de bloque con el cual fue protegido el archivo.

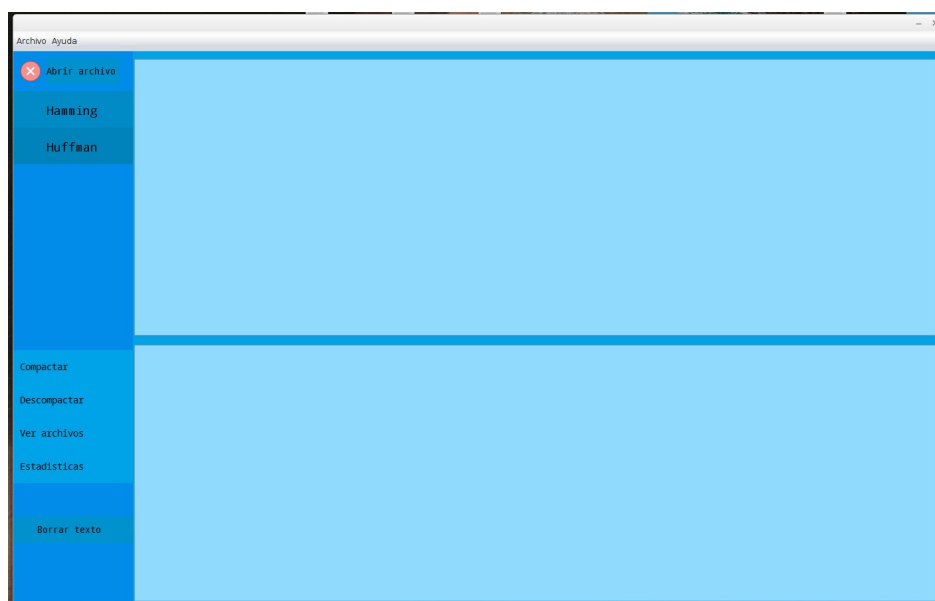
Desproteger: Para la desprotección de un archivo podemos seleccionar tanto archivos con formato (.HAX) o archivos con formato (.HEX), a la hora de la desprotección podemos seleccionar queremos corregir los errores del archivo o desprotegerlo sin corregir. Por defecto el programa desprotegerá con corrección, en caso de no querer corregir el archivo se deberá seleccionar el check “sin corregir”.

El programa creará un archivo con el mismo nombre que el original pero con formato (.DHX) si el archivo fue desprotegido con corrección y si fue desprotegido sin corrección el formato del archivo será (.DHX) donde X = 1,2,3,4.

En la siguiente sección seguiremos con la explicación de las funciones de compactación provistas en el programa por medio **del algoritmo de Huffman**.

Compactar: Para compactar un archivo en huffman primero se deberá seleccionar un archivo de texto presionando el botón “Abrir archivo”, una vez seleccionado el archivo deberá aparecer un check en color verde en la esquina superior izquierda. A continuación, tocamos el botón

“huffman” el cual abrirá un menú con las distintas funciones que podemos realizar con la compactación Huffman como se puede observar en la pantalla(figura 3).



(Figura 3)

Cuando el archivo ya fue seleccionado tocamos “Compactar” y se abrirá un File Chooser en donde se debe seleccionar la ruta en donde se quiere guardar el archivo compactado, el programa automáticamente le asignará el formato (.HUF).

Una vez que se presiona guardar el programa comenzará la compactación de archivo la cual podrá durar desde unos segundos a unos minutos dependiendo del tamaño del archivo. Cuando termina de compactar el programa escribe en el área de texto la cantidad de caracteres leídos y la cantidad de caracteres **distintos** leídos.

Descompactar: Primero se deberá seleccionar nuevamente un archivo con el botón “Abrir archivo” pero este deberá tener formato (.HUF). Luego presionamos el botón “Descompactar” lo que abrirá un File Chooser el cual nos permitirá seleccionar donde queremos guardar el archivo descompactado, el programa automáticamente le agregará el formato (.DUF). Se mostrará por medio del área de texto que el programa terminó la descompactación del archivo con éxito.

Ver archivos: La función “ver archivos” nos permite visualizar dos archivos uno en cada área de texto para así poder compararlos y buscar las diferencias. Una vez que se presiona el botón se abrirá un File Chooser con el cual podremos seleccionar el archivo que se va a visualizar en la primera área de texto(arriba) y luego de seleccionar el primer archivo automáticamente se abrirá otra vez el File Chooser así podemos elegir el segundo archivo que se desea comparar con el primero el cual se abrirá en la segunda área de texto.

Estadísticas: La función estadística sirve para mostrar el tamaño de los archivos original, compactado y descompactado.

Primero se deberá seleccionar el archivo original con el que se realizó la compactación mediante el botón “Abrir archivo”, una vez seleccionado el archivo presionar el botón “Estadísticas” y el programa abrirá un File Chooser para seleccionar el archivo compactado primero y luego el

programa abrirá el File Chooser nuevamente para poder seleccionar el archivo descompactado. Finalmente, el programa escribirá en el área de texto superior los datos del tamaño de cada archivo, archivo original primero, archivo compactado segundo y el archivo descompactado tercero.

Conclusiones

La herramienta desarrollada permite la correcta codificación y compactación lo que nos permite reducir los errores en el canal de envío de datos como el tiempo en que estos van a tardar en enviarse. Mejorar de forma general el envío de información

Codificación Hamming: Para recolectar los siguientes datos se realizaron 30 pasadas de cada ejecución y luego se calculó un promedio de tiempo.

Proteger:

Bloque 256

- Tiempo de ejecución: 27.4 segundos
- Tamaño final del archivo codificado: 4.225.174 bytes

Bloque 1024

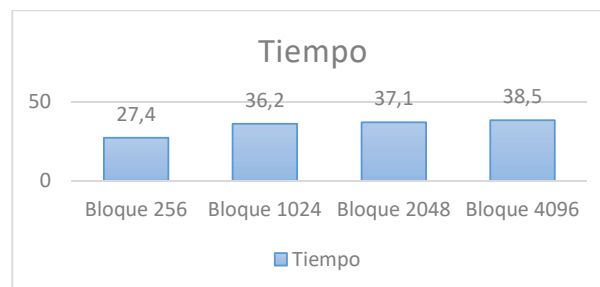
- Tiempo de ejecución: 36.2 segundos
- Tamaño final del archivo codificado: 4.120.901 bytes

Bloque 2048

- Tiempo de ejecución: 37.1 segundos
- Tamaño final del archivo codificado: 4.100.661 bytes

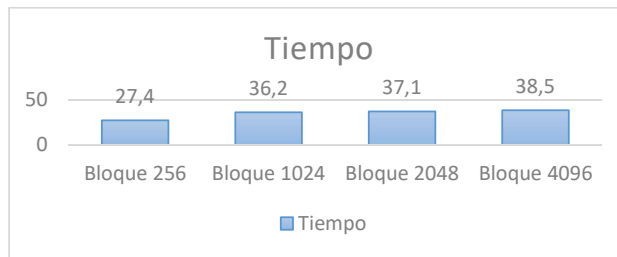
Bloque 4096

- Tiempo de ejecución: 38.5 segundos
- Tamaño final del archivo codificado: 4.089.613 bytes



CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información



Lo que podemos observar después de analizar los siguientes gráficos es que a medida que se aumenta el tamaño del bloque el tiempo de ejecución de la codificación aumenta, mientras que el tamaño del archivo codificado disminuye.

Decodificación:

Bloque 256

- Tiempo de ejecución: 12.4 segundos

Bloque 1024

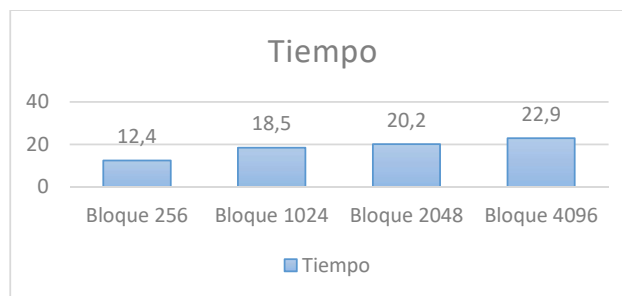
- Tiempo de ejecución: 18.5 segundos

Bloque 2048:

- Tiempo de ejecución: 20.2 segundos

Bloque 4096:

- Tiempo de ejecución: 22.9 segundos



Se observa que mientras el tamaño de bloque aumente el tiempo de ejecución para su decodificación también lo hace.

Compactación con huffman: Para realizar las ejecuciones se toman tres archivos de textos distintos, el primer archivo tiene un tamaño de 4.1 Megabytes (4.076.632 bytes), el segundo archivo tiene un tamaño de 8.3 Megabytes (8.292.953 bytes) y el ultimo archivo tiene un tamaño de 2.1 Megabytes (2.149.446 bytes).

Compresión:

Archivo 1 (4.076.632 bytes)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

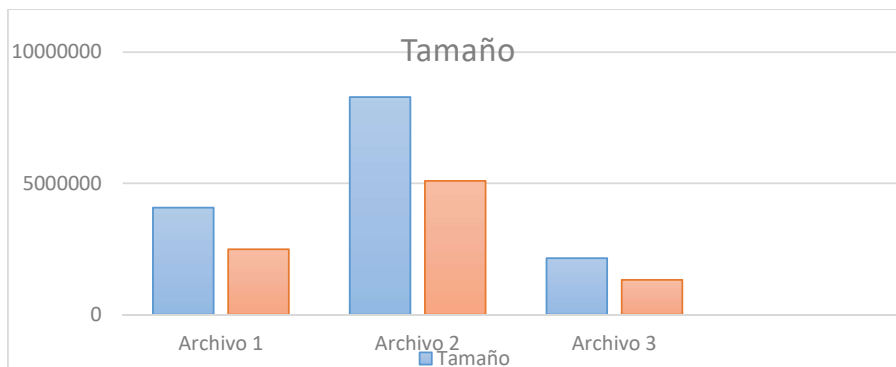
- Tiempo de ejecución: 7.20 segundos
- Tamaño 2.489.438 bytes
- Cantidad de caracteres distintos: 97

Archivo 2 (8.292.953 bytes)

- Tiempo de ejecución: 14,75 segundos
- Tamaño: 5.100.939 bytes
- Cantidad de caracteres distintos: 97

Archivo 3 (2.149.446 bytes)

- Tiempo de ejecución: 3.83 segundos
- Tamaño: 1.320.621 bytes
- Cantidad de caracteres distintos: 95



Se puede observar que en el archivo 1 la compresión total fue aproximadamente de un 39%, en el archivo 2 es de 38.5 % y con el archivo 3 la compresión fue de 38.6% por lo que no se puede apreciar una relación entre el tamaño del archivo y el porcentaje de compresión. El porcentaje de compresión está más relacionado con la cantidad de caracteres distintos que existen en el texto.



El archivo 2 es 50.9% más pesado que el archivo 1 y su tiempo de compresión es aproximadamente un 51,2% mayor. Por otro lado, comparando el archivo 1 contra el archivo 3 vemos que este último representa el 52.7 % del tamaño del archivo 1 y su tiempo de compresión es 53% más rápido respecto al archivo 1. Como se observa de estos resultados a medida que aumenta el tamaño de los archivos también lo hace el tiempo de compresión.

[1]. Richard W. Hamming *Coding and Information Theory Second Edition* (Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986).

VirtUniversidad: Orientando a los alumnos en la vida universitaria usando técnicas de realidad virtual

Morgner, Santiago

Universidad Atlántida Argentina, Facultad de Ingeniería

Mar de Ajó, Argentina

santimorgner@gmail.com

Abstract

Nuestro proyecto presenta un método didáctico para orientar a los alumnos ingresantes a la universidad, de modo que mediante el uso de una aplicación se represente el entorno en el cual van a desenvolverse. Esta aplicación, entonces, recrea un determinado establecimiento y el usuario (en este caso, un estudiante), inmerso dentro de este entorno virtual, accede a los distintos lugares a través de una vista en primera persona y va conociendo o reconociendo los diversos recovecos de su Facultad, y también puede desarrollar ciertas tareas asignadas.

Palabras Clave

Entorno académico virtual. Aplicación ingreso universitario.

Introducción

Existe un tema preocupante que se manifiesta en el inicio de cada ciclo académico: el profundo desconocimiento por parte del grueso de ingresantes acerca de cómo desenvolverse dentro de una atmósfera universitaria. En líneas generales, el alumno que nunca ha recibido educación de grado se adentra hacia un universo que, por una parte, le promete un futuro promisorio, pero que por otro lado también puede resultarle hostil o extravagante, foráneo a todo aquel conjunto de normas al cual viene acostumbrado. Este individuo debe tomar conciencia de que en esta instancia de crecimiento educativo debe tomar una postura más asertiva e independiente y, por ende, debe aprender las reglas del juego para evitar posibles frustraciones innecesarias. Sabemos también que tarea hartamente ingrata resulta a buena parte del alumnado detenerse a leer o repasar reglamentaciones y códigos; no podemos solucionar la pereza de las personas, pero es menester para cualquier autoridad asegurarse de que cada miembro de sus comunidades es consciente de sus deberes y sus derechos, de manera que, para

evitar el trámite fatigoso e infructuoso de recomendar la lectura de los reglamentos, tanto los universitarios en general como los propios de cada institución en particular, decidimos que, teniendo el recurso tecnológico a disposición, y sabiendo que las imágenes suelen ser poderosas captadoras de atención, ¿Qué mejor, entonces, que una aplicación con orientación lúdica para inculcar estos conocimientos?

Ideada la posibilidad de que el alumno ingresante pueda ser guiado interactivamente, se le da una garantía al alumno y a las autoridades: al primero, de saber cuáles son los límites del entorno en el cual se maneja, y a los segundos, la tranquilidad de ahorrarse en explicaciones futuras.

Entonces, desde una plataforma, la que puede ser brindada por la institución o mediante una descarga a un dispositivo móvil, el usuario accederá virtualmente a su establecimiento y podrá recorrerlo y realizar las distintas actividades que se le requieran en cada sección, las cuales suponen el aprendizaje de las distintas áreas universitarias. Los progresos del alumno serán recolectados en una base de datos para llevar el registro de los mismos. De este modo, se puede controlar la actividad de los usuarios de tal forma que se inste amablemente al alumno a terminar su recorrido virtual. Como se deduce, el período de la aplicación debe ser breve, pensado para una instancia de curso de ingreso.

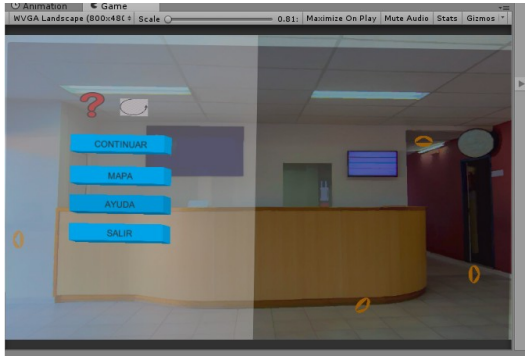
Método, logística y aplicación

El proyecto VirtUniversidad ha sido fomentado desde nuestra Facultad de

CONAIISI 2018

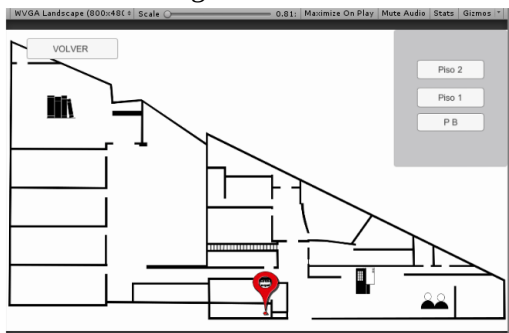
6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Ingeniería desde fines de 2017, y ha ido esbozando diversas formas en su desarrollo y actualmente se está llevando a cabo con una política de diseño determinada la cual no necesariamente cierra las puertas a nuevas variantes, pero es importante destacar que más allá de cuál sea su confección definitiva, su idea estratégica central permanece la misma, prácticamente sin alteraciones.



Desde su parte técnica bien puede separarse en tres aspectos: el referente a la interfaz gráfica, la codificación y por último la implementación de una base de datos.

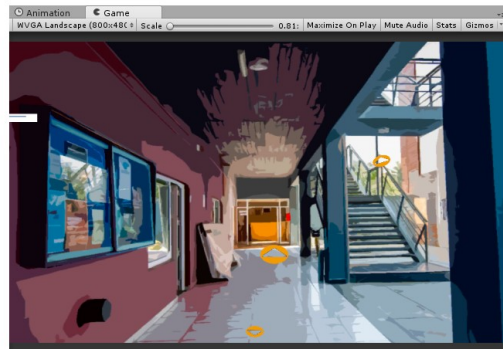
En lo que concierne a los gráficos, se decidió llevar adelante este trabajo con la plataforma de Unity, que es un software libre en el que se pueden desarrollar diversas aplicaciones y que es compatible con varios sistemas, entre ellos Android, que es fundamentalmente hacia donde apunta nuestra idea. Para recrear las instalaciones de la facultad se procedió a tomar fotografías a modo de recolección estilo satelital, excepto que estas fotos son tomadas desde tierra, naturalmente, con los dispositivos pertinentes, y luego son remodeladas con software, de manera que a los ojos del usuario se represente un entorno ameno, ordenado y amigable, al mismo tiempo que reconoce por asociación las distintas secciones de su Facultad. La labor del diseño gráfico es de fundamental



importancia para cualquier aplicación, de modo que si bien hay que mantenerse fiel a un estilo realista, no hay que perder de vista la cualidad estética que debe poseer cualquier producto informático en los tiempos que corren.

La plataforma permite la codificación tanto en C# como en Java. La tarea del programador es invariablemente la misma que en cualquier equipo de desarrollo, y se atiene a los requerimientos que se le especifiquen.

La tarea de la creación de una Base de Datos es quizás más sensible en el sentido de que requiere determinados permisos que deberán ser discutidos con las autoridades correspondientes, pero de todos modos ha de llevarse la cuenta de los progresos de cada estudiante y además es necesario tener un acceso restrictivo a la aplicación ya que solamente podrá ser utilizada por un alumno inscripto a un Curso de Ingreso de una determinada carrera. Se pedirán datos como la libreta, el nombre, el apellido, etc. Existe, desde luego, la tarea de los creativos, que es tal vez de orden más ideológico ya que supone el adoctrinamiento del ingresante en el contexto académico. Esta tarea consiste en



establecer cuáles son las actividades que el usuario ejecute en la aplicación, los diversos juegos y esquemas que se le presentan, los niveles y premios. A cargo de esta labor se encuentran los líderes del proyecto, los cuales están calificados a seleccionar aquello que es conveniente para una propedéutica eficaz y eficiente; naturalmente, aquellas actividades que sean propuestas en el juego deben ser aprobadas por el personal a cargo del bienestar académico.

La distribución de la aplicación será promocionada desde el curso de ingreso y de descarga gratuita para todo aquel estudiante que cumpla los requisitos. A la vez, desde los datos de la inscripción de alumnos, la aplicación ya puede reconocer automáticamente a sus usuarios.

Se desprende de todo lo expuesto, la fundamental comunión que debe existir entre las distintas partes, tanto entre aquellos que se encargan del desarrollo técnico del juego como de aquellos que conforman parte del circuito administrativo de la Universidad. De modo que el proyecto VirtUniversidad no sólo requiere de un compromiso en relación con el manejo de la tecnología, sino con un ambiente integral de trabajo, que incluye un sistema de normas a llevar a cabo por un equipo multidisciplinario pertenecientes a distintos ámbitos.

Trabajos Relacionados

Si bien la creación de un producto destacable se debe a la espontaneidad y originalidad, con todo,

no se puede desaprobar lo ya hecho para tomar como referencia, tanto como para emular lo

bueno como para descartar lo perjudicial. Desarrollado por una universidad norteamericana con el fin de

que los alumnos de último año de bachillerato se adapten al proceso de admisión en el sistema

universitario, "Mission Admission", desarrollado para celulares en 2013 es un caso encontrado con similares fines, aunque adaptado, naturalmente al sistema de admisión norteamericano. Este hallazgo está disponible para observar en Internet y se encontró buscando precedentes a nuestro proyecto.

En lo que respecta al formato de la interfaz, es un método bastante convencional y se encuentra en multitud de aplicaciones.

Conclusión y Trabajos Futuros

El proyecto VirtUniversidad, con un nombre propio filiado a nuestra institución, se viene gestando entre estudiantes y graduados nuestra Facultad de Ingeniería desde finales de 2017 y todavía se encuentra en un período de gestación, sin

embargo, se espera que sea aplicable dentro del ambiente de la Facultad en un mediano plazo, de modo que una vez terminada la etapa de elaboración del producto, comenzará una etapa de prueba de la misma y, al fin, su implementación definitiva. Una vez en esa instancia, se espera seguir trabajando con los resultados obtenidos, de modo que mediante el uso de estadísticas se siga mejorando la experiencia académica y contribuyendo a la evolución de la educación de grado.

Comenzamos esta idea con la convicción de que a medida que surgen nuevas tecnologías, la forma de adquirir conocimientos va mutando, y desde la Ingeniería Informática se manifiesta como un deber el estar, cuando menos, actualizado en relación a la interacción entre el ser humano y su medio físico de comunicación, tanto en el sentido intrínseco (como es la digitalización), como es su aspecto visual (que abarca desde la comodidad del usuario hasta el placer de ejecutar una tarea que en principio se presenta tediosa y monótona.

En el momento actual, el proyecto se encuentra en sus cimientos, mucho trabajo aún se requiere con respecto al diseño, fundamentalmente y el aporte de ideas para la interactividad de la aplicación; con todo, el modelo conceptual se encuentra bastante acabado y puede divisarse una suerte de prototipo que todavía tiene los "andamios" puestos. De ahora en adelante, es simplemente cuestión de continuar la tarea, ladrillo a ladrillo, y presentar dentro de un tiempo razonable una aplicación más que decente y funcional.

Deseando que nuestra iniciativa se haga popular y se difunda en otras instituciones, abiertos a nuevas ideas y a voluntades laboriosas, es por lo que deseamos compartir nuestro proyecto con la comunidad académica.

Referencias

<https://getschooled.com/dashboard/game/2476-play-mission-admission>

<https://unity3d.com/>

Software Libre vs. Software Propietario

**Romero Gómez, María Sol. Pérez, Rodrigo. Antezana, Gabriel. Kim,
Víctor.**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En una sociedad tecnologizada como la nuestra, los programas de software condicionan nuestras actividades.

El presente documento, realiza una evaluación entre el software libre y el software propietario, identificando sus características más relevantes y analizando las ventajas y desventajas de cada uno.

Se estudia el impacto que tienen ambas variantes tecnológicas en las organizaciones de Latinoamérica y las nuevas tecnologías que se desarrollan.

Palabras Clave

Software libre, software propietario, ética, desarrollo de software, software, open source,

Introducción

La ética es el “Conjunto de costumbres y normas que dirigen o valoran el comportamiento humano en una comunidad” [1].

Por otro lado, el software es un conjunto de órdenes y sentencias que son escritas por un programador en un lenguaje de programación, que luego compiladas son interpretadas en lenguaje máquina (binario). Lo que permite en definitiva, es la interacción entre una máquina y el humano [2].

Considerando la ética en el desarrollo del software se encuentra lo que se conoce como “software libre” u “open source”, el cual defiende la ética de libertad del usuario siendo éste capaz de utilizarlo de cualquiera manera, ya sea editando el código fuente, estudiándolo, o realizando copias para distribuirlos con el fin que la gente se nutra de nuevos conocimientos.

Por su contraparte se encuentra lo que se conoce como software propietario considerado “antiético” ya que no permite realizar copias, distribuirlo o compartirlo porque se encuentra en el contrato y el código se haya encriptado [3]. Los defensores del software propietario utilizan diversos argumentos para que se les conceda el control del modo en que usamos la información, [...] uno de ellos es que esto lleva a la producción de más software [4].

En Argentina existe el grupo “SoLar” quien promulga la libertad de conocimientos y software, “Para nosotros el software tiene que ser libre y el conocimiento también y trabajamos en ese sentido, oponiéndonos a lo que está en contra de ese principio. “El software libre es una consecuencia del principio de conocimiento libre, [...] se trata de un movimiento ético filosófico que produce software como forma de lucha” [5].

En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de “Análisis de Sistemas”, segundo año de cursada), es analizar principios y leyes del software libre y realizar un estudio sobre el impacto de las organizaciones Latinoamericanas que utilizan software libre. Para lograrlo, se tiene en cuenta específicamente a las organizaciones SoLar y Fundación Vía Libre.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la

sección 1, se describen los conceptos iniciales y necesarios relacionados al software y su ética. En la sección 2, se desarrolla una comparación entre el software libre y el software propietario, destacando sus principios, ventajas y desventajas. En la sección 3, se enumeran distintas organizaciones de América del Sur que se basan en el software libre, distinguiendo y estudiando el relevamiento de las organización SoLar y la Fundación Vía Libre. Luego, en la sección 4, se analiza el impacto del software libre dentro del contexto social y económico. Finalmente, en la sección 5, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

1. El software y la ética

La noción de ética se la considera como “el conjunto de costumbres y normas que dirigen o valoran el comportamiento humano en una comunidad” [6].

Dentro de este contexto, se puede definir ética de la computación, es una ética aplicada a las tecnologías que automatizan la dinámica de la información. Las tecnologías que hoy en día llevan a cabo ese tipo de tareas con mayor precisión son las tecnologías computacionales, es decir todo tipo de recursos tecnológicos que posean la posibilidad de un tratamiento automático de información a través de microprocesadores y sus respectivos algoritmos, como por ejemplo los computadores [7].

Por otra parte, el diseñador es libre de programar los procesos que desee, con las restricciones convenientes dentro de la arquitectura del software en la que se ha de integrar su programa. Esta versatilidad será el eje central desde el que se debe elaborar una ética de la computación. Dicha ética debe apuntar al elemento básico: el software [8].

El software es un conjunto de órdenes y sentencias que son escritas por un programador en un lenguaje de programación, también llamado código fuente. Mediante un compilador estas sentencias son interpretadas en lenguaje binario [9]. El código fuente es el que permite comprender y controlar las reglas implícitas en el funcionamiento de los programas. Cuando un programa de software presenta un código fuente “accesible” hablamos de software de código abierto o Software Libre. Cuando ocurre lo contrario hablaremos de software de código cerrado o propietario. La gran mayoría de los programas de software comerciales son de código cerrado [10]. Al comprar un software se proporciona el código objeto —el código compilado, es decir, escrito en el lenguaje que sólo comprende la máquina— del programa, de manera que sólo se puede ejecutar y utilizar las funciones ya establecidas. Pero no se lo puede estudiar, ni saber cómo funciona, aprender de él, mucho menos averiguar otro tipo de funciones y, por supuesto, no se lo puede modificar.

En una sociedad tecnolozada como la nuestra, los programas de software condicionan nuestras actividades, pues las tecnologías computacionales actúan como mediadores de nuestras acciones, restringiendo algunas de ellas y multiplicando los efectos de otras. Constituyen una «ley tecnológica» no discutida, aceptada y ni siquiera escrita, pero con total poder coercitivo [11].

2. Software

La IEEE en su estándar 729 define al software como el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un

sistema de computación [12]. Bajo esta última definición, el concepto de software va más allá de los programas o aplicaciones informáticos, ya sea como código fuente, archivo binario o código ejecutable.

El proyecto de software libre nace en 1983 con el GNU de Richard Stallman, investigador del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Massachusetts Institute Of Technology [13]. Stallman inicia este proyecto con la intención de crear un sistema operativo compatible con Unix, pero de código abierto, de forma tal que cualquier persona pudiese utilizarlo, modificarlo y adaptarlo a sus necesidades [14].

La Free Software Foundation (FSF), fundada por Stallman en 1985, define al software libre como el software que respeta la libertad de los usuarios y la comunidad, esto significa que los usuarios tienen la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software [15].

La primera característica, y tal vez la más interesante, es que para utilizar o copiar esta clase de software no es necesario realizar ningún pago; pero lo más importante de este tipo de software es que se proporciona el código del programa.

Un programa es software libre si los usuarios tienen las cuatro libertades esenciales: [16]

- La libertad de ejecutar el programa como se desee, con cualquier propósito (libertad 0).
- La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y cambiarlo para que haga lo que usted quiera (libertad 1). El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello.
- La libertad de redistribuir copias para ayudar a otros (libertad 2).

- La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros (libertad 3). Esto le permite ofrecer a toda la comunidad la oportunidad de beneficiarse de las modificaciones. El acceso al código fuente es una condición necesaria para ello.

El software libre concede diversas libertades a los usuarios, como el uso del programa para los fines que fue creado o con el propósito que desee el usuario; permite el estudio completo del programa (incluido el código fuente); la distribución de copias del software con la finalidad de darlo a conocer y, asimismo busca que éste se enriquezca con las experiencias de uso y mejoras que propongan los beneficiarios [17].

Del lado opuesto, el software no libre también llamado software propietario, software privativo, software privado o software con propietario. Se refiere a cualquier programa informático en el que los usuarios tienen limitadas las posibilidades de usarlo, modificarlo o redistribuirlo (con o sin modificaciones), o que su código fuente no está disponible o el acceso a éste se encuentra restringido [18].

En general, se puede decir que al adquirir un software propietario se depende totalmente de la empresa desarrolladora, se firman contratos de mantenimiento anuales, y si se requiere crecer en cuanto a licencias se incrementa los costos iniciales. El software propietario se encuentra protegido por el sistema *copyright*, que consiste en asignar y concederle derechos al autor o creador [19].

En la Tabla 1 se indican brevemente algunas ventajas que estos dos tipos de software presentan.

Características	Tipo de software
Control de calidad	Software propietario
Bajo costo de adquisición y libre uso	Software libre
Software para aplicaciones muy específicas	Software propietario
Requisitos de hardware menores	Software libre
Mayor compatibilidad en el terreno de multimedia y videojuegos	Software propietario

Tabla 1: Ventajas del software libre y propietario.

En la tabla 2 se indican algunas de las desventajas que estos dos tipos de software presentan.

Características	Tipo de software
El usuario debe tener conocimiento de programación	Software libre
Restricciones en el uso	Software propietario
Configuración del hardware poco intuitiva	Software libre
Inexistencia de garantía por parte del autor	Software libre
Dependencia de proveedores	Software propietario

Tabla 2: Desventajas del software libre y propietario.

Se puede observar que el software libre se encuentra en constante crecimiento logrando mejorar y eliminar las desventajas que posee. Por otra parte, las empresas de software propietario empiezan a invertir en el software libre dándose cuenta que este modelo es mucho más eficiente que el modelo tradicional.

3. Software libre en América del Sur

En América del Sur se ha disparado el uso de software libre de forma creciente en los últimos años, debido a necesidades económicas y sociales, entre otras, pero

principalmente por una cuestión de independencia tecnológica y desarrollo científico.

En Perú, se encuentra la Asociación Peruana de Software Libre – APESOL – una organización fundada en el año 2002 y constituida legalmente el 8 de enero de 2003 cuyo objetivo es el de promover el desarrollo e investigación de tecnologías de la información basadas en software libre en el marco económico y tecnológico [20].

La asociación también busca estimular el desarrollo de la comunidad foránea, al estimular el uso y desarrollo de proyectos y programas libres. Para ello intenta brindar los recursos necesarios, con los cuales se puedan desarrollar comunidades de usuarios y desarrolladores en las diferentes localidades del país, poniendo énfasis en la participación de estudiantes, así como en servir de enlace integrador de éstas [20].

Por otro lado, Brasil se ha destacado por sus grandes avances en la implementación de Software Libre en la administración pública. Durante la presidencia de Luiz Inácio "Lula" da Silva, Brasil causó impacto en el mundo del software libre al promover una política de migración al software de código abierto en el gobierno y en las empresas estatales. Estas nuevas medidas produjeron un ahorro de aproximadamente 123.7 millones de euros al gobierno brasileño [21].

Venezuela ha sido el país que más ha avanzado en sustentar la administración pública en software de estándares abiertos. A través del decreto 3390, emitido el 2004, se definió el uso preferencial del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, en los sistemas, proyectos y servicios informáticos del Estado caribeño.

Dicho decreto también garantiza al usuario acceso al código fuente del programa y lo autoriza a ejecutarlo con cualquier propósito, modificarlo y redistribuir tanto el original como sus modificaciones en las mismas condiciones de licenciamiento acordadas inicialmente, sin tener que pagar regalías a los desarrolladores, según explica Carlos Figueira, presidente del Centro Nacional de Tecnología, CNTI 2 [22].

También se diseñó la empresa Venezolana de Industria Tecnológica (VIT), la que a partir del objetivo de alcanzar la Independencia Tecnológica de Venezuela, promueve el empleo del Software Libre, a través de la fabricación de equipos con sistema operativo Linux, siendo compatibles con Knoppix, Kubuntu, Ubuntu, Debian y otros programas [22].

En Bolivia, uno de los principales exponentes es La Comunidad de Software Libre Bolivia, una asociación de voluntarios de Bolivia formada en el año 2002 que busca impulsar y/o influir el uso de Software Libre en todas las instancias posibles [23].

En Argentina existen numerosas organizaciones de difusión y fomento de Software Libre, se analizarán dos que mantienen actividades regulares y que, por su estructura interna, se diferencian entre sí. Una es SoLAR (Software Libre Argentina) y otra es Fundación Vía Libre. SoLAR es una asociación civil sin fines lucro fundada en el año 2003 que cuenta con más de 250 socios. Su eje no está puesto en la parte técnica, sino que se centran en la aplicación sociopolítica del software. Las actividades con movimientos sociales consisten en reuniones en las que se explica a los integrantes de estos movimientos qué es el software libre y la filosofía que representa. También les

ayudan a instalar este tipo de software, ofrecen soporte para su funcionamiento, enseñan a sus integrantes cómo publicar sus actividades en sitios interactivos utilizando una tecnología que es acorde a sus principios [24].

En cuanto a la cultura libre, la opinión del grupo es que el conocimiento tiene que ser libre y que el software es parte de un cambio mayor, se trata de una herramienta que permite construir cultura abierta [25].

Por otro lado Fundación Vía Libre nace a finales de los 90 y se institucionalizó de forma legal en el año 2000 convirtiéndose en una fundación [24].

Su objetivo es defender los derechos civiles en la incorporación de nuevas tecnologías, utilizando el software libre como herramienta indispensable para la construcción de sociedades democráticas y sustentables. “Trabajamos en difusión y uso de software libre, en promoción del acceso al conocimiento y en ese marco, en las problemáticas de copyright, patentes, etc. para que el conocimiento esté a disposición pública y podamos construir colectiva y cooperativamente”, explicó Busaniche, presidente de la organización [25]. Además, en la fundación se trabajan aspectos vinculados a estándares abiertos, privacidad y desarrollo sustentable en materia de nuevas tecnologías [25].

Al igual que en el caso de SoLAR, el software libre es sólo un aspecto de la problemática general que abordan, que está abocada al acceso libre a la cultura y al conocimiento [24].

4. Impacto social y económico del software libre

En tiempos en que la información surge a cada minuto y a veces es difícil controlarla y organizarla, el software libre ha mostrado sus virtudes en el campo de la

producción de programas [26]. Las libertades de distribución y modificación son utilizadas ya sea por una organización, una institución o de forma individual, para facilitar el acceso a una información estructurada y organizada [26].

Además, haciendo uso de un sistema de desarrollo distribuido, colaborativo, transparente y abierto como el del software libre se puede llegar a desarrollar software muy complejo sin necesidad de planificación ni inversión previa [27].

En el mundo del software libre, cualquier usuario, partiendo de un conocimiento mínimo y fácilmente accesible, puede inspeccionar, comprender y modificar el código y, por tanto, acceder al nivel de programador [27].

Existen muchísimos programadores y usuarios avanzados involucrados en las diversas etapas del desarrollo de software libre, de los cuales un porcentaje significativo no son profesionales del software, sino simplemente interesados y voluntarios que han adquirido sus conocimientos de manera autodidacta y participan en los proyectos por puro interés técnico e intelectual [27]. Esta situación ayuda a mejorar las habilidades de los programadores, además de la formación en el área de programación a personas que no conocen y quieren aprender. Sin embargo, ha provocado que se califique al software libre de “amateur”, carente de soporte y, por ende, no apto para el uso en aplicaciones reales [28].

Esta situación ha comenzado a cambiar desde hace unos años debido principalmente a tres factores: [28]

- Grupos de desarrollo inicialmente informal o poco organizado, se han constituido en empresas debido al éxito de sus productos libres.

- Algunas empresas productoras o comercializadoras de software han comenzado a cambiar sus políticas de desarrollo y distribución, utilizando licencias libres para sus productos.
- Otras empresas han tomado desarrollos libres (producidos por programadores independientes) para utilizarlos como base de sus soluciones, invirtiendo en su mejoramiento y brindando soporte a sus usuarios.

Existe mucha controversia respecto al software libre por el hecho de proveer el código fuente de los programas, autorizando su uso y redistribución, lo cual implica la pérdida de la propiedad intelectual. Esto posibilitaría a una empresa de mayor envergadura el tomar como propio dicho desarrollo, relegando a sus autores originales. Esto nunca ha ocurrido en el Software Libre, pero si en el mundo del Software Propietario [28].

Si los desarrolladores iniciales por algún motivo pierden interés en el producto, la disponibilidad del código fuente y de la documentación del mismo posibilita la creación de nuevos grupos que continuarán con la evolución del mismo y darán respuesta a los usuarios existentes [28]. Además, el acceso al código fuente, libremente visible y modificable, permite construir una cultura de la cooperación donde todos participan y contribuyen, en la medida de sus posibilidades y necesidades [29].

Generalmente los autores originales, con un modelo de Software Libre, no ofrecen ninguna garantía por el producto. Sin embargo, la disponibilidad del código fuente permite que una empresa pueda ofrecer soporte (asistencia técnica) y garantía por dicho producto, además de poder realizar modificaciones al programa

para satisfacer las necesidades del cliente [28].

El Software Libre permite construir una economía solidaria, que opere bajo el concepto de la prestación de servicios y donde los ingresos se relacionan directamente con las horas de trabajo efectivo y no con los derechos, potencialmente infinitos, de la explotación comercial de una licencia de software [29]. Dicha economía es de escala múltiple: en ella tienen lugar las grandes corporaciones internacionales para proyectos de gran magnitud y las empresas unipersonales que prestan servicios a individuos; todos los puntos intermedios son válidos.

Esto contrasta de manera notable con el esquema de las pocas multinacionales actuales del software, que se constituyen en recaudadoras de impuestos en todo el mundo por el uso de sus programas en cada PC, bajo el poder del Estado y la protección legal de las restricciones de copia (Copy-restrictions) [29].

Conclusión

En este artículo se han analizado las características intrínsecas tanto del software libre como del software propietario, así como su correspondiente terminología; el aspecto más relevante a la hora de estudiar sus diferencias es el de las cuatro libertades que posee el software libre. Como se pudo observar, estas libertades les permite a los usuarios, entre otras cosas, conocer y estudiar en profundidad el programa, dando lugar a una constante evolución y perfeccionamiento del mismo sin ninguna restricción y sin ningún intermediario. Esto no sucede con el software propietario, cuyo mantenimiento, soporte y mejoras dependen exclusivamente del autor, lo cual limita en gran medida a dicho producto.

En el contexto sudamericano ha quedado evidenciado como son cada vez más los países que implementan el software libre para la administración pública, así como para las diversas empresas.

Como futuras líneas de trabajo se pretende realizar un estudio sobre las empresas que utilizan software libre y propietario en Argentina excluyentemente, con el fin de analizar sus ventajas, desventajas y ética.

Referencias

- [1],[6]Oxford Dictionaries. <https://bit.ly/2qNJ3wV>. Último acceso: Abril de 2018.
- [2], [10] Solar Argentina. “¿Qué es Software Libre?”. <https://bit.ly/2r0t7Xp>. Último acceso: Abril de 2018.
- [3] Textos y Contextos desde el sur. “Los núcleos de Acceso al conocimiento: Objetivos y alcances frente a la brecha Digital”. <https://bit.ly/2HjBnte>. Último acceso: Abril de 2018.
- [4] GNU. “Por qué el software no debe tener propietarios”. <https://bit.ly/2HNERHb>. Último acceso: Abril de 2018.
- [5]Acta Académica. “Producción y distribución del conocimiento del software libre. ¿Una visión política del software?”. <https://bit.ly/2HCm5mh>. Último acceso : Abril de 2018.
- [6] Repositorio digital UNC. “Las encuestas internacionales a empresas de software libre y open source (Free/Libre Open Source - FLOSS)”. <http://hdl.handle.net/11086/4591>. Último acceso : Abril de 2018.
- [7] Sedici. “ética y acceso a información”. <https://goo.gl/Ns1Lc7>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [8],[10]Digital.Csic. “Ética de la computación: principios de funcionalidad y diseño”. <https://goo.gl/v4Nhhh>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [9]<https://www.gnu.org/philosophy/categories.es.html>
- [11] Wikilengua del español. “Software”. <https://goo.gl/CVuFvU>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [12] IEEE Software Engineering Standard 729-1993: Glossary of Software Engineering Terminology.
- [13] MIT. <https://goo.gl/7FKX7J>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [14] El rincón de Jmsima. “Biografía de Richard Stallman”. <https://goo.gl/nArw3k>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [15], [16] GNU. “¿Qué es el software libre?”. <https://goo.gl/oz7yWB>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [17] Scielo. “Sistemas integrales para la automatización de bibliotecas basado en software libre”. <https://goo.gl/jKR8fy>. Último acceso: Mayo de 2018.
- [18] “Software libre vs Software propietario”. <https://goo.gl/WKrCk9>. Último acceso: Mayo de 2018.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[19]Wikipedia. “Derecho de autor”.
<https://goo.gl/j42qU1> .Último acceso: Mayo de 2018.

[20] Apesol. <https://goo.gl/7bkrbn>. Último acceso: Mayo de 2018.

[21] Somos Libres. “Software libre en Brasil: análisis y entrevistas con Marcos Mazoni”. <https://goo.gl/pfhzT8>. Último acceso: Mayo de 2018.

[22] Somos Libres. “El software libre en Venezuela, un verdadero ejemplo”. <https://goo.gl/2RZDbz>. Último acceso: Mayo de 2018.

[23] Comunidad de software libre Bolivia. <https://goo.gl/vZFpyu>. Último acceso: Mayo de 2018.

[24] Ana Marotias (2009). Producción y distribución del conocimiento en el software libre. Una visión política del softwareo.pdf

[25] <https://revistaalmargen.wordpress.com/>

[26] Eprints. “Aplicaciones informáticas y software libre como apoyo de la política digital en México”.<https://bit.ly/2IkH0jp>. Último acceso: Mayo de 2018.

[27] Isegoria. “Ética de la computación: principios de funcionalidad y diseño”. <https://bit.ly/2IqjKb0>. Último acceso: Mayo de 2018.

[28] [softfreevsoftprio.pdf](#)

[29] Ucasal. “El aporte del software libre a la cultura de la Comunión en la libertad”. <https://bit.ly/2L4bteS>. Último acceso: Mayo de 2018.

Datos de Contacto:

María Sol Romero Gómez. UTN-FRBA.
solcito_180698@hotmail.com

Rodrigo Gastón Pérez. UTN-FRBA.

rodrigogastonperez15@gmail.com

Víctor Damián Kim. UTN-FRBA.
victork95@hotmail.com.ar

Kenti Gabriel Antezana UTN-FRBA.
mopup2017@gmail.com

Software libre y propietario en la educación

Blasco, Francisco; Rogani, Gonzalo; Coarasa Matías; Juan Carlos Duran
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Es evidente que desde hace ya tiempo que la implantación de tecnologías como herramientas en la educación es un hecho. Blended Learning, es la mixtura entre clases presenciales y el uso de métodos de enseñanza virtual. El B-Learning favorece al estudiante desarrollar sus procesos cognitivos y crea una visión proactiva hacia el estudio, produciendo motivación en el estudiante. La implementación de esta plataforma se puede dar tanto en Software Libre como Propietario. En este contexto el objetivo del presente trabajo es comparar en ambos escenarios, brindando un panorama de la situación actual acerca de la implementación de ambos tipos de software aplicados a la educación, así también dando un pantallazo inicial para la elección de una plataforma de B-Learning.

Palabras clave: B-Learning, Educación, software libre, software propietario.

Introducción

En [1] se define al software libre como todo programa cuyos usuarios gocen de las 4 libertades: i) libertad para estudiar el funcionamiento del programa y adaptarlo a sus necesidades, ii) libertad de ejecutar el programa sea cual sea tu propósito, iii) libertad para mejorar el programa y poder publicarlo, es decir, poder acceder al código fuente, iv) libertad para redistribuirse.

Por otro lado, en [5], software propietario se define como “cualquier programa informático en que los usuarios tienen limitadas las posibilidades de usarlo, modificarlo o redistribuirlo”. Esto implica que su código fuente no se encuentra disponible para el acceso de todos los usuarios. Una organización o una persona, posee los derechos de autor del software, impidiendo el uso completo al programa como anteriormente fue mencionado y la distribución libre del mismo.

En conclusión, el software libre es aquel que le otorga libertad al usuario final, para compartir, copiar o modificar, además

de acceder al código fuente del mismo. El software propietario se encuentra mucho más restringido debido a que los prestadores imponen acuerdos o licencias de uso, distribuyéndose solamente el programa como uno ejecutable.

Por otro lado, Blended Learning (B-Learning) es un término utilizado para referirse al “aprendizaje combinado (mixto o bimodal)” [6], esto alude a una metodología en la educación que utiliza las ventajas de las clases presenciales y toma los beneficios que implica los métodos de enseñanza virtual. Utiliza un campus virtual para que el docente pueda interactuar con los alumnos, adjuntado contenido adicional para que el estudiante profundice el tema en cuestión. En cuanto a la educación, la implementación del B-Learning ayuda al estudiante a desarrollar sus “procesos cognitivos”, favorece la motivación, creándose así una visión proactiva hacia el estudio [6]. Dentro de la concepción del aprendizaje semipresencial, se utilizan herramientas informáticas que favorecen el crecimiento y aprendizaje del estudiante. Cabe aclarar, que sin éstas no podría existir el modelo B-Learning. Las mismas están incluidas dentro de la clasificación de software libre o software propietario.

En este contexto, el presente artículo, realizado en la cátedra de Análisis de Sistemas, en el ciclo lectivo 2018, realiza un estudio comparativo acerca de la implementación de software libre y software propietario dentro de la educación, más específicamente, en el modelo de educación Blended Learning. La comparativa se basa en datos de países de América y Europa. Este estudio considera el índice de implementación de software de licencia comercial, como de licencia libre, en la educación a través de B-Learning. Para cumplir con dicho objetivo, el trabajo se estructura de la siguiente manera: en las

primeras dos secciones se definen los conceptos de Software Libre y Propietario, en la sección “Blended Learning” se brinda una breve introducción al funcionamiento básico de esta modalidad educativa. A continuación, en la sección “Software Libre y Propietario en B-Learning” se explica la relación de los dos distintos tipos de software, aplicados a la metodología Blended Learning; en la sección “Resultados y Discusión”, se lleva a cabo un estudio comparativo de los distintos datos estadísticos recopilados, vinculados a los distintos programas, aplicaciones y plataformas implementadas en el B-Learning; también se expresan los mismos de manera gráfica, facilitando su lectura y comprensión. Los programas utilizados en el estudio tanto en software libre como propietario son expuestos en una tabla representando el porcentaje de su implementación en el Blended Learning. Finalmente, en la sección “Conclusión”, se expone una versión condensada de las secciones anteriores. Se realiza la contrastación con la realidad, manifestando de manera fácil y clara los resultados obtenidos, siendo estos comparados con nuestras hipótesis.

Software Libre

Se entiende por software libre al acceso ilimitado e irrestricto en creación intelectual en el campo de los programas destinados a las tecnologías de la información y comunicación, donde quiera que aquella se lleve a cabo y cualesquiera sean los propósitos para las que fue pensada [3].

Para que un programa se considere como software libre, se deben cumplir por lo menos, las 3 libertades propuestas por Valverde Chavarria [3], las cuales son:

- Libertad 0: la libertad de usar el programa, con cualquier propósito.
- Libertad 1: la libertad de estudiar cómo funciona el programa, y adaptarlo a tus

necesidades. El acceso al código fuente es una condición previa para esto.

- Libertad 2: la libertad de distribuir copias, con lo que usted puede ayudar a su vecino.
- Libertad 3: la libertad de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.

En este contexto, cada persona tiene la libertad de distribuir copias, con o sin modificaciones, a cualquier otro y en cualquier lugar. Supone no tener que pedir permisos o pagar por estos ni tampoco informar de los cambios que se hacen en los programas o si estos serán publicados o no [3].

Conjuntamente, la libertad implícita en la utilización de software libre conlleva a que cualquier persona o institución que utilice los sistemas informáticos para su trabajo cotidiano, sea cual sea su naturaleza, sin informar a su creador y con acceso autónomo a los códigos fuente a los cuales pueda realizar modificaciones para adaptarlos a las nuevas necesidades que crean su uso, experimentación y puesta en ejecución [3].

Software Propietario

En el software propietario, o también conocido como software de código cerrado, “su uso, redistribución o modificación está prohibida, o requiere que se solicite autorización o está tan restringida que no se pueda hacerla libre de un modo efectivo” [11]. Este tipo de software es el que más abunda en Internet y el mundo, ya que a pesar de la promoción del software libre, el software propietario o comercial genera un enorme ingreso de dinero a las compañías desarrolladoras. “Microsoft informó que durante el año 2017 generó 24 millones de euros netos de ganancia” [12].

En [11] el software propietario cuenta con las siguientes características:

- Posee código oculto: el código fuente es inaccesible para los usuarios.
- El usuario que adquirió el programa no es dueño del mismo: tiene prohibido copiarlo y distribuirlo.
- Licencia comercial limitada: poseen altos costos y solo se pueden utilizar en una cantidad de equipos determinada.

Smaldone [13], plantea que el software propietario es desarrollado por empresas o corporaciones, las cuales emplean muchos recursos en el proceso y desarrollo, por esto someten a sus productos a períodos de validación más largos antes de su implementación definitiva, lo que hace que este tipo de software sea más estable desde su lanzamiento al mercado. Este tipo de software tiene un uso mayoritario respecto a su contraparte, suele ser utilizado por organismos gubernamentales, universidades y empresas. Un claro ejemplo de este caso es la implementación del paquete Office en el ámbito educativo y empresarial, debido principalmente a su calidad y soporte o asistencia que brinda la empresa prestadora del servicio.

Además, el software propietario es un producto cerrado, el cual no puede ser modificado ni mejorado, son los usuarios y empresas que lo adquieren, deben adaptarse a él. La organización encargada de desarrollar el programa es la encargada de realizar las respectivas actualizaciones al programa [13].

Blended-Learning

La definición más abarcadora del término B-learning, implica un “modo de aprender que combina la enseñanza presencial con la tecnología no presencial”, refiere al modelo de educación flexible, es decir, el alumno no solo dispone de las clases magistrales, sino que también utiliza un sin número de sistemas virtuales que le

permiten reforzar las clases presenciales [7]. Las características principales que aporta este modelo permiten que el estudiante pueda optar “la clase tradicional”, en donde interactúan personalmente con el docente, o puede elegir el método de enseñanza mediante un espacio virtual [6].

La implementación de medios digitales permite que el alumno desarrolle una serie de competencias desarrolladas en “Blended learning. Conceptos básicos”[7] :

- Buscar y encontrar información relevante en la red,
- Desarrollar criterios para valorar esa información, poseer indicadores de calidad,
- Aplicar información a la elaboración de nueva información y a situaciones reales,
- Trabajar en equipo compartiendo y elaborando información,
- Tomar decisiones en base a informaciones contrastadas,
- Tomar decisiones en grupo.

La metodología que utiliza el Blended learning para operar dentro de un sistema educativo se divide en 7 “etapas” o situaciones por las que transita el estudiante: i) Clase magistral, ii) Estudio independiente, iii) Aplicación, refiere a emplear el conocimiento adquirido en situaciones problemáticas, iv) Tutoriales, v) Trabajo colaborativo, vi) Comunicación, vii) Evaluación. Durante el transcurso de esta serie de fases, los alumnos utilizan paquetes de aplicaciones que le permiten cumplir con cada etapa y avanzar respectivamente hacia la siguiente [7].

En la figura 1 se puede observar un mapa conceptual de un sistema Blended Learning en el ámbito educativo. Se visualiza de forma clara como el alumno, a través de una gran variedad de aplicaciones, puede compartir, recibir y generar todo tipo de contenido digital que facilitará su comunicación con sus pares y profesores, mejorando así su proceso de aprendizaje.

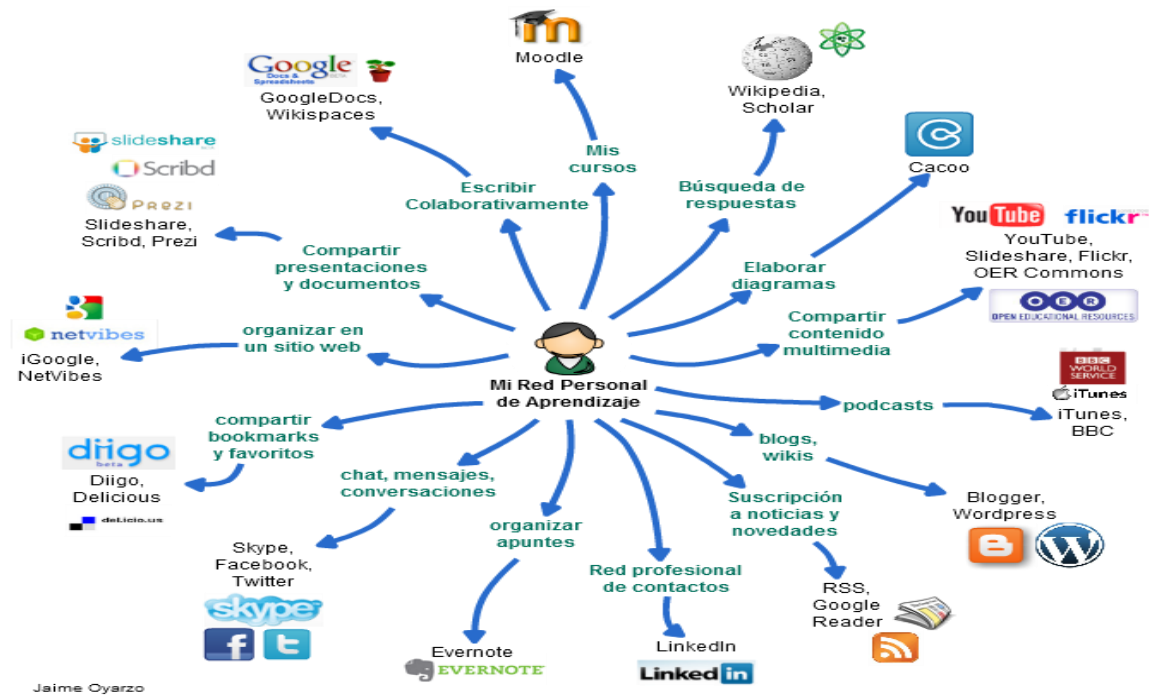


Figura 1: Mapa conceptual del Blended Learning.

Software Libre y Proprietario en B-Learning

Existen diversas plataformas que son implementadas en la metodología de aprendizaje B-Learning, se seleccionaron las siguientes para llevar a cabo un estudio comparativo:

- Moodle
- BlackBoard
- Canvas
- Edmodo

Moodle es una plataforma de código abierto para el aprendizaje diseñada para proporcionarles a los educadores, administradores y estudiantes un sistema integrado único, robusto y seguro para crear ambientes de aprendizaje personalizados [9]. Al igual que Moodle, Canvas es una plataforma de código abierto que ofrece las herramientas para estudiantes y educadores para el aprendizaje [14].

La alternativa de software propietario es BlackBoard Learn que es una plataforma que ofrece iguales prestaciones que las anteriormente mencionadas [8], por otro

lado, Edmodo es una aplicación web de aulas virtuales, en cambio las anteriores son SGA(Sistema de Gestión de Aprendizaje)[10].

La comparación de especificaciones de estos softwares, se puede observar en la Tabla 1.1 y 1.2, en la cual se tomaron como parámetros el tipo de software, vías de comunicación integradas, gestión de usuarios (administración general e incorporación de usuarios externos), seguimiento del progreso del alumno, la interfaz y forma de navegación de la aplicación, dificultad de instalación y configuración básica y finalmente los idiomas soportados.

Tabla 1.1: Tipo de software en B-learning

Plataforma de aprendizaje	Canvas	Moodle	Blackboard	Edmodo
TIPO DE SOFTWARE	LIBRE	LIBRE	PROPIETARIO	PROPIETARIO
COMUNICACION	Cuenta con chat en tiempo real, conversaciones (símil correo electrónico), videoconferencia, discusiones (foros focalizados).	Cuenta con chat, wiki, foros de dudas y debates.	Cuenta con un tablero de discusión en el que se integran los foros y correo electrónico, además tiene wiki y blog por equipos.	Cuenta con un muro de discusión donde tiene mensajería y foros por cada aula virtual.
ADMINISTRACION	Cuenta con 4 niveles de roles: profesor, alumno, observador y administrador. Admite usuarios externos.	Cuenta con 6 roles: administrador, profesor, autores, estudiante, invitado, non-editing. Admite usuarios externos.	Cuenta con algunos roles institucionales: alumno, docentes, ex alumnos e invitado. Admite usuarios externos	Cuenta con tres tipos de usuarios: docentes, alumnos y padres.
SEGUIMIENTO E INFORMES DEL ALUMNO	Cuenta con tareas grupales, llamadas colaboraciones y evaluaciones. Esto se archiva en un libro de calificaciones donde van los resultados generado por las rúbricas (reglas previamente acordadas).	Permite elaborar test para evaluar al alumnado; archiva las calificaciones.	Diseña encuestas y exámenes, así mismo administra el desempeño de los estudiantes. Genera con las calificaciones del curso informes.	Cuenta con distintos tipos de pruebas, tareas diarias y archivo de calificaciones.
IDIOMA SOPORTADO	Maneja los idiomas más importantes entre otros (Español, Inglés, Francés, Chino, Italiano, Alemán, etc.)	Maneja los idiomas más importantes entre otros 100 (Español, Inglés, Francés, Chino, Italiano, Alemán, etc.)	Maneja los idiomas más importantes entre otros (Español, Inglés, Francés, Chino, Italiano, Alemán, etc.)	Maneja los idiomas más importantes entre otros (Español, Inglés, Francés, Chino, Italiano, Alemán, etc.)

Tabla 1.2: Tipo de software en B-Learning

Plataforma de aprendizaje	Canvas	Moodle	Blackboard	Edmodo
INTERFAZ Y NAVEGACIÓN	Cuenta con una barra principal de navegación lateral, cuenta con un calendario, acceso a los cursos y un tablero con las para realizar las tareas y las evaluaciones. Simple y amigable.	Poco cuidado en la estética de los títulos, iconos, fondos. Aunque la estructura modular de la pantalla (se divide en bloques), la parte principal de la pantalla la ocupan las unidades de contenidos en las que se divide el curso.	Existen cuatro elementos de navegación principales: las fichas, los módulos, la barra de orientación y un panel izquierdo en el que los usuarios acceden a los elementos de los cursos. Simple y amigable.	Interfaz muy similar a Facebook, amigable e intuitiva.
USUARIOS EXTERNOS	Permite que se registren observadores a los cursos.	LDAP, base de datos, numerosas posibilidades de incorporar usuarios externos.	Permite la integración de otros LMS a la plataforma; así como complementarse con aplicaciones para redes sociales. Facilita el acceso al aprendizaje en cualquier momento en línea y en los dispositivos más populares.	Los padres pueden sincronizarse y ver el desarrollo de actividad en el curso.
INSTALACION Y CONFIGURACION	Es una aplicación cliente/servidor, por ende se instala en dos partes, no requiere configuración avanzada	Fácil. Asistente.	Fácil instalación pero de compleja configuración para el uso deseado.	No requiere la instalación de software ni configuraciones complicadas.

Resultados y Discusión

Basado en la tabla 1.1 y 1.2, se observa que el software libre tiende a descuidar los rasgos estéticos de la interfaz y se enfoca mayoritariamente en la funcionalidad.

En el sector privado los factores que favorecen a la selección del software recaen tanto en prestigio del mismo, facilidad en el uso del entorno y soporte que facilita la organización prestadora del producto. Como se está contratando un servicio, en caso de necesitar algún tipo de ayuda puede contactarse el área de soporte o solicitarse algún cambio respecto al software solventado así el problema en cuestión.

En contraposición, en la sección de software gratuito, los consumidores mismos son quienes generan comunidades que ofrecen soporte colaborativo. Estos mismos buscan criterios más subjetivos, es decir, por aplicaciones que cumplan mejor las necesidades de los usuarios dentro de todo el abanico de opciones que pueden ser halladas en este sector. Consideran las ventajas y desventajas de cada una y se opta por la que tenga mayor utilidad para ese grupo de estudio.

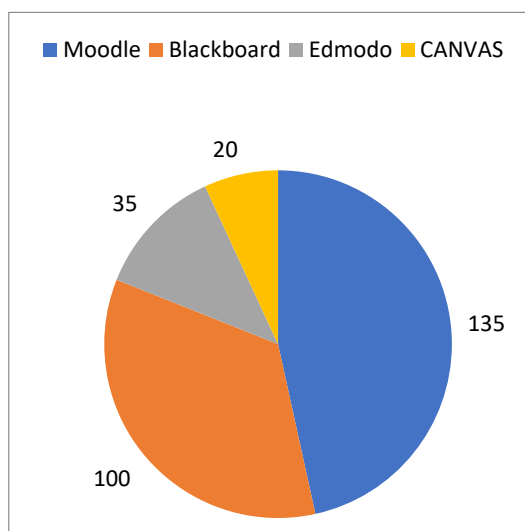


Figura 2: Gráfico comparativo de la cantidad de usuarios a nivel mundial.

En cuanto a la figura 2 se puede concluir dos cosas: por un lado, el software propietario tiene más cantidad de usuarios que las plataformas de software libre en su totalidad. Por otro lado, Moodle es la plataforma educativa más utilizada a nivel mundial. Esto se debe a que al utilizar todos un mismo producto, se genera una gran comunidad de consumidores que colaboran entre sí para mejorar la experiencia de todos los usuarios. Este hecho da lugar a pensar que es muy difícil para otros softwares libres tener margen para crecer cuando todo el público está acaparado por otro producto.

Algunos ejemplos de universidades que usan las distintas plataformas:

- 1) Canvas:
 - Universidad Siglo XXI
 - La Universidad de los Andes de Chile
- 2) Moodle:
 - Universidad Provincial de Ezeiza
 - Universidad Nacional de Villa María
 - Universidad Tecnológica Nacional
- 3) Edmodo:
 - Universidad de Chile
 - Cambridge University Press
 - Wesleyan University
- 4) Blackboard:
 - ITBA Argentina
 - Universidad de Palermo
 - Universidad de Manchester en Inglaterra

Basados en los ejemplos, los que utilizan software libre en gran parte son entidades educativas públicas, y las entidades privadas, en cambio, implementan software propietario. Esto se debe a cuestiones de costos y, en parte, a los valores que expresa la comunidad de software libre.

Conclusión

Si bien el software libre está en crecimiento exponencial, es notable el predominio actual de la implementación de software privativo en el área educativa. Dicha implementación está relacionada con la modalidad educativa de Blended Learning, la cual demuestra ser una herramienta muy eficaz a la hora de proveer material y organizar el contenido a estudiar. Tanto profesores como alumnos la encuentran como una posible alternativa al sistema de educación tradicional, a pesar que requiera, como en todo proceso de cambio, atravesar una etapa de transición, adaptación y capacitación de toda la comunidad.

En definitiva, quedan muchos factores por perfeccionar pero está claro que no viene a reemplazar la educación tradicional, sino a complementarla.

En un futuro, los pasos a seguir son apoyar a la Facultad en el desarrollo de la gestión de configuración para que esté nuevo sistema de enseñanza se acople de la mejor manera a la educación de alumnos y además brindar los conocimientos a la institución para la capacitación y formación de los docentes que decidan hacer uso de una herramienta tan útil cómo lo es el Blended Learning. Además de la capacitación de la propia facultad, brindar soporte a todos aquellos profesores que vean en el uso de la tecnología de manera activa un camino didáctico hacia el enriquecimiento de sus cátedras.

Referencias

- [1] STALLMAN, Richard. Software libre para un sociedad libre". Madrid: Traficantes de Sueños, 2004. [Fecha de consulta 4 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2bxVmIk>.
- [2] VALIATHAN, Purnima. *Blended Learning Models*. 2002. [Fecha de consulta 4 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2I4OBgl>.
- [3] VALVERDE CHAVARRIA, Jhonny. *Software libre, alternativa tecnológica para la educación*. Universidad de Costa Rica Facultad de Educación Instituto de Investigación en Educación. [Fecha de consulta 4 Mayo 2018] Disponible en: <https://bit.ly/2KvdBvM>
- [4] ROSAS, P. *La gestión de ambientes virtuales de aprendizaje en los posgrados de la U. de G. en tecnologías para internacionalizar el aprendizaje*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara. 2005. [Fecha de consulta 4 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rdPRnW>
- [5] CULEBRO JUAREZ, Montserrat, GOMEZ Herrera, WENDY Guadalupe, TORRES SANCHEZ, Susana. *Software libre vs software propietario. Ventajas y desventajas*. México. [Fecha de consulta 4 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2FRxGJf>
- [6] VERA, Fernando. *La modalidad blended learning en la educación superior*. Chile. [Fecha de consulta 4 Mayo 2018]. Disponible en: <http://bitly.com/1Slpn7M>
- [7] BARTOLOMÉ, Antonio. *Blended learning. Conceptos básicos*. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 23, pp. 7-20. [Fecha de consulta 15 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rJBYOx>.
- [8] Blackboard [en línea]. [Fecha de consulta 19 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2s0rhXe>
- [9] Moodle [en línea]. [Fecha de consulta 19 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rW8xZQ>
- [10] Edmodo [en línea]. [Fecha de consulta 19 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1ChCSPQ>
- [11] SCORNIK, Carlos, REBECHI, Osvaldo, BORDENAVE, Maria, FERNANDEZ, Monica. *Software libre versus propietario*. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. [en línea]. [Fecha de consulta 01 Junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2gjWPBJ>
- [12] ARRIETA, E. *Microsoft contra el software libre*. [en línea]. [Fecha de consulta 01 Junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2syMqBq>.
- [13] SMALDONE, Javier. *Software libre versus software propietario*. [en línea]. [Fecha de consulta 01 Junio 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2M1vUJJ>
- [14] Canvas [en línea]. [Fecha de consulta 19 Mayo 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2p8xxv7>

E-Commerce en Argentina

Martín y Herrera, Marcos Félix; Otero, Bautista; Mazzeo, Gonzalo;

Busso, Alejo; Balay, Santiago

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El presente artículo pone en análisis la situación que atraviesa el E-commerce tanto en Argentina, como Estados Unidos (EEUU) y la Unión Europea (UE), países más desarrollados en este tipo de mercado. Teniendo en cuenta el vertiginoso desarrollo tecnológico, el mercado busca nuevos modos de realizar transacciones de bienes y servicios. El comercio electrónico redefine la forma de tomar decisiones tanto para las empresas como para los consumidores y propone un alto nivel de comodidad y accesibilidad. Pero con la novedad, vienen los desafíos.

A través de las distintas secciones del artículo se distingue cómo las grandes empresas instaladas en el comercio electrónico han resistido las presiones tributarias y la limitada legislación específica. Por otro lado, las pequeñas y medianas empresas no encuentran en el E-commerce una respuesta a su expansión por la falta de políticas públicas y el desinterés por adecuar la legislación Argentina a los requerimientos de un mercado en absoluto auge.

Palabras clave

E-Commerce Argentina. Legislación E-Commerce. Comercio electrónico. Ley de comercio Argentina. Mercado Argentina.

Introducción

Con el incesante desarrollo tecnológico surgen nuevas herramientas que permiten a los comerciantes y, a las empresas, complementar las antiguas formas de comercialización. De esta manera, ofrecen sus productos y/o servicios por nuevos caminos, generando un nuevo tipo de mercado [1]. A este fenómeno mundial se lo conoce como “E-Commerce”, o comercio electrónico, y se encuentra en constante crecimiento debido a que gran parte de la población mundial cuenta con acceso a Internet [2]. En Argentina, por ejemplo, más del 70% de la población posee una conexión

a Internet y alrededor del 90% de los adultos conectados ya compró en línea alguna vez [3].

El E-Commerce no sólo proporciona nuevas formas de comercializar, sino que además impacta en las decisiones del consumidor. Gracias a Internet, el consumidor antes de realizar una operación, puede buscar información acerca del producto que compraría y de dónde proviene, dándole mayor libertad de elección [1].

Con el presente artículo se tiene como objetivo analizar el estado del E-Commerce en nuestro país, en Estados Unidos y en la Unión Europea teniendo en cuenta la legislación de cada uno. Se propone comparar el modelo y las legislaciones del E-Commerce de Argentina con estos países extranjeros. Por último, proponer posibles formas de mejorar el E-Commerce en nuestro país.

En este contexto, el artículo está estructurado de la siguiente manera: en la sección 1, se analiza el estado actual del E-Commerce en Argentina. En la sección 2, se describe la legislación del E-Commerce, también en Argentina. En la sección 3, se utiliza la información compilada y se la contrasta con información de países más experimentados con esta metodología. Finalmente, en la sección 4 se exponen las conclusiones y futuras líneas de trabajo.

E-Commerce en el siglo XXI

En los últimos años, en Argentina, se incrementó exponencialmente la cantidad de

usuarios que utilizan Internet. En la actualidad se considera que un 80% de la población argentina adulta posee acceso a Internet, siendo 19,7 millones de habitantes [10].

Además, en el año 2017 creció un 52% la facturación de comercio electrónico, se facturó \$156,300 millones de pesos y ya representa el %1,3 del PBI [10].

Según el estudio estadístico realizado, consultando con estadísticas anuales de la Cámara Argentina de Comercio Electrónico (CACE), se estima que se incrementará el consumo de 2018, superando al del 2017, el cual percibió un aumento del 60% [10].

Por otro lado, Estados Unidos (EEUU), al ser el país líder en conexiones a la red, posee ciertas ventajas que favorecen el crecimiento del comercio electrónico: una moneda común, un mercado homogéneo y un sofisticado sistema logístico surgido como respuesta a la dimensión geográfica del país [4]. A todo ello, hay que agregar costos muy bajos de acceso a las telecomunicaciones. Además, hay que tener en cuenta que el rápido crecimiento en el número de empresas que se dedican al comercio electrónico en EEUU está, en gran parte, basado en la flexibilidad que el mercado y las autoridades americanas poseen a la hora de empezar un nuevo negocio [4]. Por estos motivos, las grandes compañías basadas en E-Commerce se ven incentivadas en invertir en el país; siendo Amazon, Best Buy, Verizon y QVC entre varios ejemplos [4].

El mercado estadounidense de comercio electrónico con una facturación anual de 456.000 millones de dólares y 196 millones de compradores en línea, se encuentra en el top mundial. También es un mercado que es el hogar de una amplia gama de exitosas empresas de comercio electrónico cosa que lo convierte en el destino de compras transfronterizas favorito del mundo. Además, Estados Unidos es un centro de innovación, progreso digital y tecnologías [11].

La expansión de los Estados Unidos significa competir en un entorno minorista duro, con altas expectativas de los consumidores y los altos estándares de negocios. Sin embargo, el potencial es enorme: gasto en comercio electrónico individual por persona y año, es con un promedio de \$ 2.216 (€ 1.933) [11].

Por otro lado, Europa experimenta un volumen de ventas anual de 363,1 billones de euros para 816 millones de habitantes. Entre ellos, 565 millones utilizan Internet, y un 32% de la población está considerada como compradores, generando un gasto medio de 1.543 € al año [8].

A pesar de ser un mercado afianzado, el e-commerce en Europa no para de crecer. Entre los tres mercados líderes, el europeo creció en un 110% entre 2009 y 2013, un crecimiento menor que el experimentado por Asia-Pacífico (302%) pero mejor que el de América del Norte (71%) [8].

E-Commerce en EEUU y Unión Europea (UE)

El Índice Global Retail E-Commerce, basado en un estudio creado para ayudar a las cadenas de distribución a desarrollar estrategias comerciales de éxito e identificar oportunidades de inversión, teniendo presentes las barreras y los compromisos que esto que implica, dio como resultado que Estados Unidos es líder mundial en e-commerce gracias a un crecimiento continuo y a la mejora de la confianza de los consumidores [5].

Un problema común en los mercados líderes (EEUU y UE) es el tema de los impuestos sobre ventas hechas a través de la web. EEUU no tiene ahora mismo ninguna legislación en este sentido [4]. Por su parte, el problema de la UE va más allá, puesto que los países miembros están forzados a recaudar el IVA generado por los bienes comprados por otros clientes europeos. Por tanto, la situación se complica, ya que el porcentaje de IVA varía entre países [4]. Además, dado que la mayor parte del comercio electrónico entre la Unión

Europea y Estados Unidos fluye desde empresas americanas hacia Europa, el hecho de que la UE aplique el principio de neutralidad de impuestos a países fuera de la Unión hace que la economía americana se vea favorecida [4]. En este mismo sentido, las transacciones electrónicas entre EEUU y la UE se ven bloqueadas debido a los diferentes puntos de vista que ambas partes tienen respecto a los temas de seguridad y privacidad de los datos, ya que, la UE posee la Directiva N° 2000/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de junio de 2000 que establece normas armonizadas sobre cuestiones tales como los requisitos en materia de transparencia e información para los prestadores de servicios en línea, las comunicaciones comerciales, los contratos electrónicos y las limitaciones de la responsabilidad de los prestadores de servicios intermediarios. Esta Directiva guarda relación con diversos derechos de propiedad intelectual [7].

Problemática del E-Commerce en Argentina

Uno de los problemas que se presenta a las pequeñas y medianas empresas en este nuevo modelo de mercados es, debido a la existencia de información asimétrica (no todas las partes tienen la misma cantidad de información), la reputación que estas empresas ganan en los mercados on-line desarrolla un papel fundamental en su futuro. Esto a su vez representa otro problema y es que, dados los recursos limitados que las pymes poseen, es bastante probable que aquellas grandes empresas que tienen un nombre ya construido se beneficien de tal modo que se llegue a una situación monopólica [4]. En este caso, la función de los gobiernos es asegurar la transparencia del mercado determinando qué canales va a seguir esa información, a fin de que la asimetría de este flujo (normalmente las empresas más grandes tienen mayor acceso a información fiable) afecte lo menos posible a las pequeñas y medianas empresas [4]. Un ejemplo de esta asimetría de información es la empresa Amazon, su estrategia se basa en ser el único acceso a través del cual los

minoristas tradicionales, desde los productores independientes hasta las grandes marcas, llegan a sus respectivos mercados.

Esto le permite a Amazon imponer los precios y términos de los productos que utilizan su plataforma. También, le permite recopilar información valiosa de la dinámica de un sinnúmero de mercados, de modo que esto genera incentivos para desarrollar productos propios que eventualmente compitan con los clientes exitosos de su plataforma [9].

Otro problema son los impuestos, las ventas o prestaciones de servicios que se realizan en Argentina tributan impuestos nacionales, tales como [6]:

- **Ganancias:** está gravada cualquier obtención de renta de fuente argentina, aunque el responsable se encuentre fuera del país.
- **IVA:** las operaciones realizadas en Argentina están gravadas y se deben facturar.
- **Régimen de percepción:** desde 2011, la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) implementó una percepción para la venta de bienes nuevos, locaciones y prestación de servicios a través de portales virtuales. La condición es que el vendedor realice 10 operaciones mensuales por 20 mil pesos o más. La alícuota es de entre 1% para inscriptos en IVA sin atrasos, del 3% para inscriptos con incumplimientos y del 5% para no inscriptos.
- **Ingresos Brutos:** las provincias de Argentina aplican este impuesto a las ventas de bienes que realicen compradores dentro de su jurisdicción, o a la prestación de servicios para ser utilizados en el territorio provincial.
- **Multijurisdicción:** las firmas que venden o prestan servicios en varias provincias de Argentina tienen que inscribirse en el Convenio Multilateral para el caso de Ingresos Brutos. Esto permite que paguen a cada fisco provincial sólo por la porción que les corresponde de las ventas totales.
- **Percepción y retención:** los portales virtuales son agentes de percepción de

Ingresos Brutos desde 2012 (alícuota del 3,5%).

Esto se debe ya que al no tener una legislación adecuada que regule los impuestos sobre el comercio electrónico, se le aplican las normas generales en base a los impuestos y la fiscalización de los mismos [8]. En cambio, en Estados Unidos, las transacciones por Internet siguen estando exentas de impuestos, esto ocurrió porque en 1998 se firmó el Internet Tax Freedom Act (Ley de exención de tasas sobre Internet), que en 2014 pasaría a llamarse Permanent Internet Tax Freedom Act (Ley de exención de tasas sobre Internet permanente), por la cual se evita la imposición de impuestos sobre las ventas interestatales hechas a través de Internet, dándole total ventaja al comercio electrónico por sobre el comercio tradicional y apoyando su crecimiento exponencialmente [4].

Conclusión

El E-Commerce, actualmente en la Argentina, no logra despegar, entre otros motivos, por las leyes tributarias. Al ser tantos los impuestos que regulan el E-Commerce en Argentina, sólo sobreviven aquellas empresas que logran adaptarse a dichos impuestos. Aquellas que no pueden, lamentablemente tienen que discontinuar su proyecto.

Por lo tanto, es de vital importancia rever las leyes tributarias, para que futuras empresas puedan crecer y no queden en el camino, pues el régimen tributario actual es muy injusto.

Sin embargo, el aspecto económico no es lo único que atañe al E-Commerce, la información asimétrica también es un gran problema. En este caso, los afectados suelen ser únicamente las Pymes, pues las grandes empresas son las que sacan cierta ventaja con respecto de estas últimas. Esta desigualdad puede evitarse si se cambian las reglas de juego, permitiendo que las Pymes o aquellos emprendedores con ideas innovadoras puedan

emerger sin ser aplastados por las grandes empresas.

En conclusión, para que el E-Commerce pueda despegar fundamentalmente hay que hacer un cambio rotundo en lo que concierne a las leyes tributarias, porque tarde o temprano tanto las Pymes como los emprendedores se verán obligados a buscar nuevos países que le permitan desarrollarse.

Como futuras líneas de trabajo se tiene como objetivo realizar, dentro del marco de la universidad, una exposición abierta para compartir los resultados del informe, y debatir sobre normativas a tomar a futuro para el beneficio del E-Commerce en nuestro país.

Referencias

1. GAFFAR KHAN, A. *Electronic Commerce: A Study on Benefits and Challenges in an Emerging Economy* [En línea]. Noviembre 2016. [Consultado 1 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2q9m1iO>.
2. UREÑA, A., AGUDA, F. e HIDALGO, A. *Internet como fuente de información en el proceso de compra: hacia una concepción integral del consumidor* [En línea]. Octubre de 2011. [Consultado 10 de abril de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2r9u6Wj>.
3. RODRIGUEZ, G. *El e-commerce a nivel internacional*. [En línea]. Diciembre de 2003. [Consultado 10 de abril de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2H>.
4. BATRES PARRA, M. *El comercio electrónico de Estados Unidos*. [En línea]. Diciembre de 2000. [Consultado 14 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2rLRRDo>.
5. A.T. Kearney. [En línea]. [Consultado 14 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/21FMmk9>.
6. MARTINEZ, P. *Qué debe tributar el e-commerce*. [En línea]. Mayo de 2015. [Consultado 14 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/1Ax3XMK>.
7. MANZADO, D., ONTIVEROS, M. *Europa frente a EE.UU: El cierre de la brecha digital como objetivo*. [En línea]. Julio de 2001. [Consultado 14 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2L2Vqhn>.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

8. *Twenga Solutions*. [En línea]. [Consultado 4 de julio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2TxDFh>.

9. CARBAJAL, R. *El monopolio del todo*. [En línea]. Junio 2017. [Consultado 7 de agosto de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2njUzbu>.

10. *CACE: Informe Annual 2017*. [En línea]. [Consultado 25 de junio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2K8aLAe>

11. Merino, P. *5 razones para vender en Estados Unidos a través de Amazon*. [En línea]. Marzo de 2015. [Consultado 4 de julio de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2MNK7tj>.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Utilización de UP + Notación Z como Modelo de Proceso de Desarrollo aplicado a un Sistema Crítico

Gabriel A. Dehner^{1a}, Gabriel J. Candia^{1b}, Edgardo A. Belloni^{2c}

¹Estudiantes y ²Profesor de la Cátedra de Ingeniería del Software
Carrera de Ingeniería en Informática en Universidad Gastón Dachary

{^adehner.gabriel, ^bcandia.gabrielj, ^cbelloni}@ugd.edu.ar

Abstract

En este trabajo se resume una experiencia curricular que involucra la aplicación de un enfoque híbrido - que complementa Proceso Unificado con Métodos Formales (Notación Z)- para el desarrollo de un prototipo de sistema integrado de control por software para una bomba de insulina personal.

Palabras Clave

Ingeniería de Software, Proceso Unificado, Notación Z, Safety-critical systems.

1. Introducción

En este artículo se resume un trabajo de cátedra realizado para la aprobación de la asignatura Ingeniería del Software; en el contexto de carrera que cursan actualmente sus autores. Dicho trabajo ha promovido la integración y aplicación de contenidos cubiertos en el aludido espacio curricular, para la realización de actividades de proyecto, especificación de requerimientos, diseño e implementación para el desarrollo de un sistema de software determinado.

Sintéticamente, el trabajo ha incluido: la selección de un caso estudio de los propuestos por la cátedra; un análisis de distintos modelos de procesos de desarrollo, identificando ventajas y desventajas de su aplicación al caso particular; y el desarrollo de un prototipo para el sistema en cuestión, aplicando un modelo de proceso híbrido - Proceso Unificado (UP) [1] y Notación Z [2,3].

Específicamente, este trabajo aborda el desarrollo de un prototipo de sistema de control por software para una bomba de insulina personal; caso de estudio definido en [4]. Dicho sistema, puede categorizarse como crítico a nivel de la seguridad física -

safety-critical system [1]- de sus usuarios; personas que padecen diabetes.

El resto de este documento se organiza como se describe a continuación. La siguiente sección presenta un breve marco conceptual referido a los sistemas críticos. Luego se contextualiza el trabajo describiendo el caso de estudio específico. Posteriormente se analizan modelos de procesos de desarrollo candidatos, y una breve descripción de aquellos que fueran seleccionados para ser aplicados al caso de estudio. Seguidamente se presenta el diseño e implementación de un prototipo para el sistema correspondiente al caso de estudio. Finalmente se detallan las conclusiones.

2. Sistemas críticos (*safety critical systems*)

Según [5], la seguridad (*safety*) se define como “*the freedom from exposure to danger, or the exemption from hurt, injury or loss*”, mientras que los sistemas críticos han sido descrito por [6] como los sistemas “*cuya falla podría resultar en pérdida de vidas, daño significativo a la propiedad, o daño al medio ambiente*”. En este tipo de sistemas existe un riesgo, que según [7], refiere a un evento o acción que tiene una pérdida asociada, con cierta incertidumbre, en donde es necesario tomar una decisión. Este riesgo implica consecuencias directas en la salud de las personas. Por lo tanto, en dichos casos es necesario que se tomen serios recaudos para lograr el atributo de seguridad, siendo de crucial importancia la captura rigurosa de requerimientos, dado que capturarlos incorrectamente puede afectar en forma directa al bienestar del usuario.

En consecuencia, los *safety-critical systems* merecen un modelo de proceso adecuado que disponga de una documentación formal de cada actividad y fase, permitiendo así controlar y monitorear el progreso del sistema contra el plan de desarrollo. Para ello la ingeniería del software adopta metodologías formales que hacen frente a estos criterios buscando que la funcionalidad del sistema obtenido responda fielmente a los requerimientos, considerando la seguridad (*safety*) de las personas. Éstas conllevan un gran esfuerzo, capacitación, costos de desarrollo y tiempo. En un ambiente competitivo donde ciertos requerimientos son críticos es necesario adoptar un enfoque que permita un balance entre la especificación formal y la agilidad que brindan los métodos actuales, sin perder de vista la rigurosidad a considerar en los requerimientos críticos.

3. Caso de estudio

La diabetes es una afección en la que el páncreas humano no puede producir cantidades suficientes de insulina, la cual metaboliza la glucosa (azúcar) en la sangre. El tratamiento convencional de esta enfermedad consiste en inyecciones regulares de insulina. Los diabéticos miden sus niveles de azúcar en la sangre usando un medidor externo y luego, con esta información, calculan la dosis de insulina que se deben inyectar.

Este caso de estudio analiza el software de control para una bomba de insulina personal [1]. El software encargado es un sistema integrado, que recopila información de un sensor y controla una bomba que administra una dosis calculada de insulina al usuario.

El nivel de insulina requerido no solo depende del nivel de glucosa en sangre, sino también del momento en el cual se realizó la última inyección de insulina. Esto puede llevar a niveles muy bajos de glucosa en sangre (hipoglucemia) o niveles muy altos de azúcar en la sangre (hiperglucemia).

A corto plazo, la Hiperglucemia puede provocar un mal funcionamiento temporal del cerebro y, en última instancia, pérdida

del conocimiento y la muerte. A largo plazo, la Hiperglucemia puede provocar daños en los ojos, riñones, y problemas cardíacos.

Un sistema de administración de insulina controlado por software podría funcionar usando un microsensor integrado en el paciente para medir algún parámetro sanguíneo que sea proporcional al nivel de azúcar, lo cual se envía al controlador de una bomba miniaturizada. El controlador calcula el nivel de azúcar y la cantidad de insulina que se necesita. Luego envía señales a dicha bomba para administrar insulina a través de una aguja permanentemente inyectada al cuerpo del paciente. La bomba de insulina fundamenta sus cálculos del requerimiento de insulina en la tasa de cambio de los niveles de azúcar en la sangre, las cuales se calculan con lecturas anteriores y la actual. Este es un *safety-critical system*, ya que, si la bomba no funciona o no opera correctamente, la salud del usuario puede dañarse o caer en coma debido a que sus niveles de azúcar en la sangre son demasiado altos o demasiado bajos. Por lo tanto, existen dos requerimientos esenciales de alto nivel que este sistema debe cumplir:

1. El sistema debe estar disponible para administrar insulina cuando sea necesario (*availability*).

2. El sistema debe funcionar de manera confiable al entregar la cantidad correcta de insulina para contrarrestar el nivel actual de azúcar en la sangre (*reliability, safety*).

Los requerimientos definidos anteriormente corresponden al "Sistema de Control Integrado para una Bomba de Insulina Personal" (o SCIBIP), el cual forma parte del Sistema de Bomba de Insulina (SBI). Además de ello, se han añadido los siguientes supuestos al caso de estudio:

- El SCIBIP hasta aquí descrito funcionará como sistema embebido.
- Los usuarios del SCIBIP tendrán acceso a una aplicación (InsulineStats) que funcionará en una plataforma Android. Dicha aplicación se comunicará con el sistema SCIBIP. Esta comunicación permitirá realizar un respaldo de los

datos médicos que se registren, tales como el nivel de azúcar en sangre y la cantidad de insulina suministrada en cada momento, además de estadísticas referidas al tiempo medio entre aplicación de dosis de insulina, nivel medio de azúcar en sangre, entre otros.

- La aplicación InsulineStats se comunicará a su vez con un servicio en la nube (InsulineEverywhere), el cual almacenará los datos del paciente, permitiendo el acceso al médico autorizado por el usuario, de modo que puede conocer en tiempo real el estado en que éste se encuentra.
- Es necesario que el producto esté disponible lo antes posible, para poder de esta manera responder a las presiones del mercado, siendo deseables entregas incrementales.

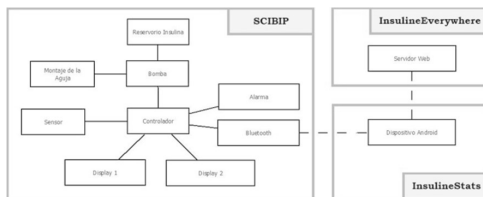


Figura 1. Esquema de hardware del SBI

La Figura 1 muestra los componentes de hardware y la organización del SBI. El SCIBIP cuenta con un Sensor que mide la conductividad eléctrica de la sangre bajo diferentes condiciones, ya que estos valores están relacionados con el nivel de azúcar; la Bomba de insulina suministra una unidad de insulina desde un Reservorio de insulina en respuesta a cada pulso emitido por un Controlador. Además, dispone de una Alarma sonora (da aviso de errores), un Adaptador de bluetooth (conexión con InsulineStats), un Montaje de aguja (mediante el cual se realizará el suministro de insulina al usuario) y dos Displays, de los cuales uno muestra mensajes del sistema, y el otro, la última dosis de insulina calculada. La Figura 2 muestra cómo el software de SCIBIP analiza un nivel de azúcar en la sangre, y emite como respuesta una

secuencia de comandos que controlan la bomba de insulina.

4. Proceso de desarrollo

4.1. Procesos de desarrollo candidatos

Antes de aplicar un proceso de desarrollo particular, se vio la necesidad de comparar, en base a ciertas características deseables, representativas del caso de estudio, distintos procesos según los incorporasen o no cada uno. De esta manera se hizo el análisis cualitativo que se detalla en la Figura 3.

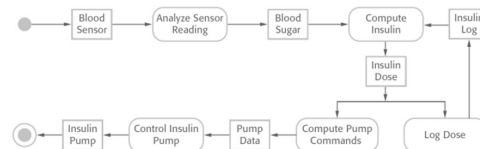


Figura 2. Modelo de actividad de la bomba de insulina

CDMC/Modelo	DA	DSBC	DSBR	MMF	MC	MP	ME	MPI	UP
Entregas Incrementales	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
Documentación Completa y Precisa	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI
Sistemas Embebidos	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI
Desarrollo Controlado	NO	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI

Abreviaturas utilizadas en la tabla para los Modelos:

- DA: Desarrollo Ágil
 - DSBC: Desarrollo de SW basado en Componentes
 - DSBR: Desarrollo de SW basado en Reutilización
 - MC: Modelo en Cascada
 - MMF: Modelo de Métodos Formales
 - MP: Modelo de Prototipos
 - ME: Modelo en Espiral
 - MPI: Modelo de Proceso Incremental
 - UP: Proceso Unificado
- : Modelo de Proceso ganador
 □ : Modelo de Proceso Complementario.

Figura 3. Análisis comparativo de los procesos de desarrollo

4.2. Proceso de desarrollo elegido

Una vez analizados los distintos modelos de procesos de desarrollo de software, poniendo en consideración las ventajas y desventajas de los mismos, y observando el análisis reflejado, determinamos como adecuada la elección de UP.

Ahora bien, teniendo en cuenta el hecho de que el SBI es un *safety-critical system*, consideramos necesaria una mayor rigurosidad en la especificación de los requerimientos. En este sentido, si bien UP se encuentra dirigido por casos de uso, el grupo de desarrollo plantea la importancia de incorporar en dicho proceso una herramienta de especificación propia de los Modelos de Métodos Formales para la definición adecuada y sin ambigüedades de los requerimientos que así lo ameriten. Para

ello se utilizará la Notación Z, que define construcciones denominadas esquemas para describir el espacio de estados del sistema y las operaciones que sobre el mismo se efectúan, eliminando así errores de captura de requerimientos [4] y brindando la seguridad (*safety*) que dicho sistema demanda, mediante la utilización de técnicas y herramientas propias de los métodos formales. De esta manera, se asegurará salvaguardar la salud de las personas que utilicen el sistema en cuestión, buscando que ello tenga la menor implicancia posible en tiempos y costos de desarrollo, según lo demanda la presión del mercado.

UP nos brinda una documentación clara y comprensible para así poder verificar el progreso del sistema. A su vez, presenta análisis de riesgos y desarrollo controlado.

Cabe señalar que generalmente UP no se utiliza para sistemas embebidos y/o sistemas críticos, pero como menciona [8], "dado que RUP se conoce como un método con altas capacidades de personalización, se puede considerar como la base de los métodos para la seguridad crítica (*safety-critical*)", buscamos personalizar UP haciendo hincapié en cuestiones claves para estos tipos de sistemas.

De esta manera, el equipo de desarrollo realizará las fases de UP. En la captura de los requerimientos críticos, en la disciplina correspondiente a la especificación de los mismos, se utilizará la Notación Z y casos de prueba formales, brindando así un software consistente, preciso y seguro.

4.3. Explicación del proceso de desarrollo

El proceso unificado de desarrollo del software [9] se repite a lo largo de una serie de ciclos que constituyen la vida de un sistema. Cada ciclo concluye con una versión del producto para los clientes. En este caso de estudio se incluirá también la utilización de Notación Z para la especificación de los requerimientos críticos en relación a la seguridad de las personas (*safety-critical requirements*). Es necesario que éstos sean especificados utilizando una

notación formal. Una especificación de software formal es expresada en un idioma cuyo vocabulario, sintaxis y semántica están formalmente definidos.

UP es un proceso dirigido por Casos de Uso (CU), centrado en la arquitectura, iterativo e incremental.

Cada ciclo consta de cuatro fases: inicio, elaboración, construcción y transición. Cada fase se subdivide a su vez en iteraciones.

En la Figura 4 se muestra un diagrama de alto nivel del proceso híbrido obtenido de combinar UP con Notación Z.

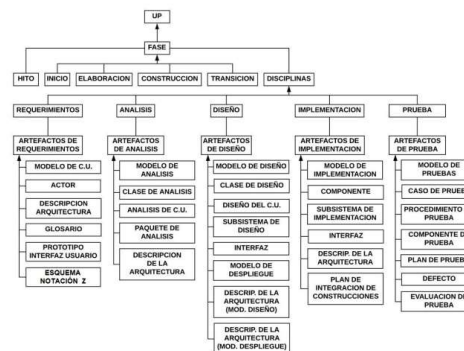


Figura 4. Metamodelo

Por último, cada iteración sigue en secuencia un conjunto de disciplinas o flujos de trabajo (workflows). Estas disciplinas permiten tener una visión en cascada del proyecto. Las más importantes son: requerimientos; análisis; diseño; implementación; prueba.

5. Aplicación de proceso de desarrollo

5.1. Modelo de casos de uso y esquemas utilizados

La Figura 5 denota los CU necesarios para el completo funcionamiento del sistema. El esquema típico usado en Notación Z se presenta en la Figura 6. El mismo debe especificar un nombre para el esquema, la definición de las variables que participan, y las condiciones necesarias para ejecutar distintas acciones. Los CU1 y 2 son los CU que fueron desarrollados para cumplimentar el requisito de la cátedra de implementar al menos 2 CU. El CU1 "Suministrar dosis de insulina automáticamente" fue especificado siguiendo la Notación Z [4] (Figura 7), dado

que forma parte de los CU críticos del sistema. El CU2 “Almacenar datos en la nube” fue especificado en base a lo propuesto por UML [10].

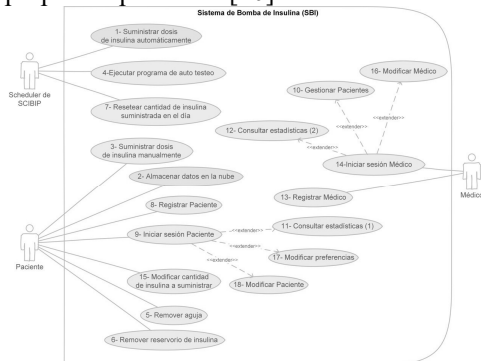


Figura 5. Diagrama de CU del SBI

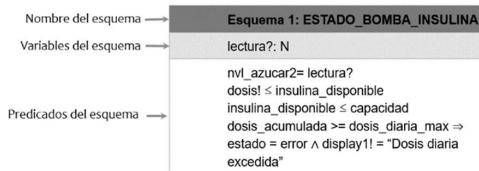


Figura 6. Elementos de un Esquema en Notación Z

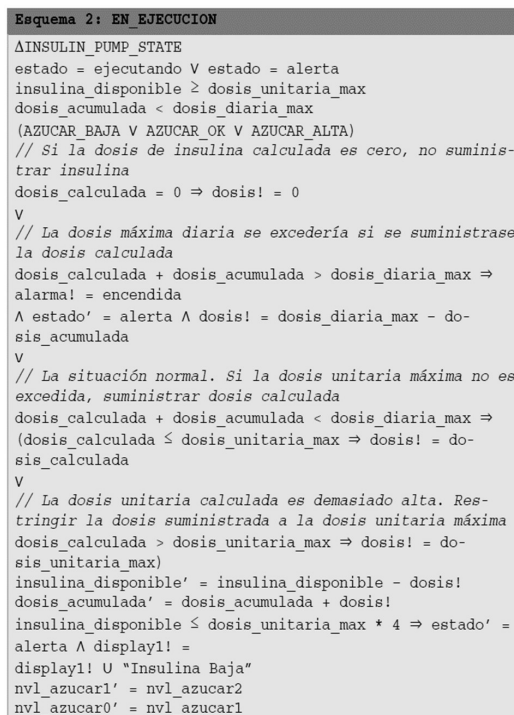


Figura 7. Porción de un Esquema de la especificación del CU

5.2. Diagrama de clases

La participación de los subsistemas que componen al SBI puede observarse en el diagrama de clases representado en la Figura 8.

5.3. Diseño arquitectónico

Se busca una arquitectura adecuada al caso de estudio, en cuanto a que esta es importante ya que afecta el rendimiento (*performance*), la robustez (*robustness*), la capacidad de distribución (*distributability*), y el mantenimiento (*maintainability*) de un sistema. Dicho de otra manera, la arquitectura del sistema debe servir de soporte a los requerimientos no funcionales, además de los requerimientos funcionales (reflejados en los CU).

Para este caso de estudio se utilizará un diseño arquitectónico cliente-servidor, dado que el SBI se compone de subsistemas que mutuamente prestan y utilizan servicios.

En primer lugar, el SCIBIP toma el rol de servidor de los datos del paciente que gestiona, ofreciéndolos cuando InsulineStats los solicita.

Por otro lado, InsulineEverywhere también hace las veces de servidor, proporcionando a InsulineStats servicios por medio de los cuales almacenar y recuperar los datos obtenidos inicialmente.

Así, se tendría una arquitectura cliente-servidor donde InsulineStats (cliente) hace uso de los servicios ofrecidos tanto por SCIBIP como por InsulineEverywhere (servidores). En la Figura 9 se observa un esquema representativo de la vinculación entre los subsistemas anteriormente descritos.

En un análisis de más bajo nivel: el desarrollo de InsulineStats, que por restricciones del caso de estudio se ejecuta en una plataforma Android, podría verse beneficiado por la implementación del patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador, de modo que puedan aislarse los distintos procesos que el mismo debe realizar, permitiendo que modificaciones a las vistas no afecten al modelo de dominio.

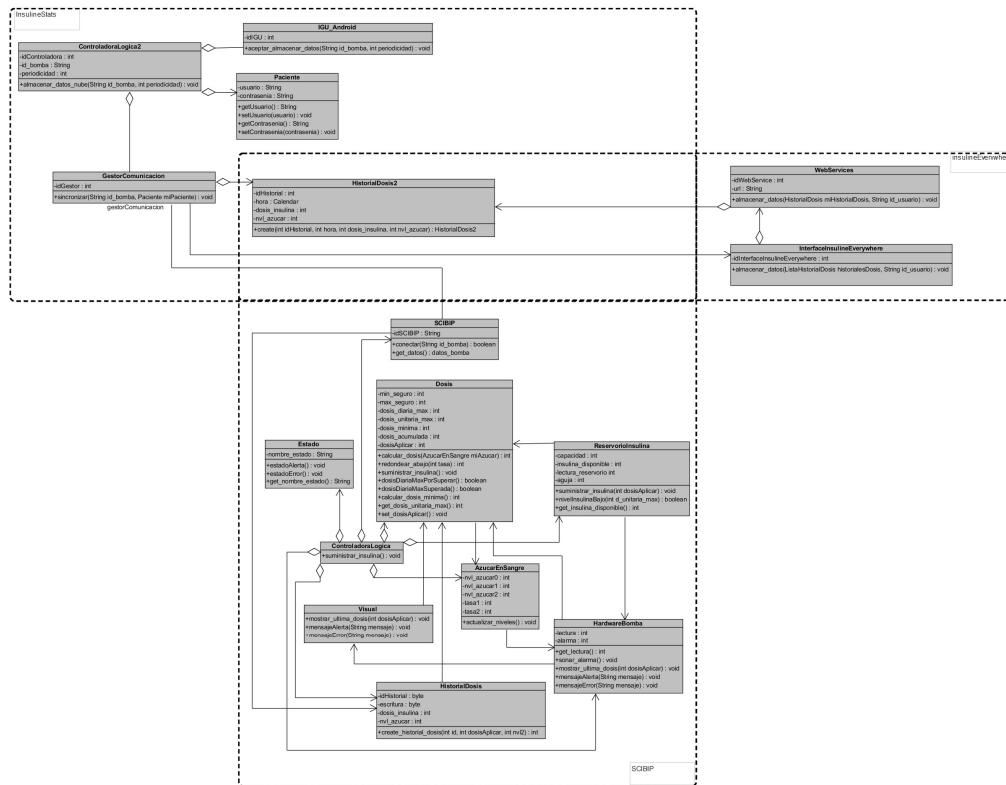


Figura 8. Diagrama de clases del SBI

Esto es especialmente útil dado el constante avance en el que se encuentran las IGUs de la plataforma en cuestión (actualizaciones frecuentes de frameworks para Android).

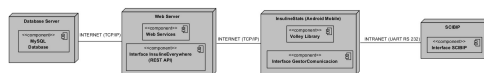


Figura 9. Diagrama de despliegue del SBI

5.4. Casos de prueba

Para lograr que el sistema cumpla con los requerimientos establecidos inicialmente, se planificaron diez TC (Test Cases) que esquematizan las distintas pruebas a implementar en los sistemas desarrollados, considerando el entorno de hardware y las precondiciones en cada caso, de modo que permitan evaluar si los resultados obtenidos corresponden con los esperados, para luego proporcionar los planes de corrección de ser esto necesario.

De manera representativa, la Figura 10 esquematiza una porción del TC N°1, “Calcular dosis de insulina”, que evalúa los

distintos factores que establecen la cantidad de dosis de insulina que se debe suministrar al paciente según la variación del nivel de azúcar en sangre y las dosis previamente suministradas.

Nombre	Calcular dosis de insulina.	ID	TC1
Entorno	Microcontrolador Arquitectura Memoria EEPROM	ATmega328P AVR RISC 1K	
	IDE Lenguaje programación	Arduino 1.8.5 Basado en C++	
Precondiciones	Se obtiene el nivel de azúcar en sangre actual y los niveles anteriores.		
Condiciones para el cálculo de la dosis	Resultado esperado	Resultado	
dosis_calculada = 0	No suministrar insulina.	Aprobado	
dosis_calculada + dosis_acumulada > dosis_dia_max	Insulina a suministrar igual a: dosis_dia_max - dosis_acumulada	Aprobado	
(dosis_calculada + dosis_acumulada < dosis_dia_max) ^ (dosis_calculada <= dosis_unitaria_max)	Suministrar la dosis calculada.	Aprobado	
(dosis_calculada + dosis_acumulada < dosis_dia_max) ^ (dosis_calculada > dosis_unitaria_max)	La dosis a suministrar es igual a la dosis unitaria máxima.	Aprobado	
nvl_azucar2 < min_seguro	<ul style="list-style-type: none"> No suministrar insulina. Se enciende la alarma. Se pasa al estado alerta. Se muestra mensaje "Azúcar baja". 	Aprobado	
(nvl_azucar2 >= min_seguro ^ nvl_azucar2 <= max_seguro) ^ nvl_azucar2 <= nvl_azucar1	No suministrar insulina.	Aprobado	
(nvl_azucar2 > max_seguro) ^ (nvl_azucar2 < nvl_azucar1 ^ (nvl_azucar2 - nvl_azucar1) > (nvl_azucar1 - nvl_azucar0))	Suministrar dosis mínima.	Aprobado	
Postcondiciones	<ul style="list-style-type: none"> A la insulina disponible se le debe restar la dosis suministrada: insulina_disponible = insulina_disponible - dosis. A la dosis acumulada se le debe sumar la dosis suministrada: dosis_acumulada = dosis_acumulada + dosis. 		
Estado Test Case	Ejecutado con éxito.		

Figura 10. Caso de prueba N°1 - Calcular dosis de insulina

Al utilizar casos de prueba de software dirigidos de manera directa e inequívoca en

base a los requerimientos capturados, como es el caso, es posible asegurar que los mismos serán respetados en su totalidad para los casos de uso críticos del sistema.

6. Implementación del prototipo

En las Figura 11, Figura 12 y Figura 13 se describe la interconexión entre los distintos módulos del sistema.

La implementación del subsistema SCIBIP realizada es un prototipo cuyo esquema de hardware puede apreciarse en la Figura 14. Dicho subsistema se implementó mediante el software Arduino [11].

Por otro lado, la implementación del subsistema InsulineStats se realizó utilizando el IDE de Android Studio [12] y las conexiones con InsulineEverywhere mediante el lenguaje PHP [13]. Una de las interfaces de usuario desarrolladas puede apreciarse en la Figura 16. La misma solicita al usuario la elección de si dicho subsistema debería (o no) comunicar los datos que obtenga del subsistema SCIBIP a la nube (InsulineEverywhere).

hardware necesarios para implementar el subsistema SCIBIP completo de modo que se asegure su viabilidad en base al criterio mencionado (Figura 15).

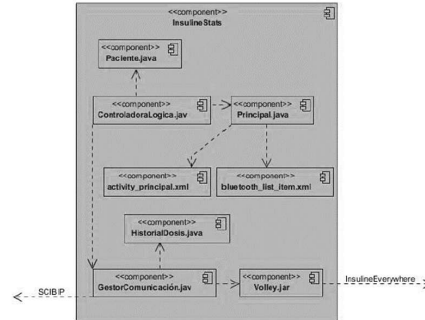


Figura 12. Diagrama de componentes del subsistema InsulineStats

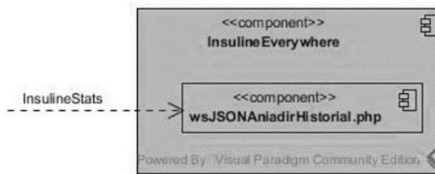


Figura 13. Diagrama de componentes del subsistema InsulineEverywhere

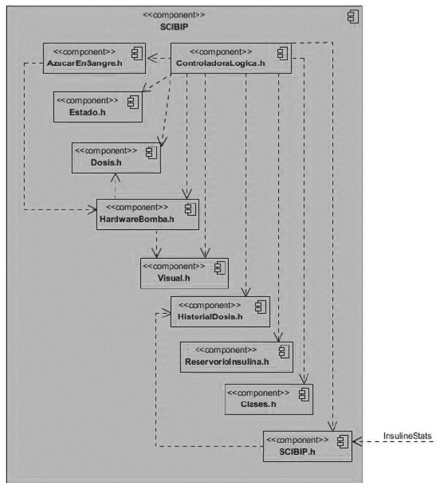


Figura 11. Diagrama de componentes del subsistema SCIBIP

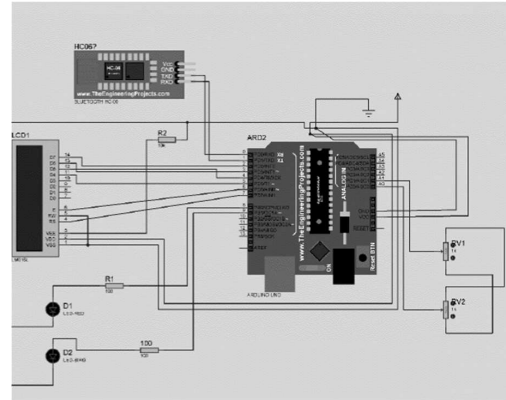


Figura 14. Esquema Hardware del prototipo SCIBIP

Dado que la bomba de insulina debe poseer un tamaño tal que permita características de portabilidad, es necesario realizar un esquema que ponga en evidencia la existencia de módulos que permitan tales prestaciones. Por dicho motivo, se realizó una especificación de los componentes de

Dispositivo	Producto
Microcontrolador	Arduino Pro Mini 328 – 5V/16Mhz
Glucómetro	FreeStyle Libre
Display 1	Display LCD 16x2 Hd44780 Backlight Azul
Display 2	Display Led 7 segmentos 1 dígito 0.5" Anodo comun Verde Telefunken
Batería	EnergyShield 2 Basic - Rechargeable Battery for Arduino
Reservorio Insulina	Lantus insulin glargine (rDNA origin) injection - 100units/ml
Suministro Insulina	MiniMed™ Quick-set™ infusion set
Modulo Bluetooth	Modulo Bluetooth HC-05 Maestro Esclavo
Parlante	Gikfun 8ohm 0.5W Woofer D36mm Speaker for Arduino

Figura 15. Detalles de los componentes requeridos para la implementación final del subsistema SCIBIP



Figura 16. Ejemplo de interface de usuario para el subsistema InsulineStats

Conclusiones

En este trabajo se ha abordado un caso referido a "Un Sistema de Bomba de Insulina" optando para su desarrollo la utilización de Proceso Unificado, ampliado con la rigurosidad de la Notación Z para la especificación de requerimientos.

El trabajo ha permitido reforzar de manera práctica distintos conceptos propios de la Ingeniería del Software. Entre ellos, el hecho de que no existe un único proceso de desarrollo aplicable universalmente a todos los tipos de sistemas de software, sino que los procesos, métodos, técnicas, buenas prácticas y herramientas que se utilicen para un desarrollo dependen de criterios tales como: tipo de aplicación, requerimientos (funcionales y no funcionales), riesgos asociados, la experiencia y conocimientos del equipo de desarrollo [1].

Por otra parte, este trabajo ha promovido integrar saberes, conocimientos y tecnologías, que abarcan distintas áreas disciplinares, tales como las de ARSO (Arquitectura, Redes y Sistemas Operativos), Programación –tanto de sistemas embebidos como Web–, Bases de Datos e Ingeniería del Software (asignatura para la cual se ha desarrollado el caso).

A su vez, conceptos que no habían sido aplicados de forma práctica por el equipo de desarrollo, como ser la especificación de requerimientos con métodos formales, cobraron importancia e interés al experimentar la aplicación de los mismos en un sistema crítico.

Finalmente, este trabajo ha aportado un

espacio para el desarrollo de un prototipo de sistema ingenieril diferente a aquellos considerados convencionales; permitiendo refinar competencias más específicas y reservadas al título de nuestra carrera.

Referencias

- [1] Ian Sommerville, *Software Engineering*, 9th ed.: Pearson, 2010.
- [2] J. M. Spivey, *The Z Notation: A reference manual*, 2nd. ed.: Prentice Hall, 1992.
- [3] (ISO), International Organization for Standardization. ISO/IEC 13568:2002 | Information technology -- Z formal specification notation -- Syntax, type system and semantics. [En línea]. URL: <https://www.iso.org/standard/21573.html> [Último acceso: 14 Septiembre 2018].
- [4] Ian Sommerville. «An embedded control system for a personal insulin pump.» [En línea]. URL: <http://iansommerville.com/software-engineering-book/case-studies/a-personal-insulin-pump>. [Último acceso: 14 Septiembre 2018].
- [5] J. Bowen and V. Stavridou, «Safety-critical systems, formal methods and standards,» *Software Engineering Journal*, vol. 8, no. 4, pp. 189-209, 1993.
- [6] John.C. Knight, «Safety critical systems: challenges and directions,» in *Proceedings of the 24th International Conference on Software Engineering (ICSE)*, Orlando, 2002.
- [7] Robert N. Charette, *Applications strategies for Risk Analysis*.: McGraw Hill, 1990.
- [8] Mina Zaminkar and Mohammad Reza Reshadinezhad, «Customization of Rational Unified Process (RUP) Methodology for Safety-Critical Systems,» *International Review on Computers and Software (IRECOS)*, vol. 11, no. 6, 2016.
- [9] I. Jacobson, G. Booch, y J. Rumbaugh, *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*.: Addison-Wesley, 2007.
- [10] J. Rumbaugh, I. Jacobson, y G. Booch, *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia (2º Ed.)*.: Addison-Wesley, 2007.
- [11] Arduino AG. Arduino -Official Web Site. [En línea]. URL: <https://www.arduino.cc/> [Último acceso: 14 Septiembre 2018].
- [12] IntelliJ IDEA. Android Studio and SDK Tools | Android Developers. [En línea]. URL: <https://developer.android.com/studio/> [Último acceso: 14 Septiembre 2018].
- [13] The PHP Group. PHP: Hypertext Preprocessor. [En línea]. URL: <http://php.net/> [Último acceso: 14 Septiembre 2018].

Desarrollo de una aplicación móvil para localización de sitios de emergencia.

Suarez, Matías – Hromek, Erik – Olivera, Lucas

Universidad Nacional Arturo Jauretche, Instituto de Ingeniería y Agronomía

Abstract

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de una aplicación Mobile nativa, diseñada para el sistema operativo Android, presentado como trabajo final integrador de la materia “aplicaciones móviles” correspondiente al 4to año de la carrera ingeniería informática de la universidad nacional Arturo Jauretche.

La aplicación tiene como objetivo acercar y poder brindar información concreta de los puntos seleccionados.

A través del software los usuarios pueden conocer en detalle lugares más cercanos a su ubicación actual, aplicar filtros de acuerdo a categorías predefinidas (lugares de entretenimientos, culturales o de emergencia, entre otros) obtener datos más concretos como la ubicación en la que se encuentra, las reseñas de otros usuarios e imágenes del propio lugar.

La aplicación fue pensada para solucionar una problemática común, que es la falta de información sobre los lugares de emergencia, como hospitales, comisarías, bomberos, centros de salud entre otros.

A fin de solucionar esta problemática surge el desarrollo de esta aplicación para acercar la información faltante a los usuarios que la requieran.

Palabras Clave

Aplicación Móvil – Android – Programación.

Introducción

En el mundo de hoy donde internet se convirtió en el medio de acceso a la información más rápido y eficiente, en plena era digital donde las guías telefónicas y mapas fueron reemplazados por aplicaciones móviles accedidas desde cualquier tipo de dispositivo, surge la necesidad de vincular la información de los sitios con la modalidad de los usuarios de buscar todo en internet. La pregunta que nos hicimos fue ¿Se podrá saber la información de todos los lugares con la misma temática o lógica de negocio? ¿Cuál es el más cercano? ¿Cuál tiene mejor

consideración por los clientes? Para resolver esta problemática se desarrolló una aplicación Mobile, en la cual los usuarios pueden buscar los lugares cercanos a su ubicación actual y la aplicación le listará todos los lugares disponibles en un radio de cercanía. Los lugares encontrados pueden ser accedidos por los usuarios para ver información concreta del lugar, como es la dirección, teléfono, sitio web y cómo llegar a través del Google Maps, además de reseñas, clasificaciones e imágenes tomadas por otros usuarios. Con las herramientas que propone esta aplicación se cree que se satisfice la problemática planteada, además de brindarle al usuario una solución a diversos problemas no planteados en este trabajo.

Implementación

En este apartado se presentan y describen de forma general las diferentes herramientas y tecnologías de mayor relevancia utilizados para llevar a cabo la implementación.

1. Entorno de desarrollo

En primer lugar, para la programación de la aplicación, se trabajó con el lenguaje Java y sobre el entorno de desarrollo de Android Studio. El atributo más atractivo del ecosistema de Android, además del gran porcentaje del mercado móvil, es la disponibilidad de diferentes APIs (Application Programming Interface) para desarrollar de forma productiva.

La aplicación está pensada para ser utilizada por dispositivos con la versión 4.4 (KitKat) en adelante. La razón de esto es porque se abarca un gran porcentaje de

dispositivos de Android (aproximadamente el 95%, mayo 2018). Esta es una de las ventajas del desarrollo en Android, ya que las futuras versiones serán compatibles con la aplicación sin necesidad de configuración adicional.

2. Búsqueda de lugares

Por otro lado, para la búsqueda de sitios cercanos se utilizó la API Places de Google. La misma ofrece información cercana de lugares según la posición geográfica actual del usuario y permite su clasificación mediante el tipo de lugar, entre otras posibilidades. Para su uso, se requiere de una clave única provista por los servicios de Google. Se utilizaron dos servicios ofrecidos por esta API y son:

- Places Search [5]: búsqueda de diferentes lugares cercanos según parámetros como cercanía, tipo, etc.
- Places Details [6]: búsqueda de detalles sobre un punto o lugar específico mediante un identificador único del mismo.

Para la conexión a la API dispuesta por Google, se programó una tarea asíncrona (clase AsyncTask) que realiza en segundo plano una petición HTTP al servidor de la API. Como parámetros, se especificaron una clave registrada para acceder a la API, las coordenadas del usuario actuales y filtro especificado por el usuario. El resultado es un mensaje HTTP con un documento del tipo JSON en el cuerpo del mismo. Este documento contiene información sobre los lugares buscados.

Por otro lado, cuando el usuario visualiza los lugares puede acceder al detalle de los mismos, y se programó reutilizando los mismos métodos, sólo que ahora enviando como parámetro un identificador del lugar. La ventaja de realizar una tarea en segundo plano es que la interfaz es utilizable mientras tanto; de otro modo el usuario debería esperar a que se complete la solicitud.

La plataforma de Android brinda clases que facilitan la creación de tareas en segundo plano, en lugar de manejar hilos mediante Java.

3. Interfaces gráficas de usuario

Para cada vista o pantalla con la que el usuario puede interactuar, se creó una clase del tipo Activity [1]. En Android, una actividad representa una pantalla de la aplicación. Esto se hace extendiendo la clase nueva de la clase Activity o AppCompatActivity. Cada actividad tiene un ciclo de vida, compuesto por creación, inicio, pausa, detención, reinicio y destrucción. El intercambio entre distintas pantallas (actividades) se realiza con una componente de Android llamado Intent, otra clase disponible en el entorno de desarrollo.

Para mostrar los resultados en pantalla, permitir al usuario acceder a detalles de cada resultado y brindarle acciones con cada elemento mostrado en pantalla, se siguió un patrón de Android para implementar esta funcionalidad. Se definió un objeto del tipo Adapter [2], que se encarga de tomar cada objeto (lugar, usuario, etc.) y su información encapsulada y permite llevarla a una vista de cada actividad (interfaz). En pocas palabras, funciona como un puente entre los datos y las vistas. Para el caso de esta aplicación, se utilizó el estilo de vista conocido como Maestro-Detalle, donde la lista de resultados funciona como maestro que redirige a los detalles particulares de cada resultado en cuestión. Cada maestro y detalle es una actividad diferente.

4. Almacenamiento interno

Además, para almacenar información interna, se utilizó una biblioteca de Android para manipular SQLite, una base de datos embebida.

Para la manipulación de la base de datos, se utilizaron dos tipos de clases:

- DatabaseHelper: clase que extiende de SQLiteOpenHelper [3] y se encarga de brindar acceso a la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

base de datos, además de permitir borrarla, actualizarla, etc. La clase SQLiteOpenHelper proporciona una interfaz para manipular la base de datos internas y abstrae de tareas internas de gestión

- Data Access Object [4]: diferentes objetos, que son parte de la aplicación (usuario, lugar, etc.) son accedidos a la base de datos mediante un DAO; cada clase del tipo DAO provee una interfaz para utilizar la base de datos y realizar operaciones con los datos almacenados.

Resultados

En este apartado se detalla y muestra gráficamente la aplicación.

1. Modulo de Registro y Inicio de sesión

En la figura 1 se visualiza la interfaz de registro de los usuarios y la figura 2 muestra el login.



Figura 1: registro de usuario

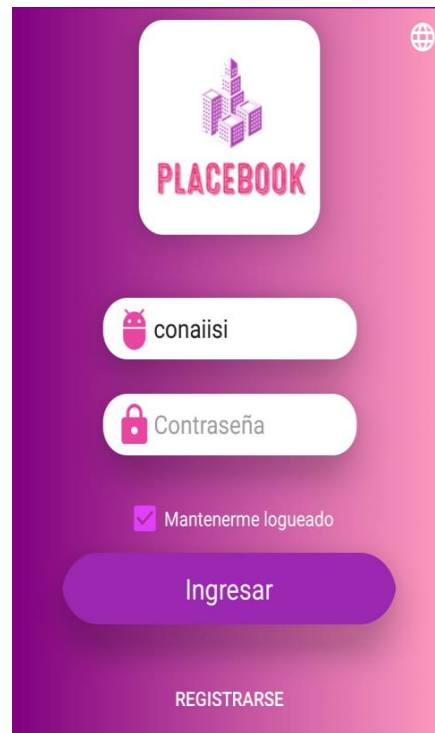


Figura 2: Login de usuario

2. Modulo Búsqueda

La figura 3 muestra una interfaz con un buscador, el cual el usuario puede utilizar para buscar lugares específicos, y diferentes imágenes que sirven como acceso rápido para buscar tipo de lugares preestablecidos. La figura 4 muestra el listado de lugares encontrados al seleccionar un lugar se mostrará en detalle la información.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información



Figura 3: inicio de búsqueda



Figura 4: listado de lugares encontrados.

3. Modulo Lugar

En las siguientes imágenes se muestra la interfaz, que posee un lugar seleccionado por el usuario, con la información disponible de cada lugar. Este cuenta con tres apartados: Información la cual visualiza la valoración, el de ubicación en Google mapas, dirección, teléfono y sitio web. En comentarios y fotos se encuentran las

opiniones e imágenes de otros usuarios respectivamente. El usuario tiene la opción de poder descargar las imágenes que desee. Además puede marcar al lugar como favorito.



Figura 5: información del lugar



Figura 6: Comentarios o reseñas

4. Modulo Interacción con el usuario

En este modulo se visualiza el perfil del propio usuario y de otros.



Figura 7: perfil del usuario logueado.

La figura 7 presenta la IU del perfil del usuario en el que le permite al usuario ver sus seguidores o a quienes sigue, ver sus reseñas, eliminarlas o modificarlas. Acceder a sus lugares favoritos y también eliminar o descargar sus imágenes.

La figura 8 es la interfaz de otro usuario. El usuario puede navegar por los perfiles de otros usuarios pudiendo ver las reseñas, fotos, lugares favoritos, a quienes sigue y cuáles son sus seguidores.

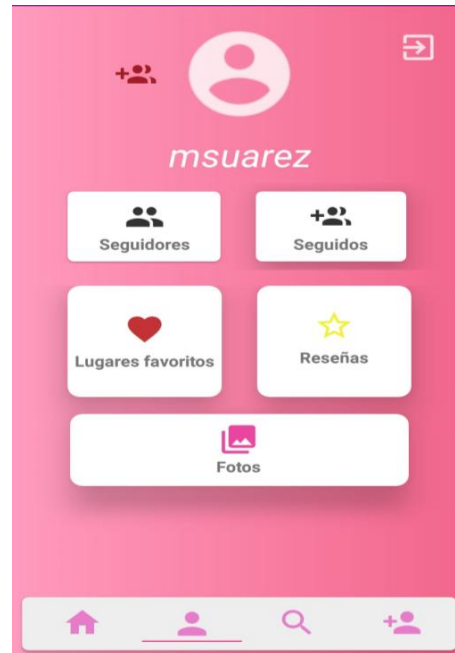


Figura 8: perfil de otro usuario.



Figura 9: Inicio, visualiza todos los movimientos de los seguidos por el usuario logueado.

En la figura 9 se encuentra todo los movimientos que realiza el usuario como sus seguidores y seguidos. Pudiendo acceder a estos.

Funciones futura

Se mencionan diversas mejoras que se podría implementar a la aplicación.

1. En primer lugar, se planifica el diseño de un sistema externo que contenga la base de datos principal, ya que por ser un prototipo la base de datos es interna a la aplicación.
2. Otra posible extensión es el agregado de más filtros, por ejemplo permitir configurar la búsqueda por distancia. En un principio se consideró, pero se descartó por cuestiones de tiempo.
3. Otra ampliación pensada es el poder compartir información con otras aplicaciones, para una rápida difusión en un caso de emergencia, por ej.
4. Capacidad de integración con otras aplicaciones para que en caso de emergencia te comunique directamente con el centro de atención más cercano.
5. Integración con redes sociales.
6. Combinar un mayor número de APIs públicas (no sólo usar la de Google Places), permitiendo mayor centralización de datos.

Conclusión

Como principal conclusión se puede resaltar el hecho de que se logró desarrollar una aplicación la cual cumple con los objetivos planteados. El desafío de acercar información a las personas se cumple gracias a la integración de información obtenida de diversos sitios.

Los problemas encontrados en el desarrollo fueron, a grandes rasgos, las herramientas y tecnologías utilizadas ya que fue la primera vez que se trabaja con estas. A medida que

fue pasando los días de trabajo se pudo sortear estas dificultades recabando información de la documentación y llevarlo al desarrollo.

Por otro lado, se ha observado el potencial del entorno de desarrollo, ya que provee muchas facilidades y herramientas apropiadas para la creación de aplicaciones, aunque fue necesario analizar cada herramienta con detalle para comprender su uso.

Los más importante a destacar y con mayor valor al desarrollar esta aplicación fue el primer acercamiento a una nueva tecnología, que está muy bien consolidada en el mercado como es el sistema operativo Android. Y los conocimientos aprendidos son el verdadero fruto de este trabajo integrador.

Referencias

- [1] Activity | Android Developers: (Disponible en: <https://developer.android.com/reference/android/app/Activity>)
- [2] Adapter | Android Developers (Disponible en: <https://developer.android.com/reference/android/widget/Adapter>)
- [3] SQLiteOpenHelper | Android Developers (Disponible en: <https://developer.android.com/reference/android/database/sqlite/SQLiteOpenHelper>)
- [4] Data access object - Oracle: (Disponible en: <https://www.oracle.com/technetwork/java/dataaccessobject-138824.html>)
- [5] Google Place Search API: (Disponible en: <https://developers.google.com/places/web-service/search?hl=es-419>)
- [6] Google Places SDK for Android: (Disponible en: <https://developers.google.com/places/android-sdk/start?hl=es-419>)
- [7] DEITEL, P.J; DEITEL, H.M. 2008. “Como programar en Java”. Séptima edición. PEARSON EDUCACIÓN

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Simulación de un Ascensor en el edificio de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

**Castaño Ezequiel Leonardo, Mulassi Matías, Baschera Paula,
Torres Juan**

*Cátedra de Simulación
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario*

Abstract

La creciente expansión de la urbanización ha producido un considerable aumento en la densidad de habitantes de las ciudades más importantes de cualquier territorio. Esto ha derivado en nuevos desafíos en materia de transporte y logística tanto en el nivel macro (como puede ser el traslado entre ciudades), como en el nivel micro (cuando se habla de la logística dentro de un edificio o una planta industrial). En este trabajo abordamos uno de estos desafíos, la simulación de un ascensor, tomando como caso de estudio la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario (UTN FRRo). Son de particular interés tanto las longitudes de las colas y los tiempos de espera como la posibilidad de detectar ineficiencias y experimentar nuevas modificaciones para brindar información relevante en la toma de decisiones. Como trabajo práctico de la cátedra de Simulación, se modelará en primer lugar el sistema utilizado actualmente en la UTN FRRo. Posteriormente se introducirán dos modificaciones y se analizarán si los parámetros estadísticos de interés mejoran. Para la modelización se utilizará simulación multiparadigma y un aplicativo de software de simulación.

Palabras Clave

Ascensor, UTN, Simulación, Logística

Introducción

La Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario (UTN FRRo) posee un edificio principal en la calle Zeballos 1341, en la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina (a partir de ahora se utilizará el término "facultad" para referirse a este edificio), consta de cinco pisos y un subsuelo. Debido a la gran altura de sus techos, y por consiguiente la extensión de las escaleras, es necesario el uso de ascensores.

En este edificio, además de las funciones administrativas y de mantenimiento, se dictan

cinco carreras de grado: Ingeniería en Sistemas de Información, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química e Ingeniería Civil. Cada una de las carreras tiene una duración de entre cinco y seis años curriculares y con la excepción del primer año, cada carrera utiliza las aulas de un único piso de la facultad, por lo que puede asociarse fácilmente a cada piso de la facultad con una carrera específica. La actual distribución de los pisos es como se ve en la Figura 1:

5º Piso		Sistemas
4º Piso		Civil
3º Piso		Química
2º Piso		Mecánica
1º Piso		Ingreso
Planta Baja		Alumnado

Figura 1: Esquema de la división de carreras en la facultad (Subsuelo omitido) con recorrido del ascensor

La facultad cuenta con dos ascensores, el primero puede utilizarse en la planta baja y en los pisos uno, dos, tres, cuatro y cinco mientras que el segundo puede utilizarse para ir al subsuelo, planta baja y a los pisos uno, dos y tres. Además de los ascensores existen escaleras que conectan todos los pisos. Sin embargo, en esta simulación se trabaja sobre un escenario simplificado en el que sólo se tendrá en cuenta un ascensor (el primero en este caso) y las escaleras, ignorando el sub-

suelo por su baja influencia en el tráfico y dando énfasis al ascensor de mayor demanda.

En la actualidad, se han hecho diversos estudios sobre ascensores [1], y varios se han implementado con aplicativos de software [2]. En el caso de este trabajo se pretende utilizar los conocimientos de la simulación multiparadigma [3] utilizados en trabajos similares [4] para modelar el ascensor del edificio de la facultad.

Teniendo en cuenta sólo el dictado de las carreras, se producen grandes ineficiencias en el uso del ascensor debido a que su capacidad se ve ampliamente superada por la demanda (produciendo largas colas y esperas), especialmente en las horas pico, las cuales son las primeras horas de la mañana (desde las 7 am a las 8 am), el medio día (desde las 12 pm a la 1 pm) y el inicio del turno noche (desde las 6pm a las 7 pm).

La población de interés son los estudiantes que asisten regularmente a la facultad (de aquí en adelante se utilizará el término usuario para referirse a este grupo en particular). La conducta de los usuarios a grandes rasgos puede representarse de la siguiente manera: Cada uno de ellos ingresa al edificio por planta baja, se dirigen al salón asignado en el piso que corresponda a su carrera, asisten a la(s) clase(s) en ese salón u otro del mismo piso y luego vuelven a planta baja para retirarse del establecimiento.

Por cuestiones de simplicidad no se consideró modelar el subsuelo de la facultad en donde se desarrolla la carrera de Ingeniería Eléctrica, ya que el ascensor que consideramos en el estudio no se desplaza hacia ese piso. También se tuvo en cuenta que los estudiantes de dicha carrera prácticamente no usan el ascensor correspondiente, y aunque así lo hicieran y considerásemos ese piso en nuestro ascensor modelo, los cambios dentro de los cálculos serían mínimos y despreciables.

De esta conducta pueden deducirse las siguientes reglas, inferidas de la observación continua de los usuarios:

- Un usuario sólo va desde la planta baja a

un piso y de ese mismo piso a la planta baja. El tráfico entre pisos, si bien no es nulo, es despreciable.

- Un usuario al momento de retirarse (dirigirse a planta baja) tiene una alta tolerancia a la espera y un usuario al momento de asistir al cursado (dirigirse al piso donde va a cursar) tiene una baja tolerancia a la espera.

De esta forma el tiempo de espera al que los usuarios tienen menor tolerancia es el tiempo de espera en la planta baja y la longitud de la cola allí, si es muy larga, puede producir, que los usuarios utilicen las escaleras (a esta conducta se la denomina "Abandono de Cola"). El objetivo de este trabajo es modelar la situación e introducir modificaciones al sistema para analizar si es posible mejorar la eficiencia del ascensor. El concepto de eficiencia se entiende como la combinación del tiempo de espera y la longitud de la cola de la planta baja.

Por lo anteriormente expuesto, resulta de particular interés abordar la simulación de los ascensores para realizar experimentación con distintas modificaciones, y en caso de que éstas presenten una mejora en los parámetros estudiados, implementarlas en el sistema real.

En primer lugar se definirá un modelo, luego se implementará en un software de simulación, posteriormente se realizarán distintos experimentos, se compararán los resultados y por último se deducirán las conclusiones.

Elementos del Trabajo y Metodología

Para poder realizar este modelo se hace uso de la simulación multiparadigma, que es una combinación de tres paradigmas: orientada a agentes [5], de eventos discretos [6] y de sistemas dinámicos [7].

El modelado basado en agentes es un método con una perspectiva que permite identificar cómo se comportan los objetos (llamados agentes) de un sistema y definir sus comportamientos, e interacción, en un entorno cambiante. Los agentes pueden representar diversas entidades: vehículos, unidades de

equipo, productos y personas en diferentes roles, entre otros. El modelado basado en sistemas dinámicos es una visión y un conjunto de herramientas conceptuales que permiten entender estructuras y funcionamiento de complejos sistemas donde los cambios se realizan instante a instante. [8] La simulación por eventos discretos es una técnica informática de modelado de sistemas que incluye operaciones como demoras, servicios de varios recursos, etc.. Se caracteriza por un avance del tiempo en intervalos fijos o variables en función de la planificación de ocurrencia de tales eventos a un tiempo futuro. La simulación multiparadigma proporciona un enfoque para modelar un sistema con grandes cantidades de objetos o agentes con orden de eventos u otro comportamiento individual. Su ideología es la construcción de un modelo basado en agentes a partir de uno existente de sistemas dinámicos o eventos discretos capturando dependencias e interacciones más complejas y proporcionando una visión más profunda del sistema modelado. En este caso se utilizó el paradigma orientado a agentes como el principal y para funciones particulares del sistema se recurre a los otros paradigmas. Se tienen dos agentes principales, por un lado al Ascensor y por otro al Usuario.

En este paradigma, se utilizan máquinas de estado para describir el comportamiento del agente ante un evento mediante transiciones. Cada transición puede conducir a un cambio de estado. Si bien el estándar de máquinas de estado se define dentro del lenguaje unificado de modelado [9], en este caso se utiliza una versión modificada, utilizada por el software de simulación [10]. Se detallan los distintos tipos de transiciones en la Figura 2




Tiempo Fuera 	La transición ocurre después de un intervalo de tiempo alcanzado desde el momento en que se ingresa a un estado.
Condición 	La transición supervisa una condición booleana específica y reacciona cuando se convierte en verdad.
Mensaje 	Reacciona a los mensajes de otros agentes. Los mensajes pueden modelar comunicaciones entre personas o máquinas

Figura 2: Diferentes tipos de disparos de transiciones

Además de los agentes mencionados, se tienen variables globales (en este contexto el edificio de la facultad representa el sistema) de la simulación, las cuales son:

- **Altura del piso:** Espesor del piso más la altura del piso al techo (se considera que todos los pisos poseen la misma altura).
- **Cantidad de usuarios por minuto:** Define la frecuencia de arribo de los usuarios que siguen un Proceso de Poisson.
- **Masa promedio de un usuario (Kg):** Define la masa promedio de los usuarios. Como primera aproximación se utiliza una distribución triangular[11] para asignarle la masa a cada usuario.
- **Tiempo promedio para entrar al ascensor (s):** Es el tiempo que demora un usuario en ingresar al ascensor luego de que éste haya abierto sus puertas. A pesar de que podría considerarse despreciable, cuando el ascensor realiza múltiples paradas, este tiempo se vuelve crucial.

En una primera instancia se trabajó únicamente con el ascensor, pero debido a que inevitablemente la demanda era con creces superior a la capacidad del ascensor, se introdujo un sistema auxiliar que permite a los usuarios abandonar la cola y llegar a su destino mediante el uso de la escalera. Esto introdujo una variable global auxiliar de tipo booleana (tipo de dato básico que sólo tiene dos valores posibles: "true" (verdadero, 1) y "false" (falso, 0)), que permite ver el comportamiento del sistema con la posibilidad de abandonar la cola. El criterio utilizado para determinar cuando un usuario abandona la

cola será visto en mayor detalle en la sección del agente Usuario

El ascensor cuenta con las siguientes variables, las cuales pueden ser modificadas en cualquier momento de la simulación para obtener determinados comportamientos y como consecuencia distintos resultados:

- **Capacidad (Kg):** Define la capacidad máxima permitida que posee el ascensor que deberá respetarse, y se consideró que su límite es de 5 personas con 75kg como peso promedio
- **Rapidez (m/s):** Rapidez de movimiento del ascensor con la cual se desplaza verticalmente por todo el edificio atendiendo las solicitudes de los usuarios.
- **Política de Servicio:** Enmarca los lineamientos generales acerca de cómo se realizará la prestación del servicio
- **Usuarios dentro:** Cantidad de usuarios que se encuentran tomando servicio del ascensor.
- **Listado de solicitudes:** Colección de las solicitudes en el orden en el que fueron pedidas. El ascensor utiliza la política de servicio para determinar cual de ellas será la próxima.
- **Piso Actual:** Piso en el que el se encuentra el ascensor.
- **Piso Destino:** Se define como el piso al que el ascensor debe dirigirse siguiendo la política de servicio.

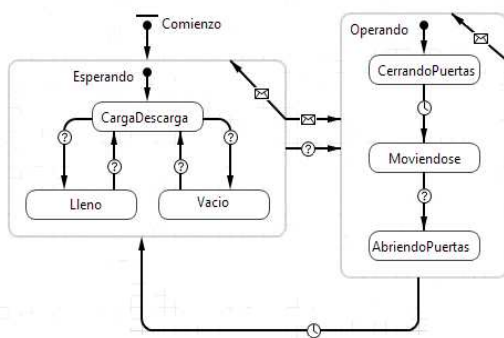


Figura 3: Máquina de estado del agente Ascensor

La maquina de estado de este agente posee los siguientes estados, como puede verse en la Figura 3:

- **Esperando:** El ascensor se encuentra detenido en un piso. Posee los subestados: carga y descarga (en el cual continuamente se encuentran entrando y saliendo usuarios del ascensor), lleno y vacío.
- **Operativo:** Representa todo momento de actividad en el ascensor, ya sea mientras se mueve, amortigua o abre/cierra las puertas. Los sub estados que lo componen son: Cerrando puertas, moviéndose y abriendo puertas. El Sub-estado de abrir y cerrar utiliza transiciones de tiempo fuera (se considera la apertura y el cierre de las puertas más el tiempo de amortiguación como un tiempo constante). El sub-estado moviéndose representa el momento en el que el ascensor se encuentra en movimiento.

La transición entre los estados depende de la cantidad de usuarios y de pedidos así como de la política de servicio.

Por otro lado se tiene al agente Usuario el cual posee las siguientes variables

- **Tiempo para entrar en el ascensor (s):** Tiempo transcurrido para que un usuario ingrese al ascensor.
- **Masa (Kg):** Masa corporal de los usuarios asignada aleatoriamente mediante una distribución triangular.
- **Probabilidad de utilizar las escaleras:** Incertidumbre relacionada al deseo del usuario a utilizar las escaleras debido a que la cola del ascensor es muy larga o su tiempo de espera excede su tolerancia.
- **Rapidez (m/s):** Relación entre la distancia que recorre el usuario y el tiempo que invierte en ello. No todos los usuarios poseen la misma rapidez.
- **Tolerancia a la espera (s):** Tiempo máximo que el usuario está dispuesto a esperar en la cola. Si se excede, se produce un abandono de cola.

- **Piso Actual:** Piso en el que se encuentra el usuario.
- **Piso Destino:** Piso al que el usuario desea dirigirse.

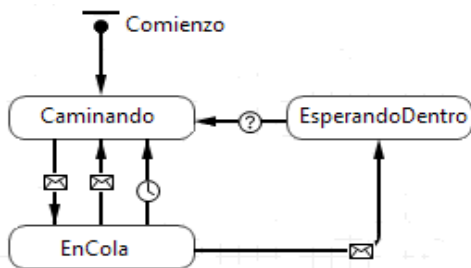


Figura 4: Máquina de estado del agente Usuario

Cada usuario posee los siguientes estados, como puede verse en su máquina de estados ilustrada en la Figura 4

- **Caminando:** El usuario se encuentra movilizándose.
- **En Cola:** El usuario decide entrar en el sistema de cola, esperando ingresar y tomar servicio del ascensor. En este estado puede producirse un abandono de cola, volviendo al estado Caminando.
- **Esperando dentro del ascensor:** El usuario se encuentra tomando servicio del ascensor desplazándose hacia su piso destino.

La simulación se desarrolla de la siguiente forma:

Los usuarios entran al sistema (actualmente se encuentran en estado "Caminando"), posteriormente se tiene un momento de espera en el que se define una cola para cada uno de los pisos. Los usuarios deciden si es conveniente hacer la cola (entran en estado "EnCola") o utilizar las escaleras. Se asume que la prioridad de los usuarios es hacer la cola para ingresar al ascensor.

En ese momento, puede ocurrir una de dos situaciones: el usuario desea hacer cola para subir al ascensor a pesar de su longitud (Una vez que entre, pasará al estado "Esperando dentro del ascensor") o abandona la cola y se dirige a las escaleras. La cola puede ser abandonada tanto por tiempo de espera (exceso

del límite de tiempo de tolerancia) o porque la longitud de la cola supera con creces lo que el usuario está dispuesto a esperar (tolerancia a la espera).

Se asume que si el usuario posee de destino la planta baja es porque se dispone a abandonar el edificio ya que en este piso no hay funciones que pueda realizar.

En caso de que el usuario haya decidido abandonar la cola, el mismo procede a dirigirse hacia las escaleras, entra en ellas, pasando una determinada cantidad de tiempo subiendo o bajando, y luego sale de las mismas.

Debido a que el sistema de escaleras no es el objetivo de este caso de estudio, se simuló de forma tal que sea una espera (se calcula la distancia en pisos que el usuario va a seguir, distancia recorrida en escaleras y rapidez promedio del usuario).

Con respecto a las políticas de servicio, se considerarán cuatro:

- **Original:** El ascensor al subir, atiende únicamente a las solicitudes pedidas desde su interior que sean en pisos superiores al actual, y al bajar, atiende todas las solicitudes pedidas, tanto desde su interior como el exterior, que sean en pisos inferiores al actual. En ambos casos cuando haya más de una solicitud, el orden es por proximidad al piso actual.
- **Modificación 1 (MOD 1):** Se mantiene el mismo funcionamiento de la política Original con la siguiente modificación: si el ascensor se encuentra vacío y sin solicitudes, baja a planta baja automáticamente.
- **Modificación 2 (MOD 2):** El ascensor al subir, atiende únicamente a las solicitudes pedidas en pisos superiores al actual, y al bajar, atiende únicamente a las solicitudes pedidas en pisos inferiores al actual. En ambos casos cuando haya más de una solicitud, el orden es por proximidad al piso actual.
- **Modificación 3 (MOD 3):** Se mantiene el mismo funcionamiento de la política Modificación 2 con la siguiente modificación:

si el ascensor se encuentra vacío y sin solicitudes, baja a planta baja automáticamente.

Si bien este problema puede resolverse sin un software que utilice representaciones visuales, se utiliza AnyLogic [12], el cual posee esta característica y por este motivo, se agregan variables adicionales para facilitar la visualización en un plano 2D, visualizar el tráfico de los usuarios, así como ayudas para el usuario en la interfaz. La simulación está disponible en forma online [13], por cuestiones de licencia sólo puede ejecutarse la primer hora pero pueden realizarse sucesivas corridas.

Resultados

Luego de haber realizado múltiples corridas con cada una de las opciones, se midieron tanto el promedio de los tiempos de espera como la longitud de la cola en planta baja. Para poder tener un marco de referencia, se añade una política de servicio llamada FIFO en la que el ascensor se dirige a los pisos en el orden que fueron marcados. Esta política es sumamente ineficiente y permite ver cuán eficientes son las demás. En este caso en particular se simuló un escenario de baja demanda que es donde se pueden aprovechar las ventajas de las políticas MOD 1 y MOD 3. Para todas las corridas se utilizaron los siguientes valores para las variables de entrada:

Altura del piso: 2.5 metros

Cantidad de usuarios por minuto: 1.5

Masa promedio de un usuario: 75 Kg

Tiempo para entrar al ascensor: 0.2 s

Capacidad: 375 Kg

Rapidez: 1 m/s

Con respecto a los tiempos de espera en planta baja, los promedios para cada alternativa fueron (como pueden verse reflejados en la Figura 5) son:

FIFO: 28.70 segundos.

Original: 24.08 segundos.

MOD 1: 24.21 segundos.

MOD 2: 27.27 segundos.

MOD 3: 25.14 segundos.

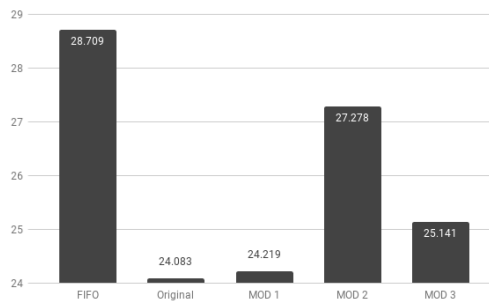


Figura 5: Tiempos de espera promedio en planta baja para cada alternativa

Por otro lado, analizando la longitud de la cola de espera de planta baja, el promedio para cada alternativa (como pueden verse reflejados en la Figura 6) es:

FIFO: 0.402 personas

Original: 0.223 personas

MOD 1: 0.254 personas

MOD 2: 0.314 personas

MOD 3: 0.251 personas

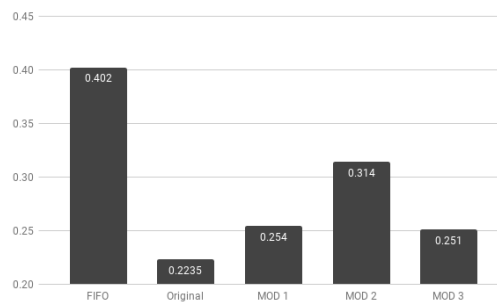


Figura 6: Promedio de personas en cola en planta baja para cada alternativa

Trabajos Relacionados

Si bien la simulación de ascensores no es nueva y se han realizado diversos trabajos al respecto, este sería el primero en el contexto de la UTN FRRO.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Luego de analizar todas las alternativas propuestas se concluye que, contrario a la percepción de los usuarios, ninguna modificación presenta una mejora significativa con respecto al sistema actual. Las encuestas revelaron una creencia errónea sobre la eficiencia de la modificación 2, que se muestra como la peor opción, luego del régimen FI-

FO que utilizamos como extremo ineficiente. No obstante, en este trabajo se utilizó un escenario simplificado, y se plantean las siguientes consideraciones para trabajos futuros, las cuales, de ser tenidas en cuenta, podrían modificar significativamente los resultados.

Con respecto a los ascensores:

- Utilizar dos ascensores en primera instancia y evaluar la posibilidad de escenarios con más de dos ascensores
- Introducir una variable económica mediante la consideración del consumo de energía eléctrica y de su uso eficiente.
- Considerar la velocidad del ascensor variable, teniendo en cuenta la amortiguación y el impulso inicial.

Con respecto a los usuarios: Relevar más información sobre los usuarios para obtener distribuciones más precisas con respecto a su velocidad, frecuencia y masa.

Con respecto al área edilicia: Utilizar la simulación para evaluar el tránsito dentro de la facultad para poder identificar la mejor posición para aulas, departamentos y áreas administrativas

Referencias

- [1] J. Mena Zapata. "Simulación de Ascensores". [PDF] Cali-Valle: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/execute.php?media=materias:modelos_y_conceptos_de_programacion:proyecto-cv.pdf [Accedido el 24 de Agosto de 2018].
- [2] L. Al-Sharif, et al. "Modelling of elevator traffic systems using queuing theory." 4th Symposium on Lift and Escalator Technologies Vol. 4, September 2014, Northampton, United Kingdom [Online]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273761657_Modelling_of_Elevator_Traffic_Systems_Using_Queueing_Theory [Accedido el 24 de Agosto de 2018]
- [3] A. Borshchev, and A. Filippov. "From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools." In Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society, vol. 22. Oxford: System Dynamics Society, 2004.
- [4] Latino Australia, "Proyecto simulación", [Online]. Disponible en : http://www.latinoaustralia.com/lae_database/DBscripts/Tarea_Simulacion/Proyecto%20Simulacion.doc [Accedido el 24 de agosto de 2018].
- [5] E. Bonabeau, "Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems", On the web: Proc. National Academy of Sciences, vol. 99, no. 3, pp. 7280-7287, May 14, 2002. Disponible en : http://www.pnas.org/content/99/suppl_3/7280. [Accedido el 25 de Agosto de 2018]
- [6] G.S. Fishman, "Principles of discrete event simulation". United States: N. p., 1978
- [7] L. R. Woods and L. K. Lawrence, "Modeling and simulation of dynamic systems". Upper Saddle River, NJ : Prentice-Hall, 1997.
- [8] J. Sterman, "Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World". United States: N. p., 2000
- [9] C. Larman. "Applying UML and patterns: an introduction to object oriented analysis and design and iterative development". Pearson Education India, 2012.
- [10] I. Grigoryev. "AnyLogic 7 in three days". A quick course in simulation modeling. pp 50-51. AnyLogic North America, 2012.
- [11] J. Ren é van Dorp and S. Kotz. "A novel extension of the triangular distribution and its parameter estimation". Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician), pp 63-79. January, 2002. [Online]. Disponible en : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.496.8778&rep=rep1&type=pdf>. [Accedido el 5 de Agosto de 2018].
- [12] AnyLogic 8.3.2 Personal Learning Edition. (2018). AnyLogic North America.
- [13] Simulación de Ascensores, AnyLogic Cloud. [Online]. Disponible en : <https://cloud.anylogic.com/model/5b79e7e8-05d3-47fb-b13e-8407d6b64e2f?mode=SETTINGS&tab=GENERAL>

Datos de Contacto

Ezequiel Leonardo Castaño, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina. castanoezequielleonardo@gmail.com

Matías Mulassi, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina. mulassimatias@gmail.com

Paula Baschera, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina. pauvaschera@gmail.com

Juan Ignacio Torres, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina. orkuan@gmail.com

Comparación de un algoritmo genético en Python y Lisp

Cesar Nicolás Cabo
Universidad Atlántida Argentina
Arenales 2740 Mar del Plata

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo, demostrar los resultados obtenidos de la implementación de un algoritmo genético realizado en Python, y contrastarlo con los resultados del mismo algoritmo genético, pero que fue desarrollado en Lisp.

Ambos algoritmos poseen un objetivo en común:

“crear una población de semillas lo más cercano posible a una población inicial, que representa los genes y fenotipos de semillas ideales”

Palabras Claves

Genetic algorithm, Algoritmo genético, Lisp, Python, IA, Poblaciones, Fénotipo, Génotipo, Población ideal, Mutación, Desarrollo evolutivo.

Introducción

Los algoritmos genéticos, son utilizados en varios campos científicos, siendo el campo de la “informática” el que mas auge ha tenido en los últimos años.

Son llamados así porque se inspiran en la evolución biológica y su base genético-molecular.

Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a acciones aleatorias semejantes a las que actúan en la evolución biológicas (tales como evoluciones y recombinaciones genéticas), así como también a una selección de acuerdo con algún criterio, en función del cual se decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos, que son descartados. (1)

Los algoritmos genéticos se enmarcan dentro de los algoritmos evolutivos, que incluyen también las estrategias evolutivas, la programación evolutiva y la programación genética.

El objetivo es, realizar la comparativa entre los dos algoritmos para determinar quien es el más acertado al resultado ideal y por qué.

Desarrollo

Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se desarrollan dos algoritmos genéticos; uno está escrito y desarrollado en lenguaje Python, y el otro en Lisp.

Se aborda el algoritmo en Python (por su sencillez para el lector a la hora de demostrar los fragmentos de código), y se explicará

(con los extractos) como es su funcionamiento interno, y como es que llega a cumplir (o no) el objetivo propuesto.

Antes de pasar al código, es meritorio mencionar las etapas de un algoritmo genético; las mismas son:



En primer lugar se deben definir las variables que servirán como parámetros en la creación del algoritmo genético:

```
plantacion_ideal = [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
largo = 10
total_arboles = 10
semillasParaCruza = 3
probabilidad_mutacion = 6,5
```

La “plantacion_ideal” es, en efecto, la plantación de semillas a la cual se busca llegar con el algoritmo. Posee una cantidad total de individuos que existen en dicha población ideal “total_arboles”, una cantidad de semillas que serán utilizadas para la reproducción “semillasParaCruza” y tiene por último una probabilidad de mutación “probabilidad_mutacion”.

La probabilidad de mutación, es necesaria para lograr los intentos de recombinación necesarias en las semillas que se ponen a prueba, para que logren evolucionar (mutar) y se acerquen más a lo que se considera una “población ideal”.

Ahora se procede a inicializar las etapas anteriormente mencionadas:

Etapa 1: inicialización

```
def crearSemilla(min, max):  
    return[random.randint(min, max) for i in  
    range(largo)]
```

```
def crearPlantacion():  
    return[crearSemilla(1, 9) for i in  
    range(total_arboles)]
```

La primer etapa es simple: Se crea una semilla (individuo) y una plantación para ponerlas a prueba, en las posteriores funciones del programa.

Etapa 2: evaluación

```
def calcularFitness(crearSemilla):  
    fitness = 0  
    for i in range(len(crearSemilla)):  
        if crearSemilla[i] == plantacion_ideal[i]:  
            fitness += 1  
    return fitness
```

Posterior a la creación de la plantación, se debe calcular el “fitness” de cada individuo de cada “plantación”.

En esta etapa, es meritorio aclarar (antes de continuar con la demostración en código) lo que “fitness” significa.

Según Wikipedia, la función de “fitness” se define sobre la representación genética, y mide la calidad de la solución representada.

Con eso en cuenta, podemos decir entonces que el “fitness” es el atributo que utilizaremos como referencia para medir la aproximación de un elemento a la “plantación ideal” que se desea alcanzar.

Etapa 3: selección

```
def seleccion_y_reproduccion(poblacion):  
    puntuados = [ calcularFitness(i), i for i  
    in poblacion]  
    puntuados = [i[1] for i in sorted(puntuados)]  
    poblacion = puntuados  
    seleccionados = puntuados[(len(puntuados)-  
    semillasParaCruza):]
```

En esta etapa, lo primero que se hace es utilizar una variable denominada

“puntuados” para almacenar el “fitness” (calculado en la anterior función del programa) en forma de pares ordenados.

Luego, ordena esos pares, quedándose solo con un vector de valores.

Por último, selecciona los “N” individuos finales, donde “N” está dado por

“semillasParaCruza” (Ver variables declaradas al principio de esta sección).

Etapa 4: reproducción

```
for i in range(len(poblacion)-semillasParaCruza):  
    punto = random.randint(1, largo-1)  
    padre = random.sample(seleccionados, 2)
```

En esta etapa (como su nombre lo indica), se procede a mezclar el material genético de dos “padres” para la creación de nuevos individuos de una nueva población.

Etapa 5: crossover

```
poblacion[i][:punto] =  
padre[0][:punto] poblacion[i][punto:]  
= padre[1][punto:] return poblacion
```

Ahora se procede a utilizar el material genético mezclado en la etapa anterior, en cada nuevo individuo.

Para finalizar con esta etapa, se crea un nuevo “array” conformado por los nuevos individuos.

Etapa 6: mutación

```
def mutacion(poblacion):  
    for i in range(len(poblacion)-  
    semillasParaCruza):  
        if random.random() <= probabilidad_mutacion:  
            punto = random.randint(0, largo-1)  
            nuevo_valor = random.randint(1, 9)
```

```
while nuevo_valor == poblacion[i][punto]:  
    nuevo_valor = random.randint(1, 9)
```

```
poblacion[i][punto] =  
nuevo_valor return poblacion
```

Estamos ahora en la última etapa del algoritmo. Como su nombre lo indica, se procede con la mutación de los individuos de forma aleatoria (Recordar que la probabilidad

de mutación es un número porcentual dado por el investigador, y puede ser modificado en cualquier momento para producir resultados distintos).

De esta manera, se puede crear un “control parcial” sobre los resultados finales (aunque siga existiendo una probabilidad “aleatoria” cuyo control le es ajeno al investigador).

Lo siguiente es elegir un punto al azar para comenzar la mutación (dentro del rango de valores dados al principio del programa para la totalidad de “semillas” (individuos) de cada “población”).

Luego se comprueba que el nuevo valor (el valor que posee ahora la nueva población) no es igual al valor de la “vieja población”.

NOTA: No confundir “vieja población” con “plantación ideal”; recordar que la “plantación ideal” es la plantación que se desea obtener mutando a la “vieja población” que se creó en: **“Etapas 1: Inicialización”**.

Si el nuevo valor pasa la prueba de comparación, se le implementa la mutación; dando como resultado final, una nueva población con un porcentaje de mutación que hara que sea lo más parecida posible a la “plantación ideal”.

Lo único que resta ahora es implementar la función que contiene todas estas etapas, y evolucionar la nueva población para ver los resultados.

Lo que puede observarse en las siguientes líneas de código:

```
poblacion = crearPlantacion()  
print("Plantacion inicial:\n%s"%(poblacion))
```

```
for i in range(100):
```

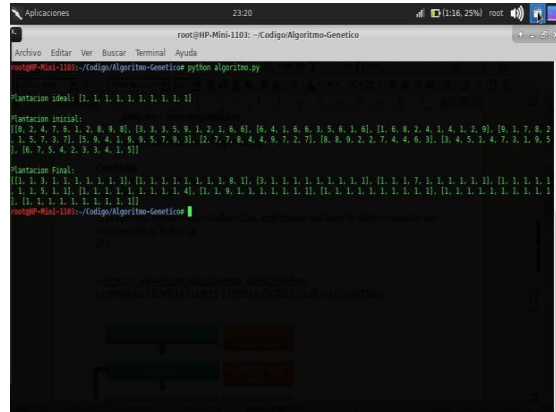
```
poblacion=seleccion_y_reproduccion(poblacion)  
poblacion = mutacion(poblacion)  
print("\nPlantacionFinal:\n  
%s"%(poblacion))
```

Conclusión

Luego de ejecutar ambos algoritmos (una escrito en Python y otro escrito en Lisp), se llegó a las siguientes conclusiones:

1: La cantidad de líneas necesarias para desarrollarlo el algoritmo genético en Python fueron: 70; mientras que en Lisp se necesitaron de 168 líneas de código.

2: El algoritmo genético en Python necesitó menos generaciones para llegar a la “plantación ideal”, en comparación al algoritmo desarrollado en Lisp.



```
Aplicaciones 23:20 [1:16, 25%] root
root@HP-Mini-1101: ~/Codigo/Algoritmo-Genetico
root@HP-Mini-1101:~/Codigo/Algoritmo-Genetico python algoritmo.py
Plantacion ideal: [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
Plantacion inicial:
[[1, 2, 6, 7, 8, 1, 2, 8, 9, 8], [1, 2, 1, 5, 9, 1, 2, 1, 6, 4], [6, 4, 1, 6, 6, 2, 5, 6, 1, 6], [1, 6, 6, 2, 4, 1, 4, 1, 2, 9], [9, 1, 7, 8, 2, 1, 9, 7, 7], [5, 9, 4, 1, 9, 5, 7, 9, 3], [2, 7, 7, 8, 4, 4, 9, 7, 2, 7], [6, 8, 9, 2, 7, 7, 4, 4, 6, 3], [3, 4, 5, 1, 4, 7, 3, 1, 9, 5], [1, 16, 7, 5, 4, 2, 3, 3, 4, 1, 5]]
Plantacion Final:
[[1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 7, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1], [1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1]]
root@HP-Mini-1101:~/Codigo/Algoritmo-Genetico
```

3: Para desarrollar un algoritmo genético competente en Lisp, se necesitó hacer uso de más funciones (en comparación con el desarrollado en Python).

FUNCIONES EN PYTHON: 5

FUNCIONES EN LISP: 20

4: El tiempo de ejecución para ambos algoritmos no representó una diferencia significativa (tal vez, si se empleasen mas poblaciones y generaciones el tiempo variaría entre uno y otro).

Referencias

- (1) https://es.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_gen%C3%A9tico
- <http://www.aic.uniovi.es/ssii/Tutorial/AGs.htm>
- <https://www.nebrija.es/~cmalagon/ia/apuntes/algoritmosgeneticos.pdf>
- <https://www.ecured.cu/Lisp>
- <http://www.cs.uns.edu.ar/~grs/Logica/011.Programacion%20Funcional%20en%20LISP.Color.pdf>

Datos de contacto

Cabo César Nicolás.
Correo electrónico: cesar.nicolas.cabo@gmail.com
Universidad Atlántida Argentina.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Aplicación Móvil para Denuncias por Violencia de Género

Esquivel, Nehuén

Facultad Regional Buenos Aires. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.

Abstract

Las dificultades que las mujeres víctimas de violencia de género encuentran para radicar una denuncia es uno de los aspectos sobre los que llaman la atención las organizaciones involucradas con la temática. [1] La secretaria ejecutiva del Consejo Nacional de las Mujeres explica que son múltiples las razones por las que, más allá de las carencias del Estado, la mujer que sufre violencia no se anima a denunciar. No obstante, los relatos subestimados en comisarías, los temores de las mujeres y los obstáculos para acceder a las instancias de ayuda se suman a la difícil identificación del maltrato psicológico, además no todas las dependencias actúan con la misma celeridad y habilidad, lo que expone a las mujeres a ciertos riesgos. [2] La problemática social y cultural expone un sistema de información que no se adapta a las necesidades reales; en consecuencia, mi intención es introducir el concepto de una aplicación móvil que facilite y simplifique la realización de denuncias por violencia de género.

Palabras Clave

Violencia, Género, Mujer, Aplicación, Móvil, Denuncia.

1. Introducción

La violencia de género es un tipo de violencia física o psicológica ejercida contra cualquier persona o grupo de personas sobre la base de su sexo o género que impacta de manera negativa en su identidad y bienestar social, físico, psicológico o económico. En Argentina, como en gran parte del mundo, la violencia de género es ejercida principalmente por varones contra las mujeres. La Ley 26.485, "Ley de Protección integral para prevenir, sancionar y erradicar la violencia contra las mujeres en los ámbitos en que desarrollen sus relaciones interpersonales" define en su artículo 4°: "Se entiende por violencia contra las mujeres toda conducta, acción u omisión, que de manera directa o indirecta, tanto en el ámbito público como en el privado, basada en una relación desigual de poder, afecte su vida, libertad, dignidad, integridad física, psicológica, sexual, económica o

patrimonial, como así también su seguridad personal. Quedan comprendidas las perpetradas desde el Estado o por sus agentes. Se considera violencia indirecta, a los efectos de la presente ley, toda conducta, acción omisión, disposición, criterio o práctica discriminatoria que ponga a la mujer en desventaja con respecto al varón." [3] Dentro de la noción de violencia de género se incluyen actos como violaciones sexuales, prostitución forzada, discriminación laboral, violencia física y sexual contra personas que ejercen la prostitución, infanticidio, castración parcial o total, ablación de clítoris, tráfico de personas, violaciones sexuales en guerras o situaciones de represión estatal, acoso y hostigamiento sexual —entre ellos el acoso callejero—, patrones de acoso u hostigamiento en organizaciones masculinas, el encubrimiento y la impunidad de los delitos de género, la violencia simbólica difundida por los medios de comunicación de masas, entre otros. [4] En este contexto, el objetivo del presente trabajo (realizado en el marco de la cátedra de "Análisis de Sistemas", segundo año de cursada), es introducir conceptualmente una aplicación móvil que facilite y simplifique la realización de denuncias y el accionar de las autoridades correspondientes. Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2, se listan algunas herramientas similares actualmente disponibles; en la sección 3, se explican las funcionalidades principales de la aplicación; en la sección 4, se describe el flujo de información; en la sección 5, se presenta un caso de uso; en la sección 6, se menciona su potencial implementación. Finalmente, se encuentran las conclusiones y algunas observaciones (sección 7).

2. Herramientas Similares

La lucha contra la violencia de género ha encontrado en internet, en nuestros teléfonos inteligentes y, sobre todo, en la combinación de ambas una herramienta fundamental. En ocasiones, cosas tan básicas como la detección prematura de comportamientos violentos o saber cómo denunciarlos, no están tan claras. Por ello, y gracias al desarrollo de nuevas aplicaciones, se consigue ampliar la red de detección, de protección a las víctimas, de prevención y de concienciación contra el maltrato.

LIBRES

El Ministerio de Sanidad e Igualdad lanzó una aplicación, dirigida principalmente a mujeres que sufren o han sufrido violencia de género y a cualquier persona que detecte en su entorno una posible situación de maltrato. Esta aplicación, por seguridad, se hace invisible en el dispositivo móvil y ofrece un cuestionario que permite identificar situaciones de malos tratos e incluye un enlace con consejos básicos para dejar atrás la violencia de género.

POR MÍ

La aplicación ofrece información de utilidad para acabar con situaciones de violencia de género, especialmente dirigida a mujeres con discapacidades. Incluye canales de denuncia y de asesoramiento legal, asistencia pedagógica y números de teléfono a los que llamar. También incorpora información sobre talleres y cursos relacionados con la violencia de género.

ALERTCOPS

Se trata de una aplicación impulsada desde el Ministerio de Interior para alertar a las fuerzas de seguridad sobre delitos o situaciones de riesgo. En la última versión, disponible tanto para dispositivos Android e iOS, aparece un icono representativo de la lucha contra la violencia machista que se debe utilizar tanto si se es víctima como testigo. Al utilizar esta alerta, se envía una notificación al centro de atención más próximo para que la policía comience a

trabajar sobre el asunto, poniéndose en contacto con el usuario para solicitar más información y ofrecer indicaciones. [5]

IGUALEX

Aunque la interfaz de la aplicación tiene un aire distendido y juvenil, y en primera instancia busca ser un apoyo para los más jóvenes, el producto tiene como fin último, ser una herramienta para toda la sociedad, ya que su principal función es la de enseñarnos a todos, no solo a las víctimas, a detectar las situaciones de violencia de género. [6]

SEGURIDAD PROVINCIA

Su objetivo es facilitar los trámites, mejorar la transparencia, fidelizar las estadísticas, y que cada persona pueda tener seguimiento de su denuncia. Quien sea víctima de violencia podrá hacer la denuncia en la aplicación y recibirá un código. Luego, en un plazo de cinco días, deberá presentarse en la fiscalía para ratificar su denuncia. En esa primera etapa se podrán denunciar lesiones, intentos de femicidio y abuso sexual. [7]

3. Funcionalidades Principales

El concepto inherente a la propuesta implica la simplificación y optimización de la denuncia, sin embargo, la solución no pretende limitarse obligatoriamente a la redacción de texto, también busca la complementación de esto último con archivos multimedia para brindar una mayor veracidad de los hechos.

Las características principales serán detalladas a continuación:

a) Creación de Usuario

Cada mujer contará con una cuenta única vinculada a su número de identificación, la cual la representará dentro de la aplicación.

b) Redacción de Texto

En el interior de la aplicación se ofrecerán todas las herramientas necesarias para iniciar y formular una nueva denuncia por escrito.

c) Captura de Fotos

La usuaria tendrá a su disposición un acceso directo a la cámara para facilitar la captura de fotos cuando lo considere necesario.

d) Grabación de Audio

En los casos que sea necesario, se podrá acceder únicamente al micrófono para obtener una prueba sonora del hecho.

e) Grabación de Video

Cuando su integridad esté en peligro o disponga de una mayor libertad para actuar la mujer podrá adjuntar en las denuncias archivos de video para tener constancia de los implicados y sus acciones.

4. Flujo de Información

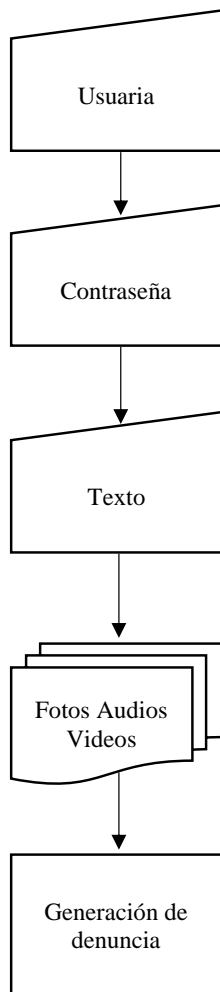


Figura 1: Flujo de entrada.

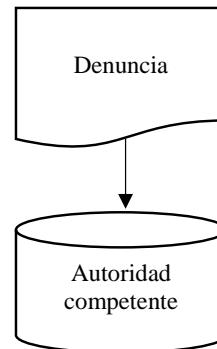


Figura 2: Flujo de salida.

5. Caso de Uso

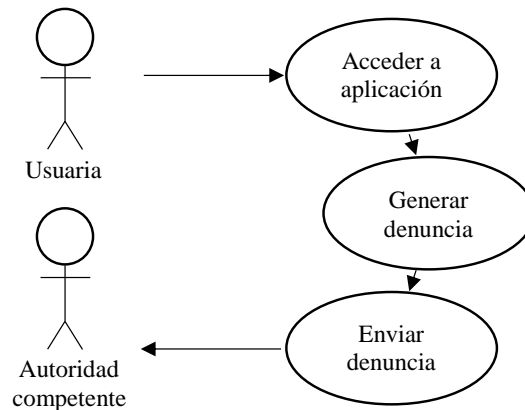


Figura 3: Caso de uso.

Caso de uso	Generar denuncia
Actor	Usuaría
Descripción	Generación de denuncia
Precondición	Caso de uso "Acceder a aplicación"
Curso normal	Curso alternativo
1. Redacción de texto. Acoso callejero: 2. Captura de fotos y/o grabación de video.	Violencia domestica: 2.1. Grabación de audio.
Postcondición	Caso de uso "Enviar denuncia"

Tabla 1: Generar denuncia.

6. Potencial Implementación

Según el INDEC, los hechos de violencia de género se cuadruplicaron en 4 años, pasaron de ser 22.577 en el 2013, a 86.700 en el 2017. [8] Por otra parte, la Fundación Casa del Encuentro sostiene que desde el 2008 al

2017 hubo 2679 femicidios, un promedio de un femicidio cada 30 horas. El 62% de los asesinos son parejas o exparejas y más de la mitad de los crímenes se cometen en la casa de la víctima. [9]

Es necesario aclarar que más de la mitad de las mujeres asesinadas habían realizado la denuncia correspondiente, lo que da cuenta de la desidia a la cual son sometidas por parte de las instituciones. Al confirmar la ineficacia del proceso de denuncia, ratifico el uso de una aplicación móvil, accesible, que permita la contención y protección de la mujer, velando por su integridad psíquica y física.

7. Conclusión:

Profundizando en la investigación comprendí que la violencia de género es consecuencia de un sistema que promueve y avala la desigualdad de poder entre hombres y mujeres, razón por la cual durante mucho tiempo la palabra de la mujer fue devaluada y descreída. Por este motivo, no sólo considero la importancia de una aplicación que logre dar respuestas a estas demandas, también creo en el estado como garante de derechos. Un estado que brinde las herramientas para erradicar la violencia machista.

Referencias

- [1] <https://losandes.com.ar/article/dificultades-para-hacer-denuncias-por-violencia-de-genero>. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.
- [2] <https://www.lanacion.com.ar/1991009-vencer-el-miedo-las-mujeres-que-se-animan-a-denunciar>. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.
- [3] https://es.wikipedia.org/wiki/Violencia_de_g%C3%A9nero_en_Argentina. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.
- [4] https://es.wikipedia.org/wiki/Violencia_de_g%C3%A9nero. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.
- [5] <https://www.nobbot.com/personas/5-apps-combatir-violencia-de-genero/>. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.
- [6] <https://www.xatakamovil.com/aplicaciones/asi-funciona-ygualx-una-aplicacion-para-detectar-y-denunciar-la-violencia-de-genero>. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.

[7] https://www.gba.gob.ar/noticias/app_seguridad_provincia. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.

[8] http://www.diario26.com/249024?fb_comment_id=1882645135111239_1884499754925777&title=8m-el-indec-midio-la-violencia-de-genero-en-4-anos-se-cuadruplicaron-los-casos&Article_page=6. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.

[9] https://www.clarin.com/sociedad/violencia-mujeres-2017-anos-femicidios_0_r1iACUpdM.html. Fecha de consulta: 14 mayo 2018.

Implementación de una Estación Meteorológica

Vitucci, Bruno¹; Mendoza, Carlos¹; Zolezzi, Brian¹; Morales, Martin^{1,2}; Encinas, Diego^{1,3}

¹Instituto de Ingeniería y Agronomía - Universidad Nacional Arturo Jauretche

²Unidad CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN

³Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP - Centro Asociado CIC

bny_86@hotmail.com, cmendoza@infosar.com.ar, bzolezzi@hotmail.com, {martin.morales, dencinas}@unaj.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es probar la factibilidad del desarrollo de una estación meteorológica a partir de un sistema embebido que se encargue de leer datos del ambiente mediante un sensor de temperatura y humedad relativa. Y de esta manera se pueda enviar y alojar esos datos en la nube o cloud.

Este documento es un trabajo investigación desarrollado durante la cursada de la cátedra de Programación en Tiempo Real, correspondiente al segundo cuatrimestre, del cuarto año de la carrera de Ingeniería en Informática.

Palabras Clave

IoT, Cloud, Sistemas Meteorológicos.

1.- Introducción

La medición de las variables climáticas es fundamental para prever posibles desastres naturales. Y particularmente, las ciudades están a merced de potenciales complicaciones debido a la falta de planificación en el desarrollo de las mismas (crecimiento poblacional, edificación, servicios, entre otros). Las actuales tecnologías permiten disponer de datos en tiempo real y así mitigar eventos climáticos en los grandes conglomerados urbanos. Entre las tecnologías más recientes pueden mencionarse la computación en la nube (cloud computing) [1] y el internet de las cosas (Internet of Things, IoT) [2].

La principal idea de este trabajo es mostrar la facilidad de montar un sistema dedicado mediante IoT. Para almacenar la información, solo basta una adecuada

investigación y determinar las diferentes alternativas, tanto en el uso del hardware como en software a utilizar. Se ha comenzado la experiencia realizando pruebas de código en lenguaje de programación Python para lograr encender unas luces conectadas al protoboard [3], alternando patrones de encendido y apagado con ayuda de la librería timer. Esto es útil para entender cómo funciona el módulo RPi.GPIO [4] (Entrada/Salida de Propósito General) de la placa y las conexiones eléctricas con los cables al protoboard. Esto también ofrece una visión del alcance del dispositivo y sobre los distintos usos que se le pueden dar. Entonces se puede proceder a utilizar un módulo sensor, habiendo varios en el mercado como por ejemplo sensor de movimiento, de contaminación en el ambiente, bluetooth, GPS, wifi, de huellas dactilares, escáner de retina, y muchos más. Aunque el presente trabajo fue realizado con un módulo sensor de temperatura y humedad para lograr el propósito. Es aquí donde se observa el alcance y las posibilidades que ofrecen estas herramientas con una apropiada investigación y desarrollo.

2.- Elementos del Trabajo y metodología

Hardware

- Raspberry Pi 1 Modelo B.
- Módulo DHT22, Sensor de temperatura y humedad relativa.

- Protoboard.
- Resistencia de 4.7k.
- 3 Postes macho para adaptar un extremo de los cables jumper.
- Monitor con entrada HDMI.
- Tarjeta de memoria SD de 8 GB.
- Teclado USB 2.0.
- Mouse USB 2.0.
- Cables:
 - Cargador 220v con conexión micro USB para alimentación de corriente alterna.
 - HDMI de 3 metros con terminación macho-macho.
 - LAN categoría 5 de 1.5 metros.
 - 3 Cables jumper de 150 mm con terminación hembra-hembra.

Software

- Sistema Operativo Raspbian Jessie with PIXEL (basado en DebianJessie).
- Lenguaje de programación Python 2.7.
- Editor de texto (con funciones IDE) Geany 1.22.
- Aplicación web ThingSpeak (de ioBridge [5]).
- Aplicaciones móviles ThingView, Pocket IoT.
- Acceso remoto con Putty v0.69, y UltraVNC v1.2.3.1.
- Módulos:
 - pigpio
 - time
 - datetime
 - DHT22
 - urllib2

La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo fue la siguiente:

Parte 1: Montar las herramientas de hardware.

Se comienza reuniendo los elementos requeridos del hardware para poder montar la instalación física completa de la placa Raspberry Pi 1 Modelo B [6] y empezar a trabajar en el software.

Parte 2: Montar las herramientas de software.

Como primer medida, se requiere descargar la imagen ISO del sistema operativo Raspbian OS Jessie with PIXEL [7], para grabarla como imagen de disco en una memoria SD de 8 GB. Dicho sistema operativo en su versión incluye actualizaciones y programas predefinidos. Luego se procede con la instalación de la librería Pigpio, para poder hacer uso de las funciones del módulo DHT22.

Parte 3: Enviar los datos que toma el sensor a la nube o cloud.

En esta parte se han utilizado los servicios de la aplicación web ThingSpeak [8]. Esta aplicación ofrece un servicio IoT de plataforma analítica que permite agregar, visualizar y analizar flujos de datos en vivo en la nube. De esta manera provee visualizaciones instantáneas de los datos obtenidos por los dispositivos IoT, con la opción de ejecutar códigos MATLAB [9] para obtener análisis de procesamiento de los datos que van llegando desde el dispositivo.

Para ello, se debe crear una cuenta de usuario en ThingSpeak, en este caso es gratuita con sus correspondientes limitaciones funcionales, pero que permiten llevar a cabo los objetivos propuestos. Luego se procede a crear un “Channel” en la aplicación web, el que genera una clave API de lectura y otra de escritura, y los diferentes campos para volcar los datos que se desean enviar a dicho canal de la cuenta creada. En el momento de programar, se debe especificar en código la URL de la aplicación web que usa la API, el ID del canal, como también los campos de datos, por ejemplo “field1” para temperatura, “field2” para humedad, y luego la correspondiente implementación del código para lograr lo requerido.

3.- Desarrollo:

Los elementos fueron dispuestos de acuerdo a la Figura 1, en la que se observa la

conexión de los cables a la placa, como el protoboard, y el sensor DHT22 [10].

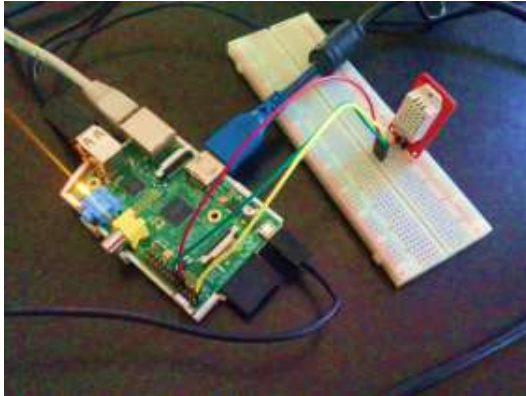


Figura 1. Conexión de los componentes

La conexión de los diferentes cables a la placa está especificada en las referencias [6] y [10].

Respecto de los pines GPIO (Entrada/Salida de Propósito General) de la placa, la conexión fue de la siguiente manera: el cable bordo al pin nº6 “Ground” para descarga a tierra, el cable amarillo al pin nº1 “3v3” para la alimentación de la placa, y el cable verde al pin nº11 “GPIO17” para el traspaso de datos entre la placa y el módulo sensor (ver referencia [4]).

Luego, una vez iniciado el sistema operativo, se debe abrir la terminal para ingresar el comando “sudo pigpiod”, para iniciar la lectura del sensor DHT22.

En la figura 2 se observa la ejecución del primer programa, y para compararlo con la última ejecución mostrada en la figura 3.

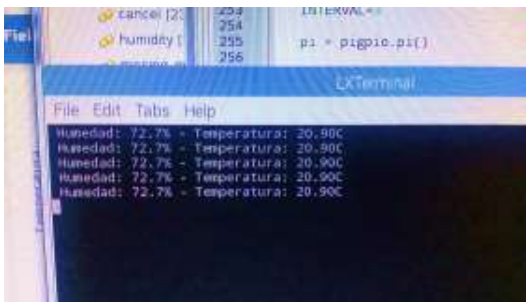


Figura 2. Ejecución

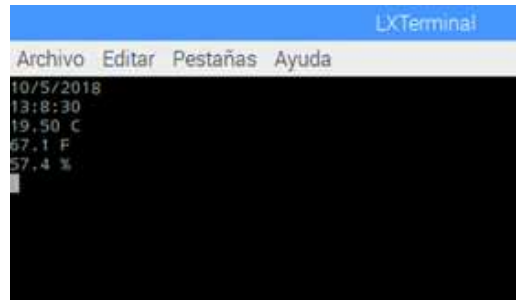


Figura 3. Datos obtenidos

En la figura 9, se muestra la principal funcionalidad del código programado en Python y ejecutado con Geany.

Luego se dan a conocer los resultados sensados y enviados a la nube de ThingSpeak con sus diferentes gráficos o “charts” en la figura 10.

ThingSpeak también ofrece la utilización de MATLAB para procesar los datos y relacionarlos, como lo hace en la figura 4 en la que hace una relación entre la humedad relativa y la temperatura en grados Celsius. Podría utilizarse una herramienta de software libre para el procesamiento pero ThingSpeak provee el uso de MATLAB en su cuenta gratuita. Estos gráficos (y otros) también pueden integrarse al canal para su visualización, como lo demuestra la Figura 4.



Figura 4. Procesamiento de los datos

No menos importante es destacar que esta aplicación ofrece la función de exportar los datos sensados en los formatos que se detallan en la Figura 5.

CONAISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información



Figura 5. Formatos posibles

También es pertinente hacer mención de las aplicaciones móviles IoT que se pueden utilizar para conectar con el canal y observar los gráficos en todo momento, como se muestra en la Figura 6 con ThingView.



Figura 6. Visualización en dispositivos móviles

Solamente ingresando la URL de la aplicación web, el “channel ID” (y dependiendo de la app, la “write API key”) se puede sincronizar con los datos en la nube. Se muestra una captura de pantalla del desarrollo conseguido en la Figura 7.



Figura 7. Captura de pantalla en el dispositivo móvil

Y por último, en la Figura 8 se observa el uso de un widget IoT mostrando los datos de temperatura y humedad en tiempo real.



Figura 8. Widget en el dispositivo móvil


```
19
20 while True:
21     r += 1
22     s.trigger()
23     time.sleep(0.2)
24     hum = "{}".format(s.humidity())
25     tempc = "{:3.2f}".format(s.temperature())
26     tempf = ((float(tempc)*1.8) + 32)
27     tiempo = datetime.datetime.now()
28     if tiempo.second == auxseg:
29         None
30     else:
31         if tempc == "-999" or hum == "-999":
32             os.system("clear")
33             print ("%s/%s/%s" % (tiempo.day, tiempo.month, tiempo.year))
34             print ("%s:%s:%s" % (tiempo.hour+1, tiempo.minute, long(tiempo.second)))
35             print "No se esta sensando los datos"
36         else:
37             finalURL = URL + "sfield1=%s&sfield2=%s&sfield3=%s" % (tempc, hum, tempf)
38             try:
39                 conex = urllib2.urlopen(finalURL)
40             except urllib2.URLError:
41                 #if err.code == 404:
42                 print "\n"
43                 print "No hay conexion a internet"
44                 time.sleep(1)
45                 os.system("clear")
46                 pass
47             except urllib2.httplib.BadStatusLine:
48                 pass
49             except urllib2.HTTPError:
50                 print "\n"
51                 print "No se puede conectar al servidor"
52                 time.sleep(1)
53                 os.system("clear")
54                 pass
55             os.system("clear")
56             print ("%s/%s/%s" % (tiempo.day, tiempo.month, tiempo.year))
57             print ("%s:%s:%s" % (tiempo.hour+1, tiempo.minute, long(tiempo.second)))
58             print tempc, "°C"
59             print tempf, "°F"
60             print hum, "%\n"
61     auxseg = tiempo.second
62
```

Figura 9. Programación

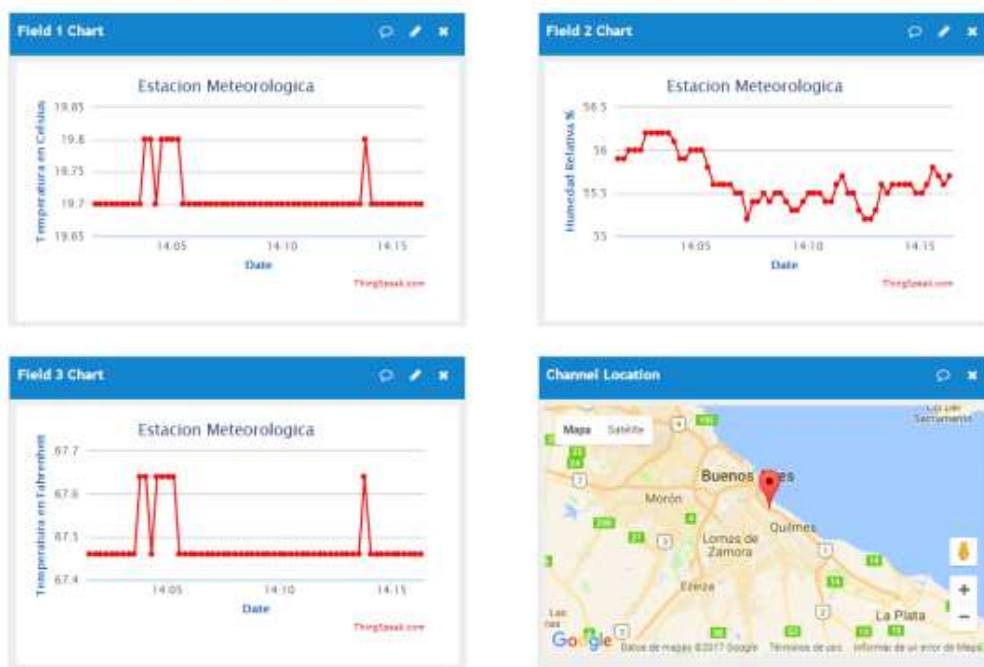


Figura 10. Charts de ThinkSpeak.

4.- Resultados

Gracias al trabajo de investigación realizado se obtuvo la información necesaria para llevar a cabo la practica con los elementos detallados previamente, lo cual satisface los objetivos propuestos inicialmente mediante la demostración ofrecida por la parte de la metodología utilizada y el desarrollo de la practica con la explicación de los procedimientos a seguir.

4.1- Discusión

Se dispuso de la placa Raspberry porque cumple con la potencia en funcionalidades requeridas para llegar a los objetivos del trabajo planteado. Por otro lado, el sistema operativo fue seleccionado por el beneficio que proporciona la versión del mismo de tener integrada la interfaz gráfica, las actualizaciones de las dependencias de Linux y todo el software necesario para poder entrar en la instancia de programación de la placa. A excepción de la librería “pigpio” de Python, la cual se

tuvo que proceder a instalar para hacer funcionar el módulo DHT22.

Para la selección de los servicios proporcionados en la nube, se optó por la aplicación web ThingSpeak. Debido a su amigable interfaz de usuario, la variedad de gráficos que se pueden crear gracias a los algoritmos de MATLAB mediante los datos recibidos de los sensores. Otra característica es la opción de poder exportar esos datos almacenados en diferentes formatos como JSON, XML o CSV con el objetivo de utilizarlos para otros propósitos como puede ser almacenarlos en otra base de datos o localmente. Y finalmente su relativamente sencilla configuración para alojar los datos en la nube o cloud mediante el uso de una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) y el método de solicitud POST del protocolo HTTP a comparación de los protocolos IoT utilizados por los Servicios Web de Amazon (AWS) como MQTT. En donde las configuraciones son más complejas y requieren una investigación más profunda para su implementación.

5.- Conclusión

Los resultados del proyecto permiten extraer las siguientes conclusiones: la estación meteorológica desarrollada permite sensar los datos de temperatura y humedad y a su vez compartir la información en la nube en tiempo real, bajo la plataforma ThingSpeak. Esta plataforma es recomendable para todo aquel interesado en iniciarse en IoT, ya que dispone de una interfaz muy amigable con todos los mecanismos y tecnologías necesarios para usuarios que busquen monitorizar desde cualquier dispositivo embebido. En cuanto al hardware, Raspberry Pi B permite conocer su configuración, funcionalidad y sus amplios alcances para proyectos educativos o prototipos, adoptados a diferentes sensores como en el caso de la utilización del modulo DHT22.

Referencias

- [1]:http://www.ceditec.etsit.upm.es/index.php?option=com_content&view=article&id=21808&Itemid=1439&lang=es. Junio 2017
- [2]:<https://www.mathworks.com/solutions/internet-of-things.html>. Junio 2017
- [3]:<http://www.circuitoselectronicos.org/2007/10/el-protoboard-tableta-de-experimentacin.html>. Junio 2017
- [4]:<http://www.raspberrypi-projects.com/pi/pi-hardware/raspberrypi-model-b/model-b-io-pins>. Junio 2017
- [5]:<http://www.iobridge.com/>. Junio 2017
- [6]:http://elinux.org/RPi_Hardware. Junio 2017
- [7]:<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian>. Junio 2017
- [8]:<https://thingspeak.com>. Junio 2017
- [9]:<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>. Junio 2017
- [10]:<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>. Junio 2017

COMUNICACIÓN Y DIAGNÓSTICO AUTOMOTRIZ CON ESCENARIOS FISICOS Y SIMULADOS

Pereyra, Leonel¹; Galdeman, Nelson¹; Morales, Martin^{1,2}; Encinas, Diego^{1,3}

¹Instituto de Ingeniería y Agronomía - Universidad Nacional Arturo Jauretche

²Unidad CodApli - Facultad Regional La Plata - UTN

³Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - Facultad de Informática - UNLP - Centro Asociado CIC

leonelezequielp@gmail.com, nelsongaldeman@gmail.com, {martin.morales, dencinas}@unaj.edu.ar

Abstract: En este trabajo se diseñó e implementó un prototipo de un sistema de captura de datos mediante la tecnología OBDII que proveen los vehículos. Mediante la utilización de Arduino, fue posible leer distintos datos del vehículo e interpretarlos para ser almacenados en una tarjeta SD, o enviarlos mediante bluetooth hacia un dispositivo con display (teléfono celular, computadora, etc.) para la lectura en tiempo real de los mismos. A su vez, se realizó la simulación de los datos emitidos por un vehículo mediante un videojuego, para comprobar el funcionamiento del prototipo. Finalmente, los datos obtenidos en los escenarios real y simulado fueron cotejados entre sí.

Palabras claves: Comunicación, Simulación, Diagnóstico automotriz.

1.- Introducción

El Sistema de Diagnóstico a Bordo (On Board Diagnostics, OBD) [1], es un sistema incorporado en los vehículos desde mediados de los 90 el cual, en sus orígenes, tenía como objetivo el brindar información del funcionamiento del motor y otros componentes internos como consumo, emisiones de gases al ambiente, etc. Con el correr de los años, se han ido incorporando nuevas funcionalidades que permiten que no solo provea datos del funcionamiento, sino que involucra diferentes sensores y actuadores. De esta forma, se ofrece al

usuario una experiencia de manejo más confortable y adaptada a cada contexto en particular, además de una mayor eficiencia en el rendimiento del vehículo.

El estándar OBD-II especifica el tipo de conector de diagnóstico y sus pines, los protocolos de señalización eléctrica disponible, y el formato de los mensajes [2].

Uno de los objetivos principales de este trabajo es desarrollar una herramienta de bajo costo, que permita realizar diagnósticos y comparaciones entre diferentes situaciones de manejo para obtener información sobre las relaciones más eficientes de utilización de un determinado vehículo. Pudiéndose a su vez, aplicar este prototipo a grandes flotas automotores para reducir costos en su uso diario, informar sobre malas conductas de manejo, prevenir accidentes o roturas mayores evaluando el estado de los componentes en el día a día, entre otras posibilidades.

2.- Herramientas

Para este proyecto se utilizaron diferentes tecnologías, desde la perspectiva del automotor: OBDII y la

interfaz de comunicación ELM-327 Bluetooth. Para la recepción y transducción de los datos desde el vehículo: Arduino Mega 2560 y módulo Bluetooth HC-05. Distintos celulares con Android 5.0 en adelante para la lectura en tiempo real de los datos, así como también un sistema desarrollado en C# para el mismo fin, pero que obtiene los datos mediante USB desde el Arduino. Finalmente, un vehículo simulado que fue desarrollado en Python, y un Volkswagen Gol 2012.

3.- Desarrollo

Para llevar a cabo la implementación de este nuevo prototipo de lectura de datos, se diseñó la arquitectura de funcionamiento, desde la emisión de los datos de la computadora del vehículo mediante la interfaz de comunicación Bluetooth ELM-327 hacia el receptor Bluetooth HC-05 incorporado al Arduino Mega 2560. En dónde en este

punto se contó con dos opciones: la primera es guardar los datos recibidos en un archivo de texto plano para una posterior lectura y análisis; y la segunda opción es enviarlos mediante otro módulo bluetooth incorporado al Arduino (es decir, contaría con dos módulos Bluetooth), hacia un dispositivo de lectura de datos, ya sea un teléfono celular o una computadora que cuente con esta tecnología. El bajo costo y consumo que presenta la tecnología Arduino, sumado a la posibilidad de leer los datos desde cualquier teléfono celular con Android 5.0 o superior, lo hace un aliado esencial para este tipo de proyectos.

En la Figura 1 se observa el esquema de conexión que presenta el conector OBDII de la interfaz ELM-327 [3]. Por otro lado, en la figura 2, se puede ver el esquema de cómo interactúan los diferentes componentes del sistema.

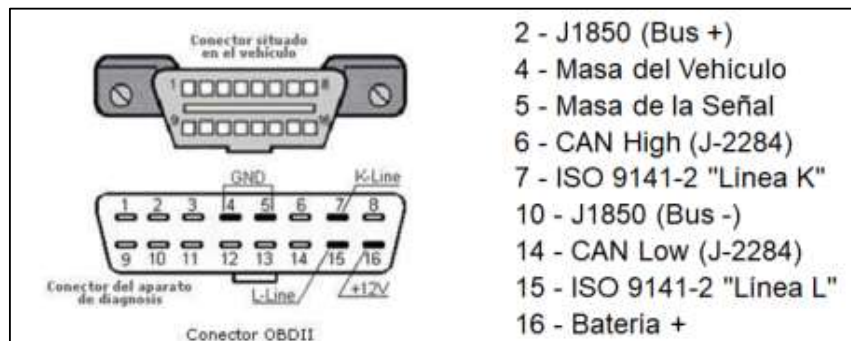


Figura 1. Esquema de conexión del conector OBDII

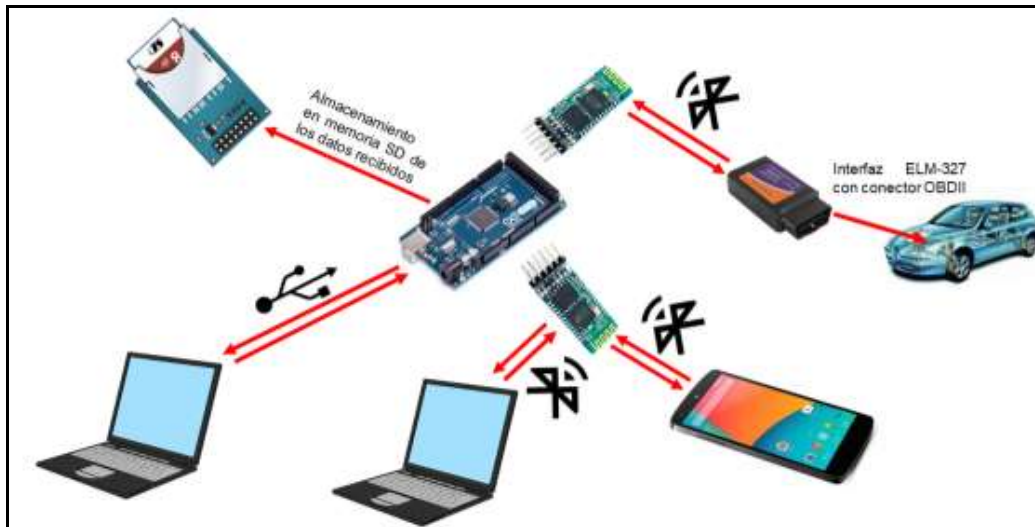


Figura 2. Interacción entre los diferentes componentes del sistema

La primera sección del esquema es común a cualquiera de los caminos que se desee tomar luego de obtenidos los datos. La interfaz ELM-327 se conecta directamente al vehículo en el conector OBDII que frecuentemente se encuentra debajo del volante, junto con los fusibles del vehículo. Esta interfaz es la encargada de permitir establecer comunicación entre la computadora de a bordo y la placa Arduino. A su vez, El estándar ISO 14229 plantea la utilización del UDS (Unified Diagnostic Services, o Servicios de Diagnósticos Unificados, en español) [4] [5], el cual es un protocolo de comunicaciones que funciona sobre la capa de aplicación y es una evolución de los estándares ISO 14230 (KWP2000, Key Word Protocol 2000) [6] [7] [8] [9], ISO 15765-3 (Diagnósticos sobre CAN) [10], y la especificación ISO 14765-2 (GMLAN, de General Motors). El objetivo de UDS es facilitar la

comunicación entre un cliente (computadora o dispositivo de lectura de datos, como podría ser un celular) y un servidor (computadora de a bordo del vehículo) conectados a un sistema de buses. UDS funciona sobre el protocolo ISO-TP cuando el medio físico es un bus CAN, y sobre DoIP (ISO 13400) cuando funciona sobre ethernet. De esta manera, la placa Arduino solo deberá manejar un tipo de datos, ya que la interfaz hará transparente cualquiera de los tipos de datos que utilice la computadora de a bordo del vehículo, ya sean sobre un bus CAN, FR, IP, K-Line o LIN [11] [12].

Para establecer la conexión, primero se debe colocar el módulo Bluetooth HC-05 en modo AT para configurar todos los parámetros necesarios, como se puede ver en la Figura 3. Luego, se hace la solicitud de los datos a la interfaz ELM-327 (en este caso, se solicitan las RPM del vehículo, mediante el código "010C"), mostrado en la Figura 4.

```
251 BTcommand("AT",1000);
252 //los dos comandos siguientes resetean los parámetros de fábrica del módulo BT
253 BTcommand("AT+RESET",1000);
254 BTcommand("AT+ORGL",1000);
255 //desempareja cualquier dispositivo
256 BTcommand("AT+RMAAD",1000);
257 //establece la password que se usará en la conexión
258 BTcommand("AT+PSWD=1234",1000);
259 //pone el módulo en modo MASTER
260 BTcommand("AT+ROLE=1",1000);
261 BTcommand("AT+CMODE=0",1000);
262 //se hace el bind con el dispositivo con la MAC address del escanner OBD
263 BTcommand("AT+BIND=1D,A5,68988C",1000);
264 BTcommand("AT+INIT",1000);
265 //finalmente se hace el link con el escanner OBD
266 BTcommand("AT+LINK=1D,A5,68988C",5000);
```

Figura 3. Configuración y conexión entre módulo Bluetooth HC-05 y OBDII

```
void obd_init() {
    obd_error_flag = false; // obd error flag is false

    send_OBD_cmd("ATZ"); //send to OBD ATZ, reset
    delay(1000);
    send_OBD_cmd("ATSP0"); //send ATSP0, protocol auto
    delay(1000);
    send_OBD_cmd("0100"); //send 0100, retrieve available pid's 00-19
    delay(1000);
    send_OBD_cmd("0120"); //send 0120, retrieve available pid's 20-39
    delay(1000);
    send_OBD_cmd("0140"); //send 0140, retrieve available pid's 40-??
    delay(1000);
    send_OBD_cmd("010C"); //send 010C1, RPM cmd
    delay(1000);
}
```

Figura 4. Solicitud de los datos a la interfaz ELM-327

Llegada a esta instancia, y mediante otros segmentos de código en Arduino, se indica que cada vez que haya algún dato disponible, este sea analizado para saber a qué tipo de dato pertenece. Cabe mencionar que el formato de los mensajes recibidos será, por defecto, del tipo "41XX DD", donde el primer byte o par hexadecimal, en caso de ser satisfactoria (es decir, que no se produjo ningún error), siempre será el par "40" + el modo de petición, en este caso el modo es "01", entonces el primer par que se debería recibir, será el "41". El segundo par ("XX"), será el PID que se envía en la petición, en este caso, "0C", haciendo referencia a las RPM; y el resto de los valores que entregue la respuesta, será determinado según cada PID: para el PID correspondiente a las RPM, los bytes referentes a los datos actuales,

serán 2, también en pares hexadecimales [13] [14].

Por otro lado, la fórmula para interpretar los bytes de respuesta y convertirlos a valores decimales para poder leerlos fácilmente, se realiza mediante distintos desplazamientos en el código Arduino. La fórmula para convertir los datos de las RPM se indica cómo "(256A+B)/4", donde A es el byte más significativo y B el menos significativo de la respuesta. Por otro lado, la velocidad solo devuelve un byte (A), el cual simplemente se debe convertir a decimal tal cual llega, sin aplicar ninguna fórmula.

Una vez en esta instancia, existen varias formas de continuar según se observa en el esquema de la Figura 2. Por lo tanto, se explicarán los diferentes caminos por separado.

3.1.- Almacenamiento en SD

La alternativa más sencilla al recibir e interpretar los datos, es guardarlos en un archivo de texto plano mediante el módulo micro SD Arduino, el cual provee las librerías para la lectura/escritura dentro de una tarjeta micro SD. Los datos deberían tener un formato estándar, para poder cotejarlos luego entre ellos. En este caso se ha decidido que serán almacenados con el formato “Hora, Velocidad, RPM”.

3.2.- Lectura en tiempo real de los datos mediante computadora vía USB

Se ha desarrollado en C# la simulación de un tablero de automóvil con un velocímetro y un tacómetro, para observar en tiempo real el comportamiento de los datos. El cual a su vez también almacena los datos en un archivo .csv para realizar exámenes a posteriori. En la Figura 5 se puede observar una captura de como se ve el tablero.

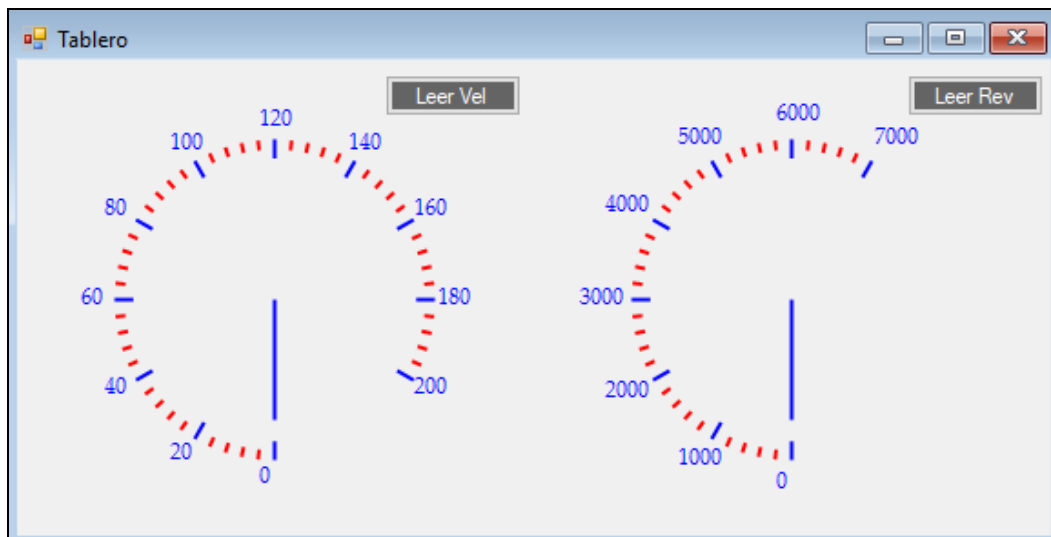


Figura 5. Tablero de lectura de datos

3.3.- Lectura en tiempo real de los datos mediante dispositivos vía Bluetooth

Por otro lado, es posible también ver los datos en tiempo real desde cualquier dispositivo que cuente con tecnología Bluetooth, ya sea una computadora, un teléfono celular, etc.

Para esta tecnología no se desarrollaron aplicaciones de lectura, ya que cualquier monitor serial Bluetooth de los que se encuentran disponibles, por ejemplo, en la tienda Play Store de Android, es

compatible para recibir los datos del transmisor Bluetooth del Arduino.

4.- Análisis y comparativa de los datos

Como se ha mencionado anteriormente, para realizar las pruebas se utilizó un vehículo simulado en Python, y un Volkswagen Gol modelo 2012. De ambos se relevaron los datos referentes a la velocidad y las RPM del motor.

Las medidas realizadas en los dos casos se muestran cotejadas entre sí en la Figura 6 (las velocidades del vehículo

simulado y el VW Gol) y en la Figura 7

(las RPM de ambas mediciones).

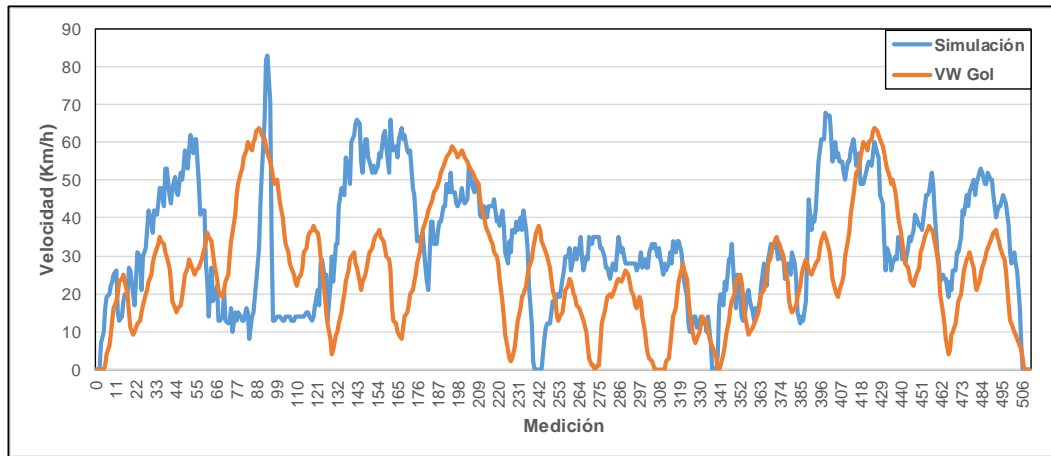


Figura 6. Comparación de las mediciones de velocidad

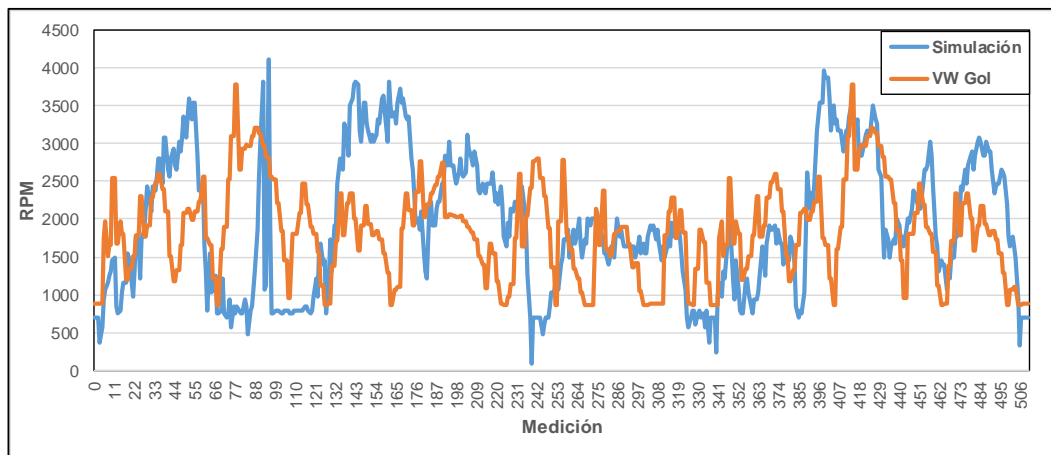


Figura 7. Comparación de las mediciones de las RPM

Como se puede observar, en ambos casos, los gráficos muestran consistencia en la comparativa de los datos obtenidos, presentando una relación similar entre velocidad y RPM de cada uno de los vehículos. De todas formas, es válido destacar que los datos no necesariamente deben ser los mismos entre el vehículo simulado, y el real, ya que ambos tienen comportamientos diferentes, así como también obtendríamos diferentes rendimientos si obtuviéramos los datos de un tercer vehículo.

Lo que asegura realizar el desarrollo del vehículo simulado, es que los datos se obtienen de forma correcta, y a su vez,

disminuye el costo del período de prueba, así como también, la posibilidad de realizarlas la cantidad de veces que fueran necesarias, sin tener que contar con la disponibilidad de un vehículo físico. Una vez que todas las pruebas fueron realizadas en la etapa de desarrollo, y corroborado que los datos obtenidos eran acordes a lo que se esperaba en cuanto a cantidad de datos, formato y rendimiento del dispositivo, se realizaron las pruebas en el vehículo real, en este caso, el VW Gol.

La cantidad de datos obtenidos corresponden a un período de aproximadamente dos minutos y medio.

5.- Conclusión

Los resultados de las pruebas que fueron plasmadas en este artículo fueron, respecto del objetivo inicial, satisfactorio. Ya que se logró desarrollar el dispositivo que permite realizar el relevamiento de los datos que resulten necesarios según el caso para analizar el rendimiento de cualquier vehículo.

Independientemente de que no es necesario que las mediciones coincidieran, el hecho de que haya cierta concordancia muestra que los datos tienen un buen nivel de fidelidad. Si se realizaran mediciones de más automóviles, y se volcaran los datos en los gráficos anteriores, se podrían cotejar los rendimientos de los automóviles en cuestión para saber, por ejemplo, que automóvil alcanza una determinada velocidad con la menor cantidad de RPM. Y a su vez, quién en esa relación de velocidad-RPM consume la menor cantidad de combustibles. Un posible trabajo futuro es desarrollar una aplicación que permita al usuario solicitar de una forma sencilla (tal como lo hace el tablero de velocidad y revoluciones, en el cual solo basta con apretar un botón para que comience a leer los datos) el estado de los diferentes componentes del vehículo para corroborar que todo funcione de forma correcta. Y que contenga un registro de los últimos chequeos realizados, en donde se detalle si ha ocurrido algún fallo en el último tiempo, lo cual representaría una ventaja ya que los costos de reparación del vehículo serán menores si el problema se detecta a tiempo.

Referencias

[1] “OBD Communication Standard” – Outils OBD Facile – Automotive Electronic

Diagnostic – (Consultado en <https://www.outilsobdfacile.com/communication-norm-obd.php> en Octubre 2017)

[2] McCord, K., “Automotive Diagnostic Systems: Understanding OBD-I & OBD-II. S-A Design Workbench Series, CarTech” (2011)

[3] “ELM 327 – OBD to RS232 Interpreter”, ELM Electronics, (Marzo 2014) – (Consultado en <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM327DS.pdf> en Octubre 2017)

[4] “Road Vehicles – Unified Diagnostic Services (UDS) – Part 1: Specification and requirements”, International Standard ISO 14229-1, segunda edición (Marzo, 2013)

[5] “Diagnose 2011 ff. / Diagnostics 2011 ff.” – 5 Vector Congress, Stuttgart (Diciembre, 2010)

[6] “SSF 14230 Road Vehicles – Diagnostic Systems”, Swedish Implementation Standard (Abril, 1997)

[7] “ISO/DIS 14230-2 Road Vehicles – Diagnostic Systems – Keyword Protocol 2000 – Part 2: Data Link Layer”, International Standard ISO 14230 (Diciembre, 1996)

[8] “ISO/DIS 14230-3 Road Vehicles – Diagnostic Systems – Keyword Protocol 2000 – Part 3: Implementation”, International Standard ISO 14230 (Diciembre, 1996)

[9] “ISO 14230-4 Road Vehicles – Diagnostic Systems – Keyword Protocol 2000 – Part 4: Requirements for emission-related systems”, International Standard ISO 14230, primera edición (Junio, 2000)

[10] “ISO 15765-2 – ISO-TP” – (Consultado en https://es.wikipedia.org/wiki/ISO_15765-2 en Octubre, 2017)

[11] “El OBDII Completo/Protocolos/Lista SAE ISO” – (Consultado en https://es.wikibooks.org/wiki/El_OBDII_Completo/Protocolos/Lista_SAE_ISO en Octubre 2017)

[12] “Diagnostic Communication of Vehicles” – BOSCH – Electronic Transmission Control Electronic Transmission Control GS-TC/ENC-Bp, Pirooska, László (Marzo, 2017)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[13] “ISO 15031-5 Road Vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emission-related diagnostics – Part 5: Emission-related diagnostics services”, International Standard ISO 15031 (Octubre, 2006)

[14] “ISO 15031-7 Road Vehicles – Communication between vehicle and external equipment for emission-related diagnostics – Part 7: Data-link security”, International Standard ISO 15031, primera edición (Marzo, 2001)

Beneficios de implementar VNF junto a Cloud Computing

Acosta Carneiro, Diego Martín; Campos, Lautaro; Enríquez, Laura Sofía;
Fernández, Diego; Jolibois, Julián; Marcón, Matías; Monti, Pablo.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Funciones de red virtualizadas representan un paso adelante para los diversos interesados en el entorno de telecomunicaciones. Como tal, NFV [1] introduce una serie de diferencias en la forma en que se realiza el aprovisionamiento de servicios de red en comparación con la práctica actual.

*En resumen, estas diferencias pueden estar listado como: **desacoplamiento de software del hardware** (los elementos de red son independientes al Software y Hardware. Esto permite que al software progresar por separado del hardware, y viceversa), **despliegue flexible de la función de red** (la separación del software del hardware ayuda a reasignar y compartir los recursos de la infraestructura, por lo que, en conjunto, el hardware y el software, pueden realizar diferentes funciones en distintos momentos. De esta forma, la instanciación del software de la función de red real puede volverse más automatizada. Tal automatización aprovecha las diferentes tecnologías de nube y red actualmente disponibles) y **operación dinámica** (el desacoplamiento de la funcionalidad de red en componentes de software instaurables proporciona una mayor flexibilidad para escalar el rendimiento real de VNF de una manera más dinámica y con granularidad más fina).*

Palabras Clave

VNF - Cloud computing - Redes - ETSI - NFV

Introducción

El presente trabajo se propone indagar acerca de los beneficios que aporta la implementación de Funciones de Red Virtualizada (VNF según sus siglas en inglés) junto a una infraestructura cloud.

Con este fin nos proponemos establecer primeramente que la incorporación de VNF busca transformar la forma en que se operan redes, generando un nuevo parámetro en virtualización de tecnología,

evitando el uso de equipos de red con propósito específico [3] y generando una infraestructura estándar para trabajar funciones de red.

Este nuevo concepto implica la implementación de funciones de red con software. Estas deben poder ser implementadas en un amplio rango de equipos hardware sin importar la compañía que los distribuya, ya sea Datacenter, nodos de red o en el equipamiento del usuario.

Este cambio de paradigma fue encabezado por organizaciones líderes en Telecomunicaciones junto con ETSI [2]. Este último las estandarizó en noviembre del 2012.

A partir del ya mencionado objetivo de este trabajo se vuelve necesario tener presente, durante el desarrollo del mismo, la capacidad, los beneficios y la consecuente rentabilidad económica de implementar VNF en un entorno cloud.

Para cumplir con dicho objetivo el trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 1.1, se propone exponer los problemas que el nuevo paradigma desea solucionar; en la sección 1.2, se presentan las características principales de las VNFs y sus componentes; en la sección 1.3, se detalla los beneficios de su implementación en cloud computing; en la sección 1.4, se enumeran las distintas formas de implementar VNF en un sistema; en la sección 1.5, se detallan limitaciones de este tipo de implementaciones.

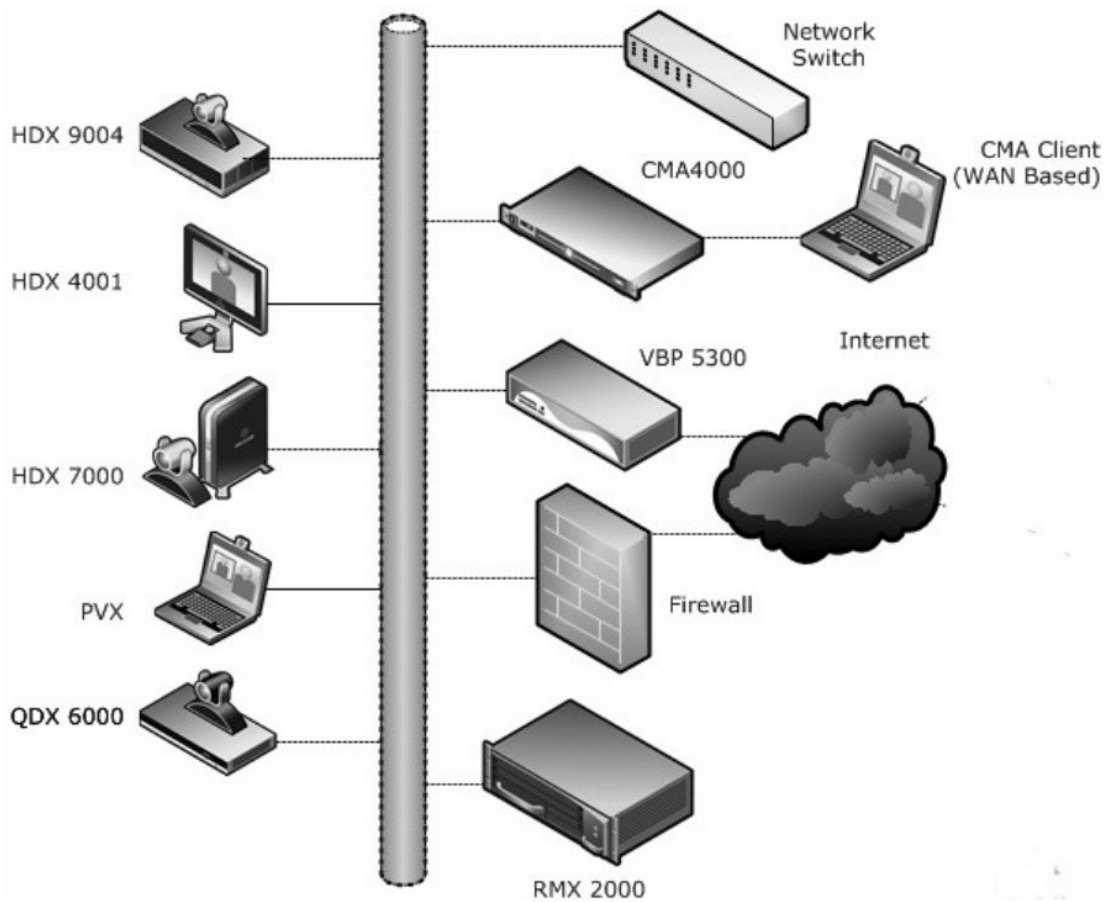


Figura 1. Arquitectura sin VNFs

Finalmente, se detallan las conclusiones y futuras líneas de trabajo en la sección “Discusión”, además de exponer resultados.

1.1 Paradigma

Los operadores de red utilizan una gran variedad de dispositivos de hardware patentados. En la cotidianidad, incorporar un nuevo servicio de red a menudo requiere encontrar el espacio físico y la instalación adecuada. Muchas veces la innovación en esta área las vuelve incompatibles con versiones anteriores por lo que se vuelve cada vez más difícil **escalar** la arquitectura de red.

Además, los ciclos de vida del hardware son cada vez más cortos a medida que se acelera la innovación tecnológica y de servicios, lo que inhibe el despliegue de nuevos servicios de red que generan ingresos y restringe la innovación en un mundo conectado cada vez más centrado en redes.

En cambio, las Funciones de Red Virtualizadas tiene como objetivo resolver estos problemas aprovechando la virtualización estándar. De esta manera consolidar distintos tipos de equipos de red en servidores y conmutadores. Los mismos podrían ubicarse en centros de datos, nodos de red y en las instalaciones del usuario final.

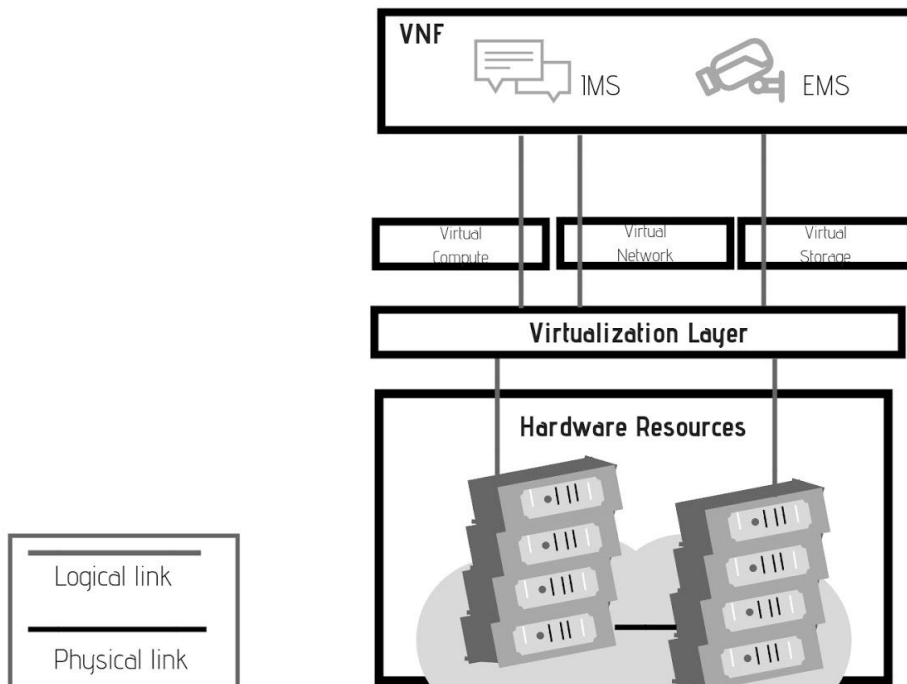


Figura 2. Simplificación de una arquitectura VNF

La virtualización de las funciones de red es aplicable a cualquier función de plano de control [4] y procesamiento de paquetes de plano de datos [5] en infraestructuras de redes fijas y móviles.

1.2 Características

En esta sección explicaremos los componentes que se relacionan en este tipo de arquitectura:

1.2.1 NFVI

Infraestructura NFV (del inglés NFV Infrastructure) proporciona los recursos físicos reales y el software correspondiente en el que se pueden implementar los VNF.

Esto es posible gracias a que crea una capa de virtualización que se encuentra justo encima del hardware (HW) y abstrae los recursos HW, por lo que pueden dividirse de forma lógica y proporcionarse a la VNF para realizar sus funciones.

NFVI trabaja con servidores (tanto virtuales como bare metal entre otros) y software, hipervisores, máquinas virtuales y administradores de infraestructura virtual (de su sigla en inglés VIM) para habilitar la capa de red física y virtual.

Los estándares NFVI ayudan a aumentar la interoperabilidad de los componentes de las funciones de red virtual y apuntan a habilitar entornos de múltiples proveedores.

NFVI también es fundamental para construir redes más complejas sin

limitaciones geográficas de arquitecturas de red tradicionales.

1.2.2 NFV MANO

Su objetivo principal evitar el caos que puede generarse en la administración de componentes de la red.

NFV MANO se divide en tres bloques funcionales:

1. **NFV Orchestrator:** responsable de la incorporación de nuevos paquetes de servicios de red (NS) y de función de red virtual (VNF); Gestión del ciclo de vida NS; gestión global de recursos; validación y autorización de solicitudes de recursos de infraestructura de virtualización de funciones de red (NFVI)
2. **VNF Manager:** supervisa la administración del ciclo de vida de las instancias de VNF.
3. **Administrador de infraestructura virtualizada (VIM):** controla y administra los recursos de computación, almacenamiento y red de NFVI.

La capa MANO funciona con plantillas para VNF estándar y ofrece a los usuarios la posibilidad de seleccionar y elegir recursos existentes de NFVI para implementar a su plataforma o elemento.

1.2.3 EMS

El sistema de gestión de elementos (EMS) en una implementación de virtualización de funciones de red (NFV) proporciona la gestión de VNF y los elementos de red físicos (PNE). El administrador de VNF notifica al EMS que necesita proporcionar administración de elementos para un nuevo VNF o PNE.

1.2.4 SDN

En este punto se nos vuelve necesario destacar que la virtualización de las funciones de red es altamente complementaria a las redes definidas por software (SDN). Estos temas son mutuamente beneficiosos pero no dependen el uno del otro. Las funciones de red se pueden virtualizar y desplegar sin necesidad de una SDN y viceversa.

1.3 Beneficios

Las funciones de red virtualizadas ofrecen muchos beneficios, entre los que se pueden identificar los siguientes:

- Aumento de la velocidad del “Time to Market”[6] minimizando el acostumbrado ciclo de innovación de los operadores de red.

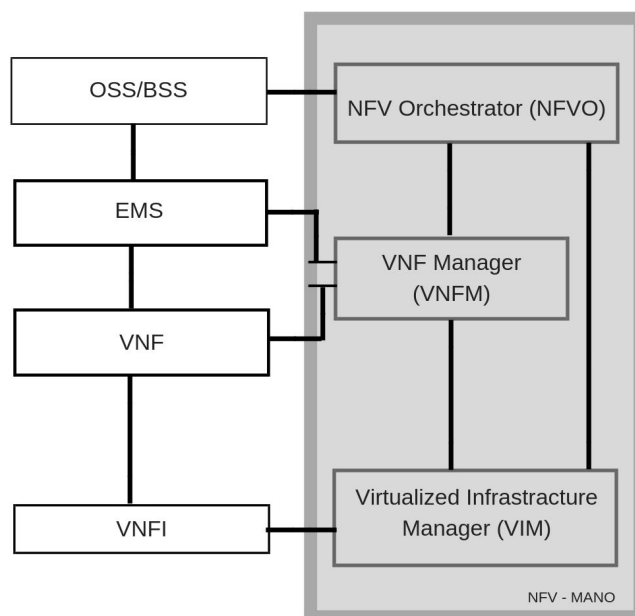


Figura 3. Componentes de una arquitectura VNF conectados

- Disponibilidad de multi-version[7] y multi-tenancy[8], que permite el uso de una única plataforma para diferentes aplicaciones, usuarios y arrendatarios. Esto permite a los operadores de red compartir recursos entre servicios y en diferentes bases de clientes.
- Posibilita la introducción de servicios dirigida (Targeted service) basada en los posicionamientos geográficos, o bien, en conjuntos de clientes. Los servicios se pueden ampliar o reducir rápidamente según sea necesario.
- Abre el mercado de dispositivos virtuales para los principiantes de software, los pequeños emprendimientos y la academia, fomentando más innovación para traer nuevos servicios y nuevas fuentes de ingresos rápidamente a un riesgo mucho menor.

1.4 Implementación

Es posible aplicar funciones de red virtualizadas a cualquier plano de procesamiento, control de paquetes de plano de datos, función en redes móviles y fijas. Como pueden ser:

- Elementos de conmutación: BNG, CGNAT, enrutadores.
- Nodos de red móvil: HLR / HSS, MME, SGSN.
- Funciones contenidas en enrutadores domésticos y decodificadores para crear entornos domésticos virtualizados.
- Puertas VPN IPSec / SSL.
- Análisis de tráfico: DPI, medición de QoE.
- Señalización NGN: SBCs, IMS.
- Funciones convergentes y de toda la red: servidores AAA, control de políticas y plataformas de carga.

- Optimización de nivel de aplicación: CDN, servidores de caché, equilibradores de carga, aceleradores de aplicaciones.
- Funciones de seguridad: firewall, escáneres de virus, sistemas de detección de intrusos, protección contra correo spam.

1.5 Limitaciones

Para aprovechar estos beneficios, hay una serie de desafíos técnicos que deben abordarse:

- Dentro del desafío de implementar VNF está lograr que estos dispositivos de red virtualizados de alto rendimiento sean portables entre diferentes proveedores de hardware y con diferentes hipervisores.
- Lograr la coexistencia con plataformas de red basadas en hardware.
- Gestionar y orquestar muchos dispositivos de red virtual mientras se garantiza la seguridad frente a ataques y configuraciones erróneas.
- Las VNFs solo se escalan si todas las funciones se encuentran automatizadas.
- Garantizar el nivel adecuado de resistencia a fallas de hardware y software.
- Integración de varios dispositivos virtuales de diferentes proveedores. Los operadores de red deben ser capaces de "mezclar y combinar" hardware de diferentes proveedores, hipervisores de diferentes proveedores y dispositivos virtuales de diferentes proveedores sin incurrir en costos significativos de integración y evitar el lock-in.

Resultados

En NFV, un VNF es un paquete de software que implementa tales funciones de red.

Además de la perspectiva de la arquitectura NFV de alto nivel, la arquitectura del software VNF en sí misma requiere más estudio.

La virtualización nos presenta una oportunidad de diseño de software modular y más delgado de las NF monolíticas convencionales. Un VNF se puede descomponer en módulos funcionales más pequeños para escalabilidad, reutilización y/o respuesta más rápida.

Discusión

El presente documento identifica lo que está en el alcance de ETSI NFV. Además, destaca cuestiones abiertas que requieren un estudio más a fondo que son clave para alcanzar el objetivo de NFV de realizar redes virtuales a nivel operador.

Muchos de los puntos de referencia, tecnologías y componentes identificados en el presente documento están disponibles en la actualidad. Por lo tanto, es importante para NFV identificar brechas en los estándares y especificaciones existentes para ayudar a la industria a llenar esos vacíos. De esta manera, la arquitectura NFV recomienda que las soluciones se ensamblen de manera consistente y reutilizable, permitiendo economías de escala y una innovación más rápida de los servicios de red.

El rendimiento y la escalabilidad son importantes también, ya que la implementación de un VNF puede tener una capacidad por instancia menor que la de una función de red física correspondiente en hardware dedicado.

Por lo tanto, se necesitan métodos para dividir la carga de trabajo en muchas instancias de VNF distribuidas / agrupadas. También se pueden considerar métodos eficientes de rendimiento para implementar instancias de VNF en la infraestructura de NFV.

Es necesario estudiar cómo minimizar la degradación del rendimiento al tiempo que

se mantiene la portabilidad de las instancias de VNF en una infraestructura de NFV heterogénea compuesta de diversos recursos de capa de virtualización y hardware.

Conclusión

El nuevo paradigma VNF busca transformar la manera en que se operan las redes.

El mismo proporciona la posibilidad de implementar funciones de red en un amplio rango de equipos hardware y IaaS sin importar la compañía que los distribuya.

El paradigma tiene como finalidad generar así una infraestructura estándar para trabajar en funciones de red y reducir el tiempo Time To Market.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco de la cátedra “Análisis de Sistemas”, segundo año de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires (<http://www.sistemas.frba.utn.edu.ar/>). Agradecemos a nuestros profesores los Ingenieros Laura Recchini y Ramiro Garbarini.

Referencias

- Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). VNF: An Introduction, Benefits, Enablers, Challenges & Call for Action. Darmstadt-Germany. October 22-24, 2012 at the “SDN and OpenFlow World Congress”. Disponible en: https://portal.etsi.org/NFV/NFV_White_Paper.pdf
- Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). “Network Operator Perspectives on Industry Progress”. Darmstadt-Germany. October 14-17, 2014 at the “SDN and OpenFlow World Congress”. Disponible en: https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/NFV/Docs/NFV_White_Paper3.pdf
- Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). “Network Operator Perspectives on Industry Progress”. Darmstadt-Germany. October 14-17, 2013 at the “Network Functions Virtualisation(NFV); Architectural

- Framework”. Disponible en:
https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/nfv/001_099/002/01.01.01_60/gs_nfv002v010101p.pdf
- SDXcentral Magazine. “What is NFV MANO?”. Disponible en:
<https://www.sdxcentral.com/nfv/definitions/nfv-mano/>
 - SDXcentral Magazine. “What Is NFV Infrastructure (NFVI)? Definition”. Disponible en:
<https://www.sdxcentral.com/nfv/definitions/nfv-infrastructure-nfvi-definition/>

Notas a pie de página

[1]: La virtualización de funciones de red, denominada **NFV** (por sus siglas en inglés, Network Function Virtualization), es un marco de referencia general relacionado con la arquitectura de redes, orientado a virtualizar diferentes elementos dentro de las mismas.

[2]:

<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/nfv>

[3]: VNF, del inglés Virtual Network Functions.

[4]: Del inglés Control Plane. Las funciones del plano de control, como la participación en los protocolos de enrutamiento, se ejecutan en el elemento de control arquitectónico.

[5]: Del inglés “Data plane”. El plano de datos permite la transferencia de datos hacia y desde los clientes, maneja múltiples conversaciones a través de múltiples protocolos y gestiona las conversaciones con pares remotos. El tráfico del avión de datos viaja a través de enrutadores, en lugar de hacia o desde ellos.

[6]: Del inglés: tiempo de incorporación al mercado.

[7]: multi-version. El control de concurrencia mediante versiones múltiples (Multiversion concurrency control o MVCC) es un método para control de acceso generalmente usado por SGBDs para proporcionar acceso concurrente a los datos, y en lenguajes de programación para implementar concurrencia.

[8]: multi-tenancy o Tenencia múltiple o multi tenencia en informática corresponde a un principio de arquitectura de software en la cual una sola instancia de la aplicación se ejecuta en el servidor, pero sirviendo a múltiples clientes u organizaciones (tenedor o instancia).

Datos de Contacto:

- *Acosta Carneiro, Diego Martín.* UTN-FRBA. diegoacosta127@gmail.com
- *Campos, Lautaro.* UTN-FRBA. Lauta.isa.campos@gmail.com
- *Enriquez Laura Sofía.* UTN-FRBA. lsafia.enriquez@gmail.com
- *Fernández, Diego.* UTN-FRBA. diego.e.fernandez97@gmail.com
- *Jolibois, Julián.* UTN-FRBA. julianjolibois@gmail.com
- *Marcón, Matías.* UTN-FRBA. Mibymmr1@gmail.com
- *Monti, Pablo.* UTN-FRBA. pmonti@est.frba.utn.edu.ar

Terminators, Inteligencia Artificial y Unity3D: Los motores de videojuegos como herramientas para mejorar el aprendizaje sobre agentes inteligentes.

**Amarillo, Leandro Nicolás
Bernal, Germán Ignacio
Paradiso, Luciano**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Abstract

Los motores de videojuegos como una posible herramienta para acompañar el aprendizaje de los alumnos en la cátedra de inteligencia artificial, mejorando la visualización de los resultados y reduciendo el tiempo requerido para obtener interfaces ricas que provean mejor feedback.

En este trabajo se expone sobre el desarrollo de una herramienta basada en el motor de videojuegos Unity3D que encapsula el framework FAIA para la creación de agentes basados en búsqueda.

Palabras Clave

Inteligencia artificial, agente, búsqueda, videojuegos, video juegos, unity, faia.

Introducción

Este documento surge del trabajo práctico de cursado de alumnos de la cátedra de Inteligencia Artificial, de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información perteneciente a la Universidad Tecnológica Nacional.

La tarea consistía en construir un agente inteligente basado en búsqueda, para comprender como este se relaciona con el mundo en cual se desenvuelve y cómo utiliza las técnicas vistas en clases para tomar las decisiones sobre las acciones que puede emprender.

Para la realización se utilizó un framework llamado FAIA, desarrollado desde la universidad, que brinda una estructura con la cual resolver el problema.

Si bien esta herramienta permite ver el árbol de decisiones del agente, la problemática constante durante el desarrollo fue que el feedback proporcionado nos resultaba muy poco visual, y no solo a nosotros, ya que

varios compañeros tuvieron dificultades similares.

Debido a esto al momento de desarrollar la interfaz gráfica, y en lugar de desarrollar una solución completamente propia que nos llevaría más tiempo del disponible, decidimos utilizar como base el motor de videojuegos gratuito Unity3D que permite de forma sencilla desarrollar interfaces poderosas y en muy poco tiempo.

Como resultado de nuestro desarrollo se obtuvo una herramienta que, encapsulando el framework FAIA, puede leer los resultados obtenidos y construir una representación visual del entorno de manera automática. Además, también recibe todos los movimientos del agente y permite reproducirlos en el ambiente de manera automática o paso a paso.

Creemos que esta iniciativa puede ayudar a estudiantes futuros, ya que permite de manera sencilla conectarse con FAIA y mejorar sus capacidades gráficas para la visualización. Además, como consecuencia de la herramienta utilizada, permite agregar el componente lúdico al trabajo el cuál sirve de motivación para los estudiantes permitiendo así un aprendizaje más interactivo y emergente.

Desarrollo

Escenario propuesto.

Utilizando las temáticas de los “Smart Toys” e internet de las cosas, desde la cátedra se requirió que se diseñe e implemente un agente de software que permita encontrar a

un “Smart Toy” el camino más rápido para llegar de un punto de origen a un punto de destino dentro de un determinado ambiente, teniendo en cuenta los distintos tipos de eventos que podrían ocurrir en el trayecto. Se propuso utilizar como escenario del agente el plano que se muestra en la *Figura 1*.



Entorno del agente (Figura 1).

El objetivo del agente es encontrar al niño/niña escondido en una de las habitaciones. El agente debe tener en cuenta los distintos eventos inesperados que puede encontrarse y que pueden ocasionar desvíos para poder llegar a destino.

Los eventos que puede encontrarse son:

- Pisos lentos (alfombras, pasto, escalera de subida) o pisos rápidos (mojado, escalera de bajada).
- Obstáculos en el camino que debe esquivar (muebles, mesas).
- Puertas de habitación cerrada, obligándolo a tomar otro camino.

Planteo de la solución.

En base al escenario propuesto y a las características del trabajo práctico decidimos plantear nuestra solución en torno a la película Terminator, con un “Smart Toy” al que llamamos “T800” y que debe encontrar a una niña llamada “Sarah Connor”.

Para el modelado del agente se consideró un ambiente parcialmente observable, el cual el agente deberá ir recorriendo; estocástico; secuencial; estático, ya que el ambiente no cambia mientras el agente procesa la percepción; discreto y mono agente/individual. Además, se tomó una simplificación del entorno considerándolo un mundo cuadrilla, como indica la figura 2.

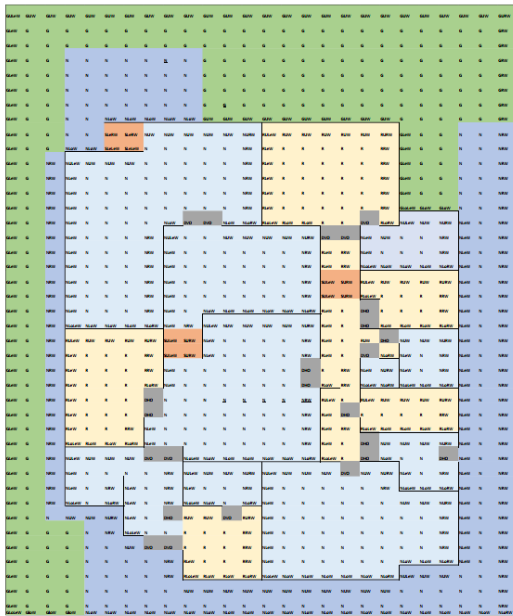


Simplificación del entorno (Figura 2).

A cada casillero se le asignó un código identificador que representa el contenido de este y que se utilizó para definir la matriz del

ambiente (figura 3) y posteriormente leer los valores desde Unity para montar la representación gráfica.

La nomenclatura utilizada para los tipos de suelo sigue la forma “Tipo de suelo/tile” + “dirección de la pared” como muestran las tablas 1 y 2. Además se utilizó una nomenclatura diferente para indicar las puertas, su estado y la dirección en la que apuntan, tal y como indica la tabla 3.



Matriz de tiles de la casa (Figura 3)

Tipo de Superficie	Nomenclatura
Pasto	G
Alfombra	R
Normal	N
Escalera	S
Piso Mojado	WF

Nomenclatura general de las superficies (Tabla 1).

xULeW	Pared arriba & izquierda
xUW	Pared arriba
XURW	Pared arriba & derecha
XRW	Pared derecha
xLRW	Pared abajo & derecha
xLW	Pared abajo
xLLeW	Pared abajo & izquierda
xLeW	Pared izquierda

Nomenclatura de la ubicación de las paredes, x se reemplaza por el tipo de tile de la superficie (Tabla 2).

DVO	Puerta vertical abierta
DHO	Puerta horizontal abierta
DVC	Puerta vertical cerrada
DHC	Puerta horizontal cerrada

Tipos de puerta (Tabla 3).

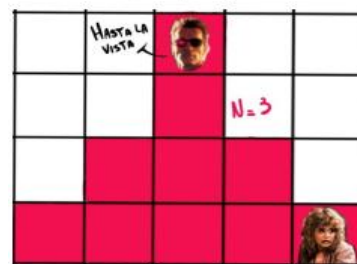
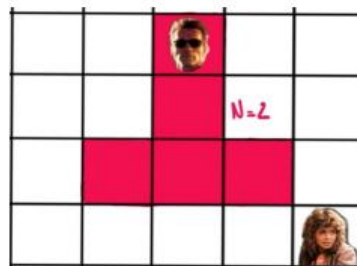
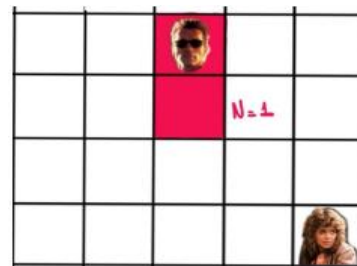
Además, se generó una lista con las posiciones en la matriz de los obstáculos que el agente deberá evitar.

Al momento de diseñar el agente, se planteó que las únicas acciones disponibles serían avanzar, girar a la derecha y girar a la izquierda.

En su representación el agente T800 cuenta con dos percepciones:

ConoDeVisión(n): Dado un parámetro “n” el agente puede percibir “n niveles” del triangulo formado por las casillas delante del agente (figura 4).

MensajeDeLlamada(posición): Sarah Connor envía su posición al agente.



Cono de visión para diferentes valores de “n” (Figura 4).

Implementación de la solución.

La implementación de la lógica del agente se realizó en Java utilizando el framework FAIA recomendado por la cátedra. El agente recibe la información del ambiente en el que se encuentra a través de archivos de texto plano que indican el contenido de todas las celdas de la matriz, su posición inicial, la posición de Sarah Connor. Para la búsqueda se implementó una heurística para utilizar A estrella, la cual permite encontrar una solución óptima (si la hay y la memoria disponible lo permite) y se utilizó como medida de performance el tiempo que tarda en llegar a Sarah Connor. Para obtener y minimizar este valor se parte de un atributo propio de cada tipo de superficie/tile el cual simboliza el tiempo que tarda el agente en trasladarse sobre ese tipo de suelo. De esta manera nuestro agente se mueve por la casa evitando los “tiles lentos” a menos que no tenga otra alternativa mejor. La solución obtenida luego se escribe en un archivo de texto y termina la ejecución del framework.

Implementación de la Interfaz en Unity.

¿Qué es Unity3D?

Unity es motor de videojuegos multiplataforma desarrollado por Unity Technologies. La herramienta brinda funcionalidades sencillas que permiten aprovechar las ventajas del motor gráfico con gran facilidad, ya sea arrastrando y agregando componentes o a través de código, utilizando principalmente C#.

¿Cómo fue utilizada?

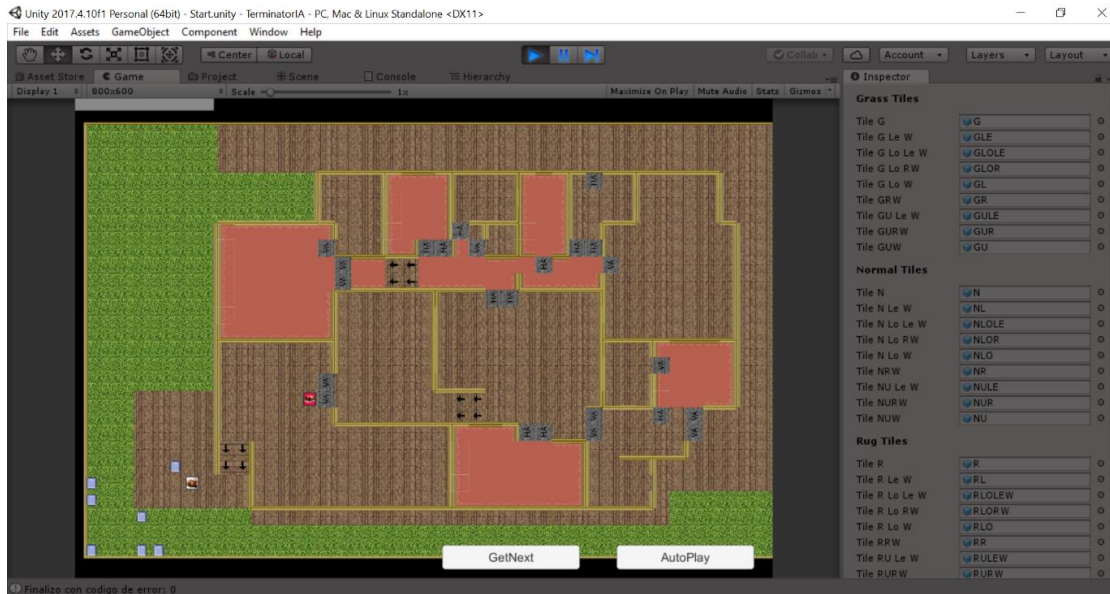
Uno de los requerimientos para el trabajo práctico era la realización de una interfaz gráfica que muestre el comportamiento del agente. Durante el trabajo, la mayoría del tiempo de desarrollo fue destinada a la implementación de la lógica del agente y en consecuencia, el tiempo para la realización de una interfaz que cumpla con los requisitos planteados desde cero resultaría muy extenso. Es por esto por lo que se decidió

utilizar la experiencia previa de los integrantes del grupo con el motor para realizar la tarea. Nuestra solución está planteada como un sistema gráfico el cual actúa sobre el framework FAIA, ejecutándolo y esperando los resultados para interpretarlos. Utilizamos la matriz de la figura 3 para interpretarla y generar una representación visual de la misma, tal y como se ve en la figura 5, esta interpretación es realizada por una clase desarrollada en Unity llamada TileFactory la cual cuenta con los valores de configuración para dibujar correctamente la matriz y una lista de claves y sus correspondientes imágenes (Figura 5, a la derecha de la representación).

El proceso de la simulación de Unity es el siguiente. Cuando se corre la simulación de Unity se crean/reescriben los archivos de la simulación anterior, luego se lee el archivo que contiene la matriz de tiles de la casa como una lista de valores claves separadas por coma, mientras se lee cada clave se va generando el tile con la imagen correspondiente y este es colocado en su posición en el espacio correspondiente. Una vez dibujado el mapa de la casa se lee el archivo que contiene los obstáculos y van creando y dibujando sobre el tile del suelo que corresponde.

Una vez que se crearon estos elementos de Unity se genera un nuevo proceso en background que ejecuta el código compilado de java realizado con el framework FAIA, este proceso también obtiene sus datos de los mismos archivos que la interfaz de Unity. Una vez que el proceso finaliza significa que el agente T800 ha encontrado a Sarah Connor y envía una señal para que la ejecución de Unity continúe.

Cuando Unity retoma el control primero comprueba si el proceso del agente finalizó con éxito, si este fue el caso abre el archivo de output del cual extrae y almacena el recorrido del T800 hasta Sarah Connor. Luego, se extraen las posiciones iniciales pertenecientes a Sarah y al Agente y comienza a sonar la icónica música (en su versión 8-bits) para indicar



Representación el ambiente generada desde Unity3D (Figura 5)

que la simulación esta lista para comenzar. En el modo de simulación se puede observar la posición del agente T800, el cuál se posiciona en el centro de la pantalla (Figuras 6 y 7) con un indicador en la esquina superior izquierda que muestra el paso del trayecto y la posición en la que se encuentra. Además, en la esquina inferior derecha, hay dos botones que permiten avanzar de a un paso o activar el modo automático, el cual avanza hasta encontrar al objetivo. Esta simulación fue de gran ayuda al momento de comprobar si nuestro agente se comportaba de manera la deseada. Nos permitió detectar, por ejemplo, que nuestro agente atravesaba puertas en cualquier dirección y no solo en



Vista de simulación con efectos de cámara estilo VHS activados (Figura 6).



Vista de simulación con efectos de cámara desactivados (Figura 7).

la intencionada. También nos sirvió para observar la variación del comportamiento al cambiar de estrategia de búsqueda.

Conclusión y Trabajos Futuros

El motor de videojuegos Unity 3d nos permitió realizar una simulación la cuál nos ayudó a mejor observar el comportamiento del agente que estábamos programando. Creemos que su facilidad de uso e impacto visual lo vuelven una opción tentadora para ayudar al alumno a mejor comprender los conceptos de la cátedra. La solución desarrollada es reutilizable para otros desarrollos/trabajos, siempre y cuando se

respeten los contratos para la escritura y lectura de los archivos, la misma se encuentra de manera pública en línea ^[1] con su código para descargar y modificar ya que creemos que podría resultar de gran utilidad para próximos estudiantes de la cátedra. Por cuestiones de tiempo en nuestro trabajo quedó pendiente de realizar un editor de niveles en Unity, el cual luego se encargue de generar el archivo con la matriz de tiles de la casa, permitiendo cambiar rápidamente el ambiente del agente.

Además, un futuro desarrollo interesante es el de trasladar la funcionalidad de FAIA a C# y Unity para un acople más transparente y permitir un mejor seguimiento del proceso de búsqueda.

Finalmente, no queríamos dejar de mencionar que Unity, desde su equipo de desarrollo, tienen grandes esfuerzos realizados y ya implementados en el ámbito de la inteligencia artificial (ya que esta es esencial en los videojuegos) y cuentan con herramientas y recursos para implementaciones de machine learning que podrían concluir nuestra herramienta en un framework completo para el aprendizaje de inteligencia artificial.

Agradecimientos

A nuestros padres, por darnos la vida y apoyarnos en todo lo que nos hemos propuesto.

A la Dra. María de los Milagros Gutiérrez y al Dr. Jorge Roa, docentes de la cátedra de Inteligencia Artificial, por enseñarnos y responder a nuestras dudas.

Referencias

Stuart Russel & Peter Norvig. - “Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd Edition” [1].

Unity Scripting API Manual – <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/> [2].

Notas a pie de página

[1] Repositorio alojado en bitBucket bajo el enlace: <https://bitbucket.org/leamarillo/interfaceia/>.

Datos de Contacto:

Leandro Nicolás Amarillo. UTN Facultad Regional Santa Fe. Lavalle 3356, dpto2, Santa Fe, Santa Fe, CP 3000. leandroamarillo@outlook.com.

Germán Ignacio Bernal. UTN Facultad Regional Santa Fe. Castelli 2087, Santa Fe, Santo Tomé, CP 3016. bernalgermanignacio@gmail.com.

Luciano Paradiso. UTN Facultad Regional Santa Fe. Diaz Vélez 970, Paraná, Entre Ríos, CP 3100. lucianogparadiso@gmail.com.

Prioridades en la Blockchain

Casarini Fernández Yamila, Morsa Ezequiel Matías
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
Simulación 4to Año

Abstract

El bitcoin y la tecnología blockchain se proclama como un fenómeno disruptivo a nivel mundial, solo comparable con el auge de las .com o de internet mismo. Por ello es de vital importancia entender su funcionamiento, sus consecuencias y su futuro. Su gran limitación de escalabilidad son las demoras y las comisiones que se deben pagar para que las transacciones sean procesadas en poco tiempo. Por ello en este paper analizaremos las colas de espera de las transacciones antes de ser procesadas en la blockchain. El objetivo de este paper es comprender la naturaleza con la que se generan los famosos "cuellos de botella" y establecer un criterio objetivo para medir la eficiencia de la cantidad de colas de espera. Para ello se utilizará la técnica de Simulación (modelo dinámico) para obtener el tiempo de atención aproximado en cada cola.

Palabras Clave

Bitcoin, blockchain, simulación, colas de espera, bloque, prioridad, procesamiento, transacciones, comisión.

Introducción

La blockchain es una base de datos pública, inhackeable y consensuada en donde se almacena información sobre las transacciones de bitcoins. Cuando alguien quiere realizar una transacción debe publicarla en la red blockchain para que algún nodo la procese. Las colas de espera se provocan debido a que la cantidad de nodos y transacciones es variable. Los usuarios pueden pagar una comisión para que los nodos procesen antes su transacción, dándole de esta forma prioridades a dichas colas. Este modelo presenta como problema principal que algunas transacciones de prioridad baja tardan demasiado en ser procesadas. Esto se volvió evidente en diciembre del 2017 donde las esperas eran muy altas y las comisiones subieron un 500% [1]. Por ello

este proyecto analizará la composición de dichas colas de prioridad midiendo la eficiencia mediante la comparación de la diferencia de tiempo entre las colas con mayor y menor tiempo promedio de espera. Se utilizó como único puesto de atención la blockchain y como tiempo de permanencia en el sistema el tiempo que permanece cada transacción en la cola hasta entrar a un bloque. Cabe destacar que los nodos suelen funcionar como uno solo, ya que pertenecen a un pool de minería, por ello se decidió utilizar un solo puesto de atención[2].

Elementos del Trabajo y metodología de Simulación Evento a Evento

Se calculó una f.d.p que predice el tiempo de atención de cada transacción. Para calcularla se utilizó el software EasyFit utilizando como datos la media de los tiempos de atención de las transacciones del periodo 10/04/2017 - 10/04/2018[3]. Para saber el tiempo de arribo de las transacciones se estimó otra f.d.p tomando el promedio del periodo 13/04/2018 - 13/05/2018 [4]. Se trabajó con décimas de segundo ya que el intervalo de arribo de transacciones al sistema es de 4 décimas de segundo. Para determinar a qué cola asignar cada transacción se utilizó una función equiprobable con valores entre 0 y la cantidad de colas de la simulación en conjunto con la distribución de bitcoins[5]. Para simular la realidad de mejor manera se estableció como fee máximo 5 satoshis por byte[6], dividiéndolo por la cantidad de colas y ,luego, uniformemente entre ellas. Por ejemplo en el caso de tener 2 colas una proceso las transacciones con fees entre

0-2.5 satoshis y otra proceso las transacciones con un fee de 2.5-5 satoshis. Se le dio mayor prioridad a las colas que procesaban los fees más altos. Cada transacción al ingresar al sistema fue distribuida según la comisión que pagó. El tiempo de procesamiento de cada cola se estableció como una función random cuyo máximo fueron 10 minutos. Este tiempo de procesamiento es análogo al tiempo de emisión de un bloque en la blockchain. Se utilizó la metodología evento a evento, con múltiples colas, con prioridad y vaciamiento. Se calculó el tiempo promedio de espera en cada cola y el porcentaje de transacciones en cada cola con respecto al total.

Elementos del Trabajo y metodología de Simulación Delta T constante

En la metodología delta T constante se utilizó como intervalo de tiempo 10 minutos, ya que es el lapso que tarda en crearse un nuevo bloque y verificarse las transacciones que esperan en cola.[7]

Se utilizaron como eventos propios la entrada de transacciones y la salida de las mismas de las colas.

Se utilizó el software EasyFit para calcular una f.d.p que predijo la cantidad de transacciones que arribaban por segundo, utilizando los datos del periodo 01/08/2018 - 01/09/2018 [8] y para saber la comisión que pagará cada transacción se calculó otra f.d.p utilizando como datos las comisiones de las transacciones del periodo 24/08/2018 - 01/09/2018[9].

Se tomó un tamaño de bloque igual al tamaño de bloque de Bitcoin, 1MB. Para conocer el tamaño de las transacciones que entrarán en dicho bloque se tomó el promedio de tamaño mensual de transacción[10].

A usos prácticos de la simulación, para determinar la comisión mínima y la máxima para cada una de las colas, se obtuvo la comisión máxima cada 10 minutos[11]. Luego se dividió dicha comisión uniformemente entre la cantidad

de colas al igual que en la metodología evento a evento. También se les dio mayor prioridad a las colas que procesaban las comisiones más altas y se distribuyó cada transacción al ingresar al sistema según la comisión que pagó.

Se calculó la cantidad óptima de colas de espera, la cantidad de veces que el bloque no se llena al 100% y el promedio de espera en el sistema por cola.

Criterio para la determinación de la cantidad óptima de colas de espera

Para obtener la cantidad óptima de colas con cada metodología se realizaron 50 simulaciones con diferentes cantidades de colas (desde una hasta treinta) y un periodo de una hora. Se utilizó como criterio de mejor cola la que menor diferencia tuvo entre los promedios de permanencia en el sistema (PPS).

Lenguaje de Programación

Las simulaciones fueron realizadas en Java.

Resultados

Al usar la metodología Evento a Evento el número óptimo de colas dio como resultado 3, con un 5% de transacciones en la cola con mayor prioridad y un 70% de transacciones en la cola con menor prioridad.

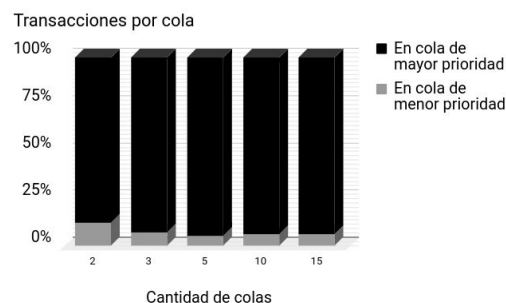


Figura 1 - Gráfica Comparativa de los porcentaje de transacciones en las colas de mayor y menor prioridad, utilizando la metodología Evento a Evento.

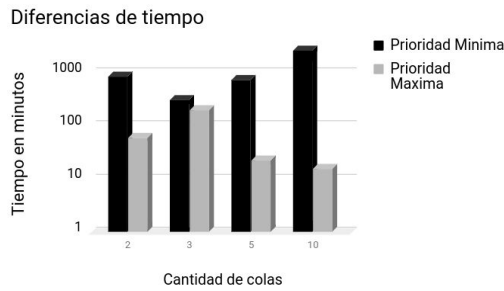


Figura 2 - Gráfica Comparativa de los tiempos de atención (en minutos) en las colas de mayor y menor prioridad, utilizando la metodología Evento a Evento.

Al utilizar la metodología Delta T constante, el número óptimo fue de 2 colas con un 60% de las transacciones en la cola de mayor prioridad y un 20% en la cola con menor prioridad.

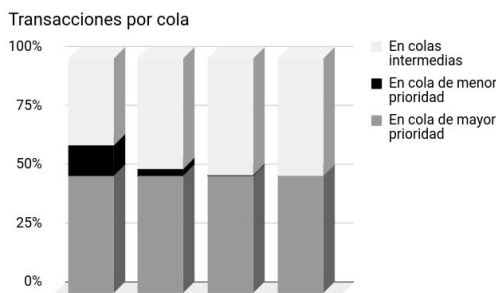


Figura 3 - Gráfica Comparativa de los porcentaje de transacciones en las colas de mayor y menor prioridad, utilizando la metodología Delta T constante.

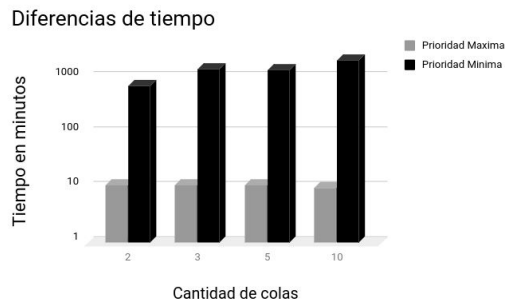


Figura 4 - Gráfica Comparativa de los tiempos de atención (en minutos) en las colas de mayor y menor prioridad, utilizando la metodología Delta T constante.

Discusión

Luego de realizar las simulaciones se pudo apreciar ciertos patrones en los resultados. En el caso de la metodología evento a evento, la cola prioritaria tuvo el menor promedio de espera en cola y la cola con menor prioridad tuvo el mayor promedio de espera. También se pudo apreciar que el mayor porcentaje de transacciones estuvo en las penúltimas colas, esto se vuelve más evidente cuando aumenta el número de colas de prioridad.

Por otro lado en el caso de la metodología delta T constante, la cola de mayor prioridad siempre tuvo el menor promedio de espera en cola pero también tuvo el mayor porcentaje de transacciones. En contrapartida, las penúltimas colas fueron las que tuvieron mayor promedio de permanencia en el sistema y menor cantidad de transacciones.

Conclusión

Aunque las simulaciones realizadas con ambas metodologías nos dieron resultados parecidos, la más adecuada a este problema es la metodología Delta T constante, ya que es la que mejor se adapta a la problemática. Al utilizar la metodología evento a evento realizamos muchas abstracciones para adaptar el modelo y por ende sus resultados son menos exactos, esto se vuelve evidente al ver los porcentajes de transacciones en cada cola y explica la diferencia en el resultado del número óptimo de colas. En la

realidad lo que ocurre es similar a los resultados de nuestra simulación con metodología delta T constante, la diferencia de dinero actualmente es tan poca que la gente decide pagar un poco más para tener menos espera. También se pudo apreciar que en el caso de elegir un número de colas mayor a 15 dejaban de llegar transacciones a la cola con menor prioridad, esto se debe a que la gente no paga comisiones tan bajas porque sabe que su transacción podría no procesarse nunca.

En este trabajo se presentan las bases para una investigación académica posterior sobre las colas de espera de la blockchain, sobre la cual se utilice esta misma metodología para investigar cómo afecta a las colas de espera el cambio en el tamaño del bloque como es el caso de Bitcoin Cash[12].

También se estableció un criterio de eficiencia para poder establecer el número óptimo de colas de espera en la blockchain.

Agradecimientos

Agradecemos a los docentes de la cátedra de Investigación Operativa y Simulación de UTN-FRBA por brindarnos la oportunidad de realizar esta investigación, por brindarnos los conocimientos necesarios para realizar esta investigación y por su ayuda en la misma.

Datos de contacto

Casarini Fernández, Yamila. Universidad
Tecnológica Nacional. E-mail:
yamilacasarini@gmail.com

Morsa, Matías Ezequiel, Universidad Tecnológica
Nacional. E-mail: morsamatias@gmail.com

Referencias

- [1] Average Network Transaction Fees per Byte. Obtenido de <https://statoshi.info/dashboard/db/fee-estimates?panelId=3&fullscreen&from=1512137794231&to=1537539438289>
- [2] Hashrate Distribution. Obtenido de <https://www.blockchain.com/pools>
- Gervais, A., Karame, G. O., Capkun, V., & Capkun, S. (2014). Is bitcoin a decentralized currency?. *IEEE security & privacy*, 12(3), 54-60.
- Kroll, J. A., Davey, I. C., & Felten, E. W. (2013, June). The economics of Bitcoin mining, or Bitcoin

in the presence of adversaries. In *Proceedings of WEIS* (Vol. 2013, p. 11).

[3] Median confirmation time. Obtenido de <https://blockchain.info/es/charts/median-confirmation-time>

[4] Transaction Rate. Obtenido de <https://www.blockchain.com/es/charts/transactions-per-second>

[5] Bitcoin rich list. Obtenido de <https://bitinfocharts.com/top-100-richest-bitcoin-addresses.html>

[6] Bitcoin Satoshi to USD. Obtenido de <http://www.btc Satoshi.com>

[7] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.

[8] Transactions Accepted Per Second. Obtenido de <https://statoshi.info/dashboard/db/transactions?panelId=6&fullscreen&from=1533134615310&to=1535813015310>

[9] Average Network Transaction Fees per Byte. Obtenido de <https://statoshi.info/dashboard/db/fee-estimates?from=1535120194231&to=1535811438289&panelId=3&fullscreen>

[10] Avg transaction size. Obtenido de <https://blockchain.info/q/avgtxsize/4500>

[11] High fee per KB. Obtenido de <https://api.blockcypher.com/v1/btc/main>

[12] Javarone, M. A., & Wright, C. S. (2018). From Bitcoin to Bitcoin Cash: a network analysis. arXiv preprint arXiv:1804.02350.

Brazo-robot controlado por EMG Campos Nicolas, Laborde Santiago, Sucunza Lucia, Lisandro Sugezky.

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires
Cátedra de informática II*

Abstract

Se desarrolló el proyecto con el fin de asistir a quienes se encuentran con capacidades limitadas de movimiento. Que favorezca a la rehabilitación de la misma para una pronta reincorporación a su vida cotidiana. Para esto busca cumplir su fin a través de la interacción con el usuario. Se desea que el paciente no vea el tratamiento como una tarea tediosa, sino que éste lo encuentre como un entretenimiento que entusiasme y acelere el proceso de rehabilitación.

Además cuenta con otros propósitos. Se amplía su objetivo al campo de la industria o laboratorios donde la labor de procesos riesgosos haga de éste de vital importancia.

Palabras Clave

Brazo robot, EMG, discapacidad, inclusión.

Introducción

Este proyecto comenzó al momento de la elección el proyecto para la materia "Informática II". Se analizó un abanico de posibilidades por delante. Luego de una empática charla del profesor, nos decidimos. Un dispositivo que apuntará a aquellas personas que se encuentren con posibilidades de movimiento limitadas o restringidas. Que sirva de intermediario para la realización de diversas acciones.

Los conocimientos aprendidos tales como programación de sistemas embebidos, programación orientada a objetos, conectividad inalámbrica fueron las herramientas de trabajo. Se sabe que las nuevas tecnologías de inclusión son la vanguardia en un sociedad más justa. Como efecto secundario de lo que en un principio se pensó, se encontraron posibles aplicaciones de gran utilidad. Desde la de asistencia controlada en procesos riesgosos, tanto en la industria como en laboratorios, como así también en el entretenimiento.

Desarrollo

En un principio se pensó en reutilizar un viejo brazo usado en secundaria de uno de los integrantes. Posteriormente se llegó a la conclusión de que traería más complicaciones mecánicas que las que el tiempo nos permitiría. He aquí la iniciativa de emprender uno nuevo. Se encontró un diseño "open source" en internet que se amoldaba a las demandas.

Se presentaron dos alternativas de diseño:

-La primera era en plástico moldeado por una impresora 3D.

-La segunda era en MDF, fibras de maderas comprimidas, cortada por una CNC laser.

Luego de algunos debates se acordó por la segunda, ya que el acabado sería más preciso en cuanto a dimensiones.

El proyecto empezó a encaminarse para la primera semana de vacaciones de invierno del 2017, cuando ya se disponía el modelo del brazo. Se comenzó investigando, leyendo y recolectando información. Dudas e incertidumbres fueron los primeros obstáculos a enfrentar, pero fue la mejor forma que se encontró de aprender. Finalmente, el entusiasmo era tal que no se desperdició tiempo, el reunirse para avanzar en el proyecto comenzó a hacerse rutina.

Los encuentros fueron una vez a la semana desde Julio hasta Noviembre. Para entonces, el grupo se encontraba con un respetable margen de tiempo de sobra con respecto al estipulado y el trabajo práctico obligatorio (TPO) llegaba a su recta final.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información



1er ETAPA

El sistema se resume en dos modos de entrada. El primero es el cliente desarrollado en la plataforma QT[1][2], conectado por wifi, mientras que el segundo la ArmBand conectado por bluetooth.

2nda ETAPA

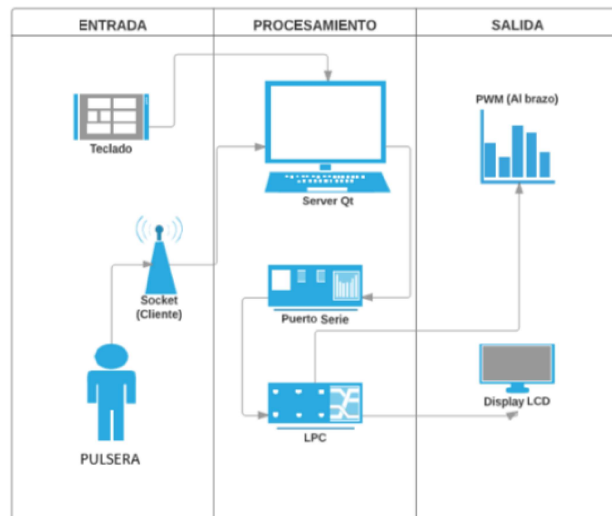
Procesamiento. En este es donde las instrucciones enviadas desde la entrada son recibidas al servidor.

3era ETAPA

La instrucción se transmitirá por puerto serie al Stick.

4to ETAPA

Del último paso se encarga puramente el LPC. Este envía el tren de pulsos indicado al motor adecuado, como así también escribe en el display LCD la instrucción que está resolviendo. Finalmente se ven reflejados todos los procesos en el accionar del brazo.



Lógica de funcionamiento

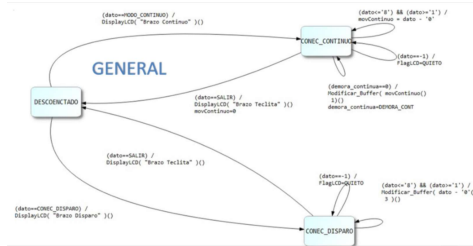


Imagen 1

Esta máquina (ver imagen 1) corresponde a la lógica general[3] del funcionamiento del brazo robótico[4]. Tenemos un estado “desconectado” donde el brazo se queda esperando la conexión por puerto serie por donde recibirá los movimientos a realizar.

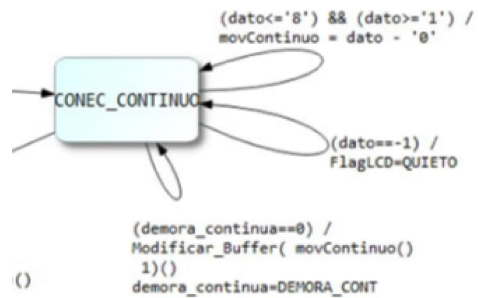


Imagen 2

Una vez conectados, tendremos dos modos de funcionamiento. El primero es el modo continuo, al cual llamamos “conec_continuo” (ver imagen 2). En este estado el brazo recibirá el movimiento que tiene que efectuar y lo ejecutará hasta que se cumpla una de las siguientes condiciones: que llegue al límite o hasta que reciba otra instrucción diferente.

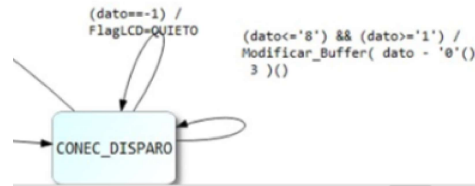


Imagen 3

El segundo es el modo discreto, al cual llamamos “conec_disparo” (ver imagen 3). Este trabaja de una manera similar al anterior, espera a recibir una instrucción y luego la ejecuta, pero solamente lo realiza una vez el movimiento en vez de esperar a cumplir alguna de las dos condiciones previamente dichas.

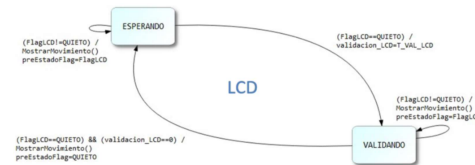


Imagen 4

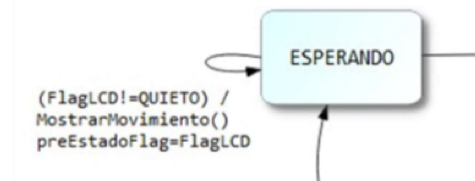


Imagen 5

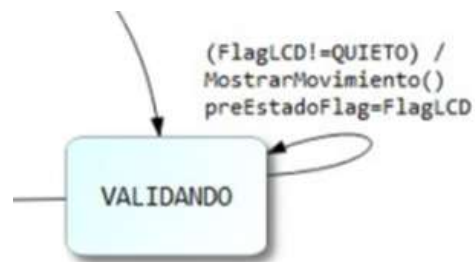


Imagen 6

En paralelo al funcionamiento anterior tenemos la maquina del LCD (ver imagen 4). Su función es la de mostrar en un display LCD la acción que está realizando el brazo. Como se ve en la imagen 5, en ese estado espera que el brazo realice otra acción, para pasar al estado validando donde refresca el LCD y muestra el nuevo movimiento a ejecutar (ver imagen 6).

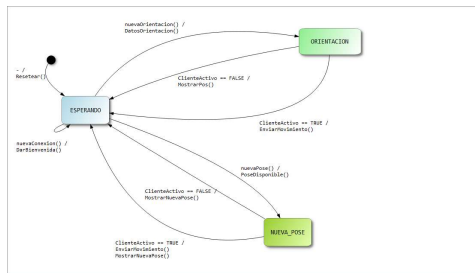


Imagen 7

Luego pasamos a la máquina de estado de la interfaz en PC que se comunica con la pulsera e interpreta los distintos gestos.(ver imagen 7)

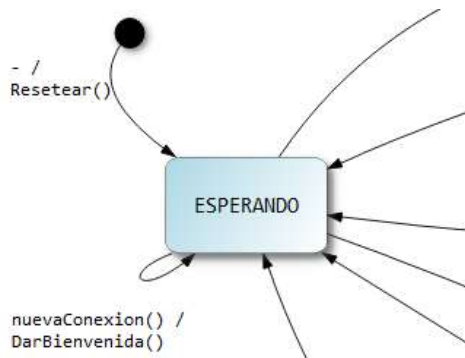


Imagen 8

Tenemos el estado “esperando” (ver imagen 8) que es donde inicia la aplicación y se conecta la pulsera.

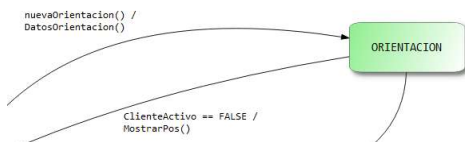


Imagen 9

Una vez conectada, si se detecta alguno de los dos eventos, ya sea la detección de una nueva pose (un gesto) o una nueva orientación (posición en el espacio) pasará al estado correspondiente.(ver imagen 9 y 10)

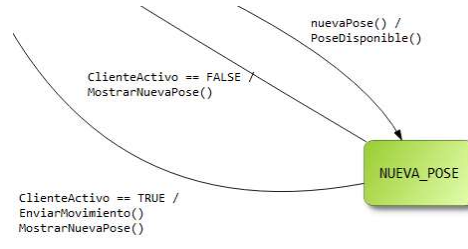


Imagen 10

En ambos hace un procesamiento similar que consiste en asociar al gesto o posición detectado a un movimiento del brazo y enviarlo, vía conexión inalámbrica, a la pc que se comunica con el brazo.

Prestaciones de Myo Armband

El brazalete Myo[5] utilizado es un dispositivo de reconocimiento de gestos que se coloca en el antebrazo. Este brazalete utiliza un conjunto de sensores electromiográficos (EMG) que detectan la actividad muscular del antebrazo, combinado con un giroscopio y acelerómetro para reconocer los movimientos o gestos que se realizan. Se conecta de manera inalámbrica por bluetooth con la computadora. Se puede usar para controlar distintos dispositivos y aplicaciones. Para este proyecto se implementó una aplicación que se comunica con la pulsera, logrando identificar distintos gestos preestablecidos de Myo y asociar este a un movimiento del brazo. Además, gracias a los sensores que posee, se puede saber las posiciones donde se encuentra en el espacio y también asignarle un movimiento.

Conclusión y Trabajos Futuros

Se aspira a poder incursionar con mayor profundidad en las técnicas de rehabilitación, para esto acceder a la experiencia y conocimiento de profesionales en los campos de la medicina. A partir de las devoluciones perfeccionar el proyecto y llevarlo a evolucionar con las necesidades que se soliciten.

El desarrollo de una interfaz gráfica donde el usuario pueda visualizar e interaccionar con sus avances a lo largo del trayecto de la rehabilitación.

A su vez, la recolección de información y el guardado en una base de datos hará que el usuario tenga conocimiento de su estado. Como así también el médico pueda hacer un análisis desde otra fuente y pueda asentir o discernir con el tratamiento en proceso.

Se desea agregar como dispositivo de control, del brazo, el casco desarrollado en el área de investigación de la universidad. Este trabaja con el procesamiento digital de la señal EEG. Las cuales son provenientes de la estimulación nerviosa del cerebro. Esta alternativa inclusiva es una herramienta que busca asistir a un nuevo universo de personas con, aún, posibilidades más limitadas.

En el área de la industria, donde el proyecto tiene el rol de asistencia para tareas riesgosas se buscará desarrollar sistemas de seguridad. En principio, técnicas que aseguren el correcto agarre. Investigar si ha de ser posible mejorar la sensibilidad, a través de la forma en que varía la corriente entregada a los servos.

Desarrollar una alternativa de salida de emergencia en caso de que el sistema entre en error. Además, se aspira a crear rutinas de uso frecuente a las que el usuario pueda recurrir en su labor cotidiano y conceder actualizaciones de las mismas mediante un servidor en línea.

Agradecimientos

Se agradece profundamente al profesor por compartir un nuevo paradigma como el de las tecnologías de inclusión y el rol que encontrar en ellas. Se espera poder involucrarse más con el pasar de los años y poder hacer algún aporte significativo a la comunidad.

También agradecer a cada uno de los integrantes por haber mantenido el respeto y tirar siempre para el mismo lado. Intentando siempre el bien común y la voluntad general del grupo.

Referencias

Documentación y bibliografía utilizada.

[1] QTcpServer y QTcpSocket :

Autor: DuarteCorporation Tutoriales

Título: Tutorial Qt Creator - QTcpSocket & QTcpServer

Link:

<https://www.youtube.com/watch?v=Z9AAGn9gUoE>

[2] Título: Tutorial Qt Creator - QLocalSocket & QLocalServer

Link:

<https://www.youtube.com/watch?v=dz6sHTXYhol&t=467s>

[3] Brazo Robótico:

Autor: phenoptix

Título: Pocket Sized Robot Arm MeArm V0.4

Link:

<http://www.instructables.com/id/Pocket-Sized-Robot-Arm-meArm-V04/>

[4] Brazaletes Myo ArmBand

Autor: Thalmic Labs Inc

Título: Myo

Links: <https://www.myo.com/>

<http://diagnostics.myo.com/>

[5] Lógica General:

Autor: UTN FRBA

Título: Aulas virtuales

Link: <https://www.campusvirtual.frba.utn.edu.ar/especialidad/course/view.php?id=703>

Predicción con Redes Neuronales Artificiales: Un caso de estudio en Caimancito, Jujuy, Argentina

Aramayo, Ubaldo Juan Manuel

Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería

Martínez, Sergio Luis

Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería

Tarifa, Enrique Eduardo

Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería

Abstract

El conocimiento anticipado de niveles y caudales de un río, tiene un papel fundamental en el estudio, investigación y planificación de temas referidos al manejo integrado de cuencas hidrográficas. En el presente trabajo se desarrollaron modelos predictores basados en Redes Neuronales Artificiales (RNA), que fueron aplicados a la predicción de niveles y caudales del Río San Francisco, Caimancito, Jujuy, Argentina, utilizando datos obtenidos de la estación hidrométrica Caimancito. Se experimentó con distintas características de estos modelos y se procesaron los datos antes de que ingresen a los modelos neuronales para obtener un conjunto de parámetros optimizados que mejoren las predicciones. Finalmente se evaluaron distintos modelos en forma conjunta para obtener una salida integrada.

Palabras Clave: Predicción. Redes neuronales Artificiales. Nivel y caudal. Series temporales.

Introducción

La predicción de niveles y caudales de un río es de importancia para todas las entidades relacionadas con el manejo integrado de cuencas hidrográficas, la protección del medio ambiente y seguridad de la población, permitiendo:

- Conocer anticipadamente el comportamiento del evento natural representado por las series en estudio.
- Tener información anticipada de algún evento natural cuya evolución pueda ser peligrosa o incontrolable con riesgo para la población.
- Realizar simulaciones sobre el comportamiento estimado y futuro del evento natural que se estudia.

Series temporales

Una serie de tiempo es una colección de observaciones realizadas secuencialmente a través del tiempo [1]. Constituyen una forma especial de datos donde los valores pasados de la serie pueden influir en los valores futuros.

Redes neuronales artificiales

Una red neuronal artificial (RNA) es un modelo computacional, paralelo, compuesto de unidades procesadoras adaptativas con una alta interconexión entre ellas, desarrollado para emular el cerebro humano. El principal objetivo de una red neuronal es el reconocimiento de patrones [2].

Neuronas artificiales

Una neurona artificial es una unidad de cálculo, que toma como entrada las variables del problema o las salidas de otras neuronas, realiza en su forma más usual, un promedio ponderado de las mismas mediante una función de excitación y transforma este promedio en su propia salida utilizando una función de activación. En la Figura 1 se representa una neurona.

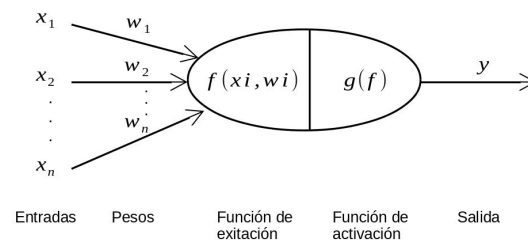


Figura 1. Representación de una neurona.

Modelos basados en neuronas

Tienen los siguientes elementos básicos:

- Un conjunto de conexiones, pesos o sinapsis que determinan el comportamiento de una neurona. Estas conexiones pueden ser excitadoras (presentan un signo positivo) o inhibitoras (conexiones negativas).
- Una función suma que se encarga de sumar todas las entradas multiplicadas por las respectivas sinapsis o pesos.
- Una función de activación no lineal para limitar la amplitud de la salida de la neurona.

Datos disponibles

Se disponen de diez series de tiempo con mediciones diarias registradas desde el 01 de enero de 1947 hasta el 31 de diciembre de 2016 generadas en la estación hidrométrica Caimancito del río San Francisco, Jujuy, Argentina. Esta estación actualmente se encuentra activa y pertenece a la Red Hidrometeorológica Nacional, sus datos se almacenan en la base de datos de la Sub Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación y puede ser accedida de forma libre y gratuita mediante su página web <http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/> [3]. El conjunto de datos está formado por las series de tiempo siguientes (Tabla 1):

Tabla 1: Series temporales de parámetros del río San Francisco, Jujuy, Argentina, desde 1947 a 2016.

Series
Altura
Anemómetro Tanque Evaporación
Caudal Medio Diario
Evaporación
Humedad
Temperatura Bulbo Húmedo
Temperatura Bulbo Seco
Temperatura Tanque Evaporación
Precipitación
Velocidad del viento

Tratamiento de los datos

El objetivo de procesar los datos antes de que ingresen a los modelos neuronales es obtener un conjunto de parámetros

optimizados que mejore la predicción. La mejora lograda en la calidad de las predicciones fue medida en términos del ajuste entre los datos de salida, o simulados, y los datos reales u observados [4].

Ausencia de datos

Estas series de tiempo no se encuentran completas, la ausencia de datos se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Ausencia de datos en las series temporales del río San Francisco, Jujuy, Argentina (1947 a 2016).

Serie	Ausencia de datos
Altura	59,03%
Anemómetro Tanque Evaporación	80,02%
Caudal Medio Diario	8,90%
Evaporación	73,33%
Humedad	65,30%
Temperatura Bulbo Húmedo	65,30%
Temperatura Bulbo Seco	65,30%
Temperatura Tanque Evaporación	75,67%
Precipitación	12,27%
Velocidad del viento	79,67%

Debido a la gran ausencia de datos, se eligió el intervalo de tiempo más grande y completo para todas las series. El intervalo elegido comienza el 01 de setiembre de 1993 y finaliza el 31 de agosto de 1999. Para este intervalo la ausencia de datos es la siguiente, (Tabla 3).

Tabla 3. Ausencia de datos desde el 01 de setiembre de 1993 hasta el 31 de agosto de 1999. Parámetros del río San Francisco, Jujuy, Argentina

Serie	Ausencia de datos
Altura	9,08%
Caudal Medio Diario	0,00%
Evaporación	0,00%
Humedad	0,00%
Precipitación	0,00%
Temperatura Bulbo Húmedo	0,00%
Temperatura Bulbo Seco	0,00%
Temperatura Tanque Evaporación	21,73%
Anemómetro Tanque Evaporación	60,25%
Velocidad del viento	60,25%

En el nuevo intervalo la ausencia de datos es menor, sin embargo las series "Anemómetro Tanque Evaporación" y "Velocidad del Viento" poseen un 60,25% ausencia de datos. Teniendo en cuenta que estas series representan la velocidad horizontal del viento y que no se cuenta con información sobre la dirección ni el sentido, se determinó excluirlas del presente trabajo.

Redundancia de las entradas

Para evitar que los modelos neuronales reciban información redundante, se analizó la correlación entre las series de tiempo. Se observó que entre las series "Altura" y "Caudal" existe una correlación de 0,91 aproximadamente, igualmente para las series "Temperatura Bulbo Húmedo", "Temperatura Bulbo Seco" y "Temperatura Tanque Evaporación", se observó que la correlación es superior a 0,90.

Al poseer correlaciones casi perfectas estas series brindan información redundante a los modelos [5], por lo que no fue necesario utilizar todas. De las series "Altura" y "Caudal" se tomó como entrada solamente "Altura" para predecir altura y solamente "Caudal" para predicciones de caudal. De las series de temperatura solamente se consideró "Temperatura Bulbo Húmedo" porque no cuenta con ausencia de datos. El conjunto final de datos se muestra en la tabla siguiente (Tabla 4).

Tabla 4. Series de tiempo seleccionadas.

Serie	Ausencia de datos
Altura	9,08%
Caudal Medio Diario	0,00%
Evaporación	0,00%
Humedad	0,00%
Precipitación	0,00%
Temperatura Bulbo Húmedo	0,00%

Los datos ausentes de la serie "Altura" se interpolaron, utilizando un método lineal; el resultado se muestra en la Figura 2.

Outliers o valores aberrantes

Una vez completadas las series se analizaron para detectar la presencia de datos aberrantes. Para esto se utiliza el método de las fronteras internas y externas. Los valores que exceden las fronteras internas se consideran aberrantes y los que exceden las fronteras externas se consideran aberrantes extremos.

Se detectaron outliers extremos en las series "Altura", "Caudal" y "Precipitación", que fueron eliminados.

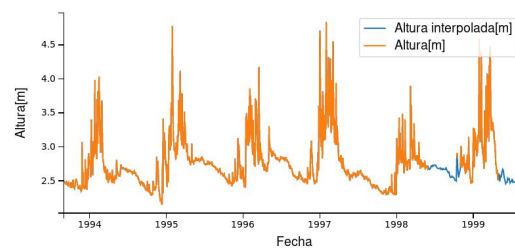


Figura 2. Serie de alturas, con datos interpolados. Río San Francisco, Jujuy, Argentina.

Normalización de las series de tiempo

Es muy útil transformar todos los datos con los que se ajustará un modelo, a una misma escala. Muchos algoritmos de aprendizaje automático como las redes neuronales o algoritmos que utilizan medidas de distancia como "*k-Nearest Neighbors*" pueden beneficiarse si se representan las series de entrada en la misma escala, en el rango estándar de normalización (0, 1) [6].

Series temporales procesadas

Las series temporales procesadas (normalizadas) se muestran en las figuras que siguen (Figuras 3 a 8).

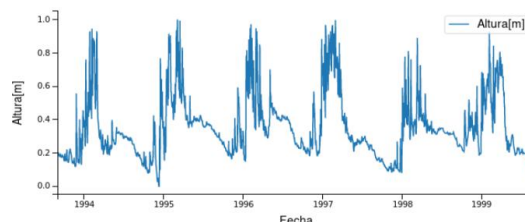


Figura 3. Serie "Altura". Río San Francisco, Jujuy, Argentina.

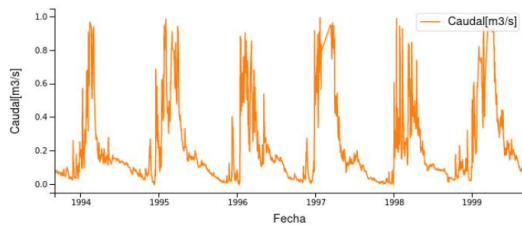


Figura 4. Serie "Caudal". Río San Francisco, Jujuy, Argentina.

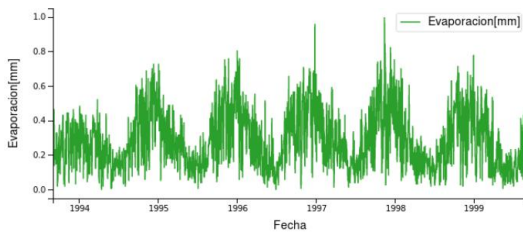


Figura 5. Serie "Evaporación". Río San Francisco, Jujuy, Argentina

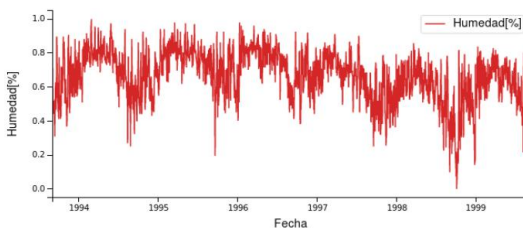


Figura 6. Serie "Humedad". Río San Francisco, Jujuy, Argentina.

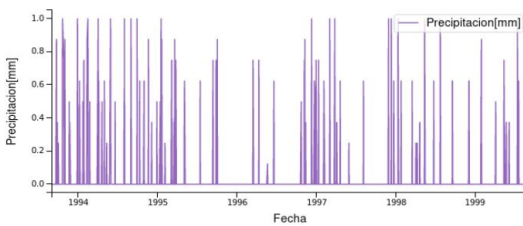


Figura 7. Serie "Precipitación". Río San Francisco, Jujuy, Argentina.

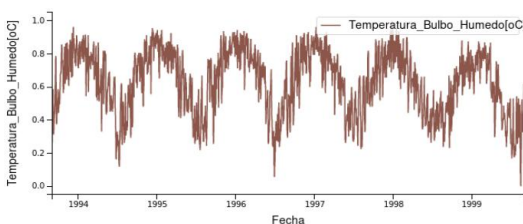


Figura 8. Serie "Temperatura Bulbo Húmedo". Río San Francisco, Jujuy, Argentina

Conjuntos de entrenamiento, validación y prueba

Para construir los conjuntos de entrenamiento y prueba, utilizables en la configuración de redes neuronales, se consideraron los porcentajes más utilizados, estos se listan en la Tabla 5.

También fue necesario incorporar un subconjunto de validación para evitar el sobre ajuste de los modelos, esto es, evitar que los modelos solamente puedan predecir perfectamente los datos con los que se entrenaron.

Tabla 5. Porcentajes más utilizados para entrenamiento y prueba.

Entrenamiento %	60	70	80
Prueba %	40	30	20

Además, siempre es conveniente ingresar a los modelos información completa, para esto la división del conjunto de datos se realizó procurando respetar los ciclos hidrológicos de las series temporales.

Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico para el presente caso de estudio comienza en setiembre y se extiende por doce meses hasta agosto del siguiente año.

Este periodo define la estacionalidad de las series históricas analizadas y fue utilizado para determinar la división del conjunto de datos en subconjuntos de entrenamiento, validación y prueba.

Luego, considerando que se cuenta con seis ciclos hidrológicos, comprendidos entre el 01 de setiembre de 1993 y el 31 de agosto de 1999., se dividió el conjunto de datos como sigue (Tabla 6):

Tabla 6. Porcentajes de entrenamiento, validación y prueba definidos.

Entrenamiento	Validación	Prueba
66,00%	17,00%	17,00%
4 ciclos hidrológicos	1 ciclo hidrológico	1 ciclo hidrológico

Modelos candidatos principales para predicción

Trabajos anteriores [7] y [8] sugieren que para predicción sobre series temporales estacionarias los modelos neuronales con mejor desempeño son las redes neuronales —feedforward, recurrentes, con ventanas de tiempo diferido y pre-procesamiento wavelet de las entradas—. Es así que se eligieron estos modelos como candidatos principales para el desarrollo de este trabajo.

Pasos de tiempo a predecir

En presente trabajo se realizaron predicciones de uno y tres pasos de tiempo.

Ventanas de tiempo diferido

Teniendo en cuenta que las series de tiempo están débilmente correlacionadas para evitar el ingreso de información redundante a los modelos, se consideró utilizar todos los retardos de tiempo desde l hasta un máximo m , para determinar la cantidad de retardos para las ventanas de tiempo diferido [9].

Topología de las Redes Neuronales

La topología utilizada en todos los modelos es la siguiente:

- Capa de entrada: El tamaño de esta capa varía según el número de entradas que recibe el modelo.
- Capa oculta: En este trabajo se consideró una única capa oculta. En proyectos futuros además se estudiarán las ventajas de deep learning.
- Capa de salida: Consiste en una única salida que es la predicción obtenida.

Cantidad de neuronas ocultas

Se utilizó la cantidad mínima de neuronas ocultas empleando el método aplicado en [10], que establece:

$$H_{\min}^{(o)} = \frac{(P^{(e-s)} - 1) \cdot N^{(s)}}{N^{(e)} + 1 + N^{(s)}} \quad (1)$$

$$H_{\max}^{(o)} = P^{(e-s)} - 1 \quad (2)$$

donde $H^{(o)}$ es la cantidad de neuronas ocultas, $P^{(e-s)}$ es la cantidad de pares entrada-salida establecidos para entrenamiento, $N^{(e)}$ es la cantidad de neuronas de entrada y $N^{(s)}$ es la cantidad de neuronas de salida.

Criterio de evaluación

Como criterio de evaluación se utilizó el Coeficiente de Determinación (R^2). Este estadístico mide la proporción de la variación total de las observaciones con respecto a su media. En otras palabras, (R^2) es una medida relativa de qué tanto las variables de predicción incluidas en el modelo explican la variación de las observaciones [11].

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (t_i - a_i)^2}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2} \quad (3)$$

Donde N es el número de observaciones, t_i es el valor observado, a_i es el valor calculado o estimado y \bar{t} es el promedio de los datos observados.

Mejor conjunto de entradas

Es conveniente generar modelos más simples, que dependan de menos variables y posean el mismo nivel de precisión. Esto se debe a que los modelos excesivamente complejos tienen una buena capacidad para ajustar los datos de entrenamiento, pero pueden no adaptarse bien a nuevos datos [12].

Para seleccionar la combinación de series de tiempo que permitan lograr el mejor ajuste, se entrenaron los modelos utilizando como entradas cada una de las combinaciones posibles.

A continuación se esquematizan los modelos evaluados (Figura 9 y 10). Las mejores entradas para cada modelo, con respecto a las series temporales disponibles, se indican en las Tablas 7 y 8, y sus referencias explícitas en la Tabla 9.

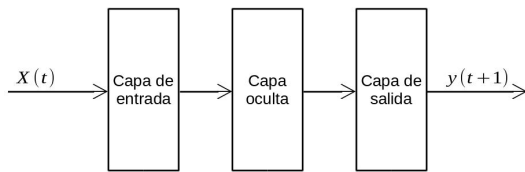


Figura 9. Modelo neuronal clásico.

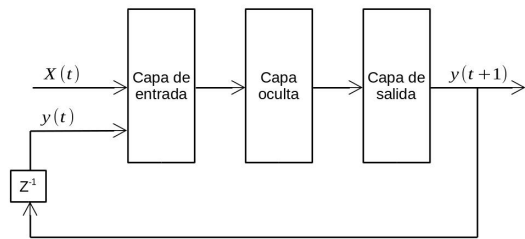


Figura 10. Modelo neuronal recurrente.

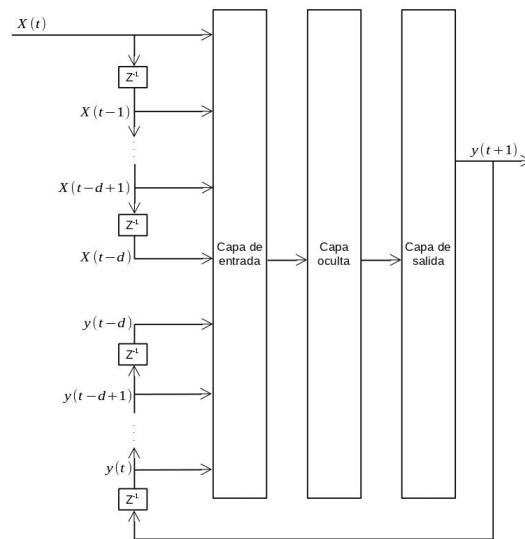


Figura 11. Modelo RNA recurrente con ventanas de tiempo diferido.

Tabla 7. Mejores entradas, para cada modelo.

Predicción de altura			
Modelo clásico		Modelo recurrente	
Entradas	R2	Entradas	R2
1, 3, 4	0,921595	1, 3, 4	0,922167

Tabla 8. Mejores entradas, para cada modelo.

Predicción de altura			
Modelo clásico		Modelo recurrente	
Entradas	R2	Entradas	R2
2, 3, 4, 6	0,934252	2, 3, 4, 5, 6	0,942577

Tabla 9. Referencias.

Id	Serie
1	Altura
2	Caudal Medio Diario
3	Evaporación
4	Humedad
5	Precipitación
6	Temperatura Bulbo Húmedo

Mejor número de retardos

Una vez definidas las entradas para los modelos, se procedió a realizar el ajuste de los modelos utilizando ventanas de tiempo con uno o más retardos

A continuación se esquematizan los modelos neuronales con retardos de tiempo (Figura 11 y Figura 12).

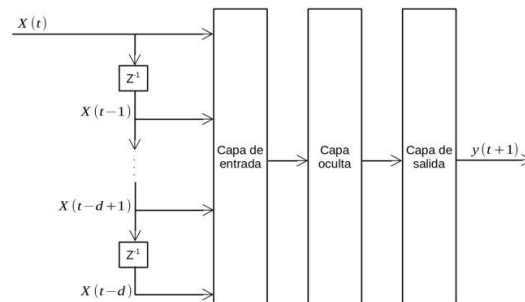


Figura 12. Modelo RNA clásico con ventanas de tiempo diferido.

Los retardos que más benefician al ajuste de cada modelo son los siguientes (Tabla 10 y 11):

Tabla 10. Mejores retardos, para cada modelo.

Predicción de altura			
Modelo clásico		Modelo recurrente	
Retardos	R2	Retardos	R2
Sin retardos	0,921595	5	0,923115

Tabla 11. Mejores retardos, para cada modelo.

Predicción de altura			
Modelo clásico		Modelo recurrente	
Retardos	R2	Retardos	R2
1	0,934488	4	0,951304

Análisis wavelet

El análisis wavelet funciona como un microscopio matemático, revelando relaciones que en los datos originales no pueden ser advertidas. Esto se logra descomponiendo una señal bajo múltiples niveles de resolución en secuencias denominadas “Aproximación” y “Detalles”. La secuencia de aproximación es la señal original suavizada mientras que las secuencias de detalles capturan características de valor interpretativo como periodos ocultos o dependencias en los datos. Finalmente, es posible la reconstrucción de la señal original realizando la suma de los componentes de aproximación y detalles [13].

Pre-procesamiento wavelet de las entradas

Se aplicó pre-procesamiento wavelet a los modelos neuronales que han logrado los mejores ajustes hasta ahora (Tabla 10 y 11). Esto es descomponer las series de tiempo definidas como entradas, mediante análisis wavelet, para obtener sus respectivas secuencias de aproximación y detalles. Luego los modelos fueron entrenados con las secuencias obtenidas. A continuación se esquematiza el modelo descrito (Figura 13 a Figura 15).

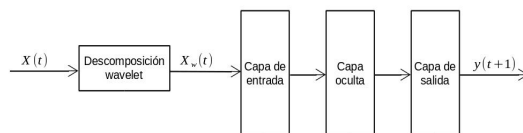


Figura 13. Modelo RNA Clásico, con pre-procesamiento wavelet.

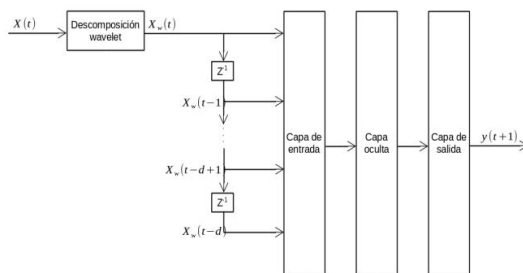


Figura 14. Modelo RNA clásico, con pre-procesamiento wavelet y retardos de tiempo.

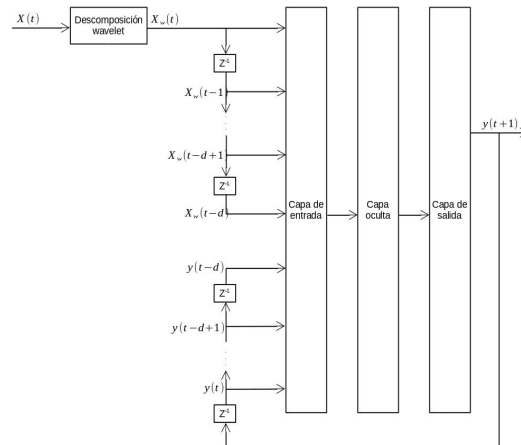


Figura 15. Modelo RNA recurrente, con pre-procesamiento wavelet y retardos de tiempo.

En primer lugar se determinó el nivel de resolución o descomposición utilizando la siguiente ecuación (4) [13]:

$$J = \text{int}(\log n) \quad (4)$$

Donde J es el máximo nivel de descomposición, n es la cantidad de elementos en cada serie e $\text{int}(\cdot)$ es la función valor entero.

Por lo tanto al contar con series de 2191 elementos, y aplicar la ecuación (4), el resultado es el siguiente:

$$J = \text{int}(\log 2191) = 3 \quad (5)$$

Luego se definió para cada serie de tiempo, la función wavelet que brinda la mejor aproximación, medida a través del coeficiente de determinación (R^2). Los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Series de tiempo con sus respectivas funciones wavelet.

Id	Serie	Wavelet
1	Altura	sym17
2	Caudal Medio Diario	rbio4.4
3	Evaporación	bior4.4
4	Humedad	db21
5	Precipitación	sym9
6	Temperatura Bulbo Húmedo	sym9

En función de estos resultados se entrenaron los modelos elegidos previamente aplicando descomposición de tres niveles, empleando la función wavelet que se determinó para cada serie de tiempo, y se realizó una comparación. Los mejores modelos neuronales obtenidos en cada caso son los siguientes (Tabla 12 y 13):

Tabla 12. Mejores modelos obtenidos.

Predicción de altura			
Modelo clásico		Modelo recurrente	
Wavelet	R2	Wavelet	R2
1, 3, 4	0,943682	1, 3, 4	0,978304

Tabla 13. Mejores modelos obtenidos.

Predicción de altura			
Modelo clásico		Modelo recurrente	
Wavelet	R2	Wavelet	R2
2, 3, 4, 6	0,960398	2, 3, 4, 5, 6	0,988859

Ensamble de predictores

Un ensamble consiste en la utilización de distintos modelos en forma conjunta para obtener una salida integrada que mejore el rendimiento de un modelo individual.

En el presente trabajo se utilizó un modelo de tres fases para ensambles de redes neuronales [14], que consiste en generar diversos modelos individuales, seleccionar los miembros apropiados para el ensamble y obtener una salida integrada.

Las salidas de los modelos del ensamble se combinaron utilizando un promedio. A continuación se muestran los coeficientes de determinación para el ensamble construido (Tabla 14):

Tabla 14. Ajuste, ensambles.

R2 Ensamble predicción de altura
0,95624

El mejor predictor desarrollado

Comparando los modelos neuronales según sus coeficientes de determinación, se observó que el mejor ajuste se logró utilizando una red neuronal recurrente, con pre-procesamiento wavelet y ventanas de

tiempo diferido, tanto para predicciones de altura como de caudal. En la Figura 16 se muestra este modelo neuronal mediante un esquema.

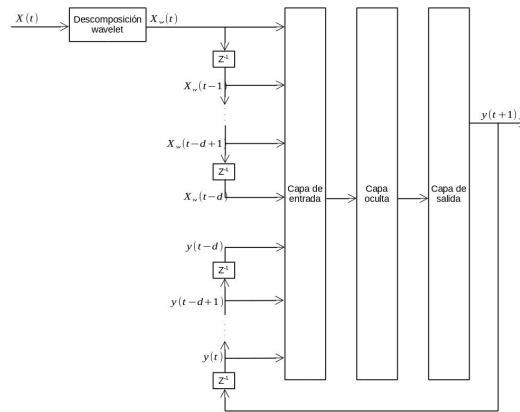


Figura 16. Mejor modelo de RNA, tipo recurrente, con pre-procesamiento wavelet y retardos de tiempo.

Los mejores modelos desarrollados en el presente trabajo, para alturas y caudales, se presentan a continuación en detalle (Tabla 15 y 16), (Figura 17 y 18):

Tabla 15. Mejor predictor RNA de alturas.

Entradas	“Altura”, “Evaporacion”, “Humedad”
Salida	“Altura”
Ventanas de tiempo	Si
Número de retardos	5
Tipo de red neuronal	Recurrente
Pre-procesamiento wavelet	Si
Nivel de descomposición	3
Wavelets	'sym17', 'bior4.4', 'db21'
Coefficiente de determinación	0,978304

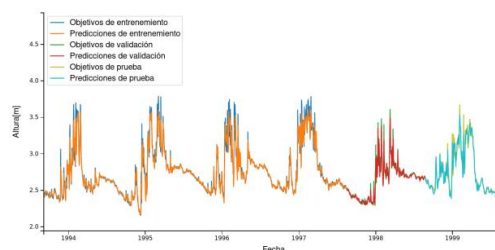


Figura 17. Comparación gráfica de objetivos y predicciones, un paso de tiempo.

Tabla 16. Mejor predictor RNA, un paso de tiempo, de caudales.

Entradas	“Caudal Medio Diario”, “Evaporación”, “Humedad”, “Precipitación”, “Temperatura Bulbo Húmedo”
Salida	“Caudal”
Ventanas de tiempo	Si
Número de retardos	4
Tipo de red neuronal	Recurrente
Pre-procesamiento wavelet	Si
Nivel de descomposición	3
Wavelets	'rbio4.4', 'bior4.4', 'db21', 'sym9', 'sym9'
Coefficiente de determinación	0,988859

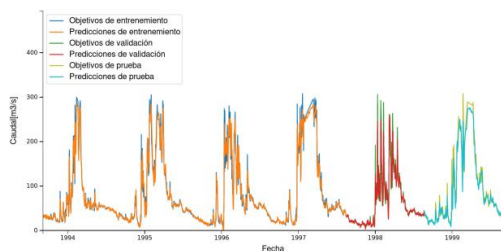


Figura 18. Comparación gráfica de objetivos y predicciones, un paso de tiempo.

Conclusión y Trabajos Futuros

En este trabajo se desarrollaron modelos neuronales aplicados a la predicción de alturas y caudales en Caimancito, Jujuy, Argentina. Se evaluaron distintas características como el uso de, diferentes tipos de redes neuronales —feedforward y redes recurrentes, ventanas de tiempo diferido, y pre-procesamiento wavelet de las entradas—, que totalizan ocho variantes. Tales modelos se evaluaron individualmente, luego en forma conjunta para obtener una salida integrada.

Se han recopilado, analizado y optimizado series temporales de la estación Caimancito, disponibles en la base de datos de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Se determinó que, de los modelos desarrollados en este trabajo, el modelo recurrente con pre-procesamiento wavelet y retardos de tiempo, posee la mejor

capacidad de generalización, con un coeficiente de determinación mayor a 0,97. A partir del presente trabajo, han surgido nuevas ideas para mejorar la precisión de las predicciones como ser el análisis y procesamiento de las salidas de los predictores obtenidas [15], el uso de algoritmos genéticos para agilizar el proceso de búsqueda del mejor modelo [16] o la aplicación de la teoría de lógica difusa para la evaluación del ajuste de los predictores [17].

Referencias

- [1] Chatfield C. The analysis of time series: an introduction. CRC Press, 2004.
- [2] Bishop, C. M. Neural networks: a pattern recognition perspective. 1995
- [3] Base de Datos Hidrológica Integrada, 2017. BDHI. Disponible en: <http://bdhi.hidricosargentina.gob.ar/>.
- [4] Gaudiani Adriana Angélica. Simulación y Optimización como Metodología para Mejorar la Calidad de la Predicción en un Entorno de Simulación Hidrográfica. 2015.
- [5] Velázquez Anislei Santiesteban, Nápoles González Julio Osvaldo, Peña Daniel Rodríguez, García Delmar Jaime. Pronóstico de consumo de energía eléctrica usando redes neuronales artificiales. 2014.
- [6] Brownlee Jason. Machine Learning Mastery With Python - Understand Your Data, Create Accurate Models and Work Projects End-To-End. Edition v1.4, 2016.
- [7] Martínez, S. L. Tarifa, E. E. Franco Dominguez, S. Predicción de caudales hidrológicos con modelos neuro-wavelets. VIII Jornadas de Ciencia y Tecnología de Facultades de Ingeniería del NOA, 2012.
- [8] Gutiérrez J. J. Predicción de Datos en Series de Tiempo con Redes Neuronales Artificiales –Aplicaciones sobre datos hidrometeorológicos del Sistema Las Maderas, Jujuy, Argentina. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina. 2012.
- [9] Rabuñal J. R. & Dorado J. Artificial Neural Networks in Real-Life Applications. Idea Group Publishing, Hershey, 2006.
- [10] Many M. T., H. Chandrasekaran & C. H. Hsieh, , 2001, Signal processing using multilayer perceptron (Cap. 2), en Handbook of Neural Network Signal Processing, CRC Press, USA.
- [11] Canavos, George C. Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. Ed.: Mc Graw Hill, 1988.
- [12] Lizondo D., Jiménez V., Villacis F., Will A., Rodríguez S. Análisis de Variables Temporales para la Predicción del Consumo Eléctrico. 2015.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[13] Wang Wensheng, Ding Jing. Wavelet Network Model and Its Application to the Prediction of Hydrology. 2003.

[14] Lai K., Yu L., Wang S., and Zhou L.. Credit Risk Analysis Using a Reliability - Based Neural Network Ensemble Model. ICANN 2006.

[15] Aciti, Claudio; Marone, José A.; Capra, Jorge; Capra, Bernardo. Una aplicación móvil para el

reconocimiento automático de matrículas de automóviles argentinos. 2012.

[16] Sandström Carl. An evolutionary approach to time series forecasting with artificial neural networks. 2015.

[17] Olivas Varela José Angel. Contribución al estudio experimental de la predicción basada en categorías deformables borrosas. 2000.

Redes Neuronales Artificiales aplicadas al Fútbol, Análisis, Evaluación y Predicción utilizando la red neuronal Back Propagation

Gonzalo H. Domínguez gonzalohernandominguez@gmail.com; Juan P. Morales Insua jpinsua89@gmail.com; Matías Jorge jorgematias.91@gmail.com; Mauricio A. García mauromam32@gmail.com; Pablo L. Palacios Tapia leopalaciosutn@gmail.com; Federico Aguirre fedeaguirreutn@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata
La Plata (1900), Argentina

Contexto

En el marco de la materia “Inteligencia Artificial”, perteneciente a la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, de la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata; la cátedra solicita para la aprobación, la realización de un trabajo grupal que integre las unidades temáticas desarrolladas a lo largo de la cursada, con el objetivo de poner en relación los conceptos aprendidos.

Resumen

Con el avance de la Inteligencia Artificial (IA) nuevos campos de exploración están en auge. En ámbitos de investigación se observa cómo la IA está revolucionando diversos ámbitos de la vida cotidiana. Uno de los pilares básicos en los que se apoya la IA son las Redes Neuronales Artificiales, que son un modelo computacional análogo al funcionamiento físico del cerebro de animales y humanos. Varios ejemplos se encuentran en el área de control de sistemas, planificación automática, la habilidad de responder a diagnósticos y a consultas de los consumidores, reconocimiento de escritura, reconocimiento del habla y reconocimiento de patrones. Los sistemas de IA, actualmente, son parte de la rutina en diversos campos como la economía, la medicina, la ingeniería y la milicia, y se ha usado en gran variedad de aplicaciones de software; sostén de juegos de estrategia e incluso en el deporte, especialmente en el fútbol. El objetivo que tiene nuestro trabajo es, a partir de una base de datos (que contiene fecha, ronda, estadio, local, visitante, goles del equipo local y del equipo visitante, total de goles del partido, el ganador y el minuto en el que ocurre el primer gol), lograr que la red neuronal artificial denominada Back Propagation, tenga la capacidad de interpretar y predecir según estas características, en un partido

determinado, quién va a ser el primer equipo en convertir el primer gol.

Palabras Clave: Fútbol Argentino. Redes Neuronales Artificiales. RNA. Inteligencia Artificial. IA. Back Propagation. Perceptrón. Perceptrón Multicapa. Superclásico. Tanagra.

1. Introducción

La IA, también llamada inteligencia computacional, es la inteligencia exhibida por máquinas [1]. En ciencias de la computación, una máquina “inteligente” ideal es un agente racional flexible que percibe su entorno y lleva a cabo acciones que maximicen sus posibilidades de éxito en algún objetivo o tarea [2] [3] [4] [5]. Coloquialmente, el término inteligencia artificial se aplica cuando una máquina imita las funciones “cognitivas” que los humanos asocian con otras mentes humanas, como por ejemplo: “aprender” y “resolver problemas” [1]. Según Takeyas (2007) [6] la IA es una rama de las ciencias computacionales encargada de estudiar modelos de cómputo capaces de realizar actividades propias de los seres humanos en base a dos de sus características primordiales: el razonamiento y la conducta.

En 1956, John McCarthy acuñó la expresión “inteligencia artificial”, y la definió como: “...la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cómputo inteligentes” [7].

Existen diferentes pilares básicos en los que se apoya la inteligencia artificial, algunos de ellos son [8]:

- Búsqueda del estado requerido en el conjunto de los estados producidos por las acciones posibles.
- Algoritmos genéticos (análogo al proceso de evolución de las cadenas de ADN).

- Redes neuronales artificiales (análogo al funcionamiento físico del cerebro de animales y humanos).
- Razonamiento mediante una lógica formal análogo al pensamiento abstracto humano.

1.1 Redes Neuronales Artificiales

Las redes neuronales son un modelo computacional basado en un gran conjunto de unidades neuronales simples (*neuronas artificiales*), de forma aproximadamente análoga al comportamiento observado en los axones de las neuronas en los cerebros biológicos. Como se observa en la Figura 1, cada unidad neuronal está conectada con muchas otras y los enlaces entre ellas pueden incrementar o inhibir el estado de activación de las neuronas adyacentes. Cada unidad neuronal, de forma individual, opera empleando funciones de suma. Puede existir una función limitadora o umbral en cada conexión y en la propia unidad, de tal modo que la señal debe sobrepasar un límite antes de propagarse a otra neurona. Estos sistemas aprenden y se forman a sí mismos, en lugar de ser programados de forma explícita, y sobresalen en áreas donde la detección de soluciones o características es difícil de expresar con la programación convencional [9].

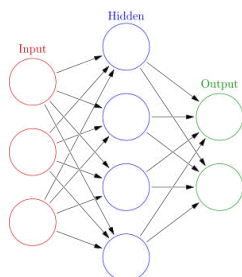


Figura 1: Red neuronal artificial

Al igual que con la definición de IA, existen multitud de definiciones para las redes neuronales. Algunas de ellas son [10]:

- Una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos.
- Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles.
- Redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico.

A continuación, enumeramos algunas ventajas para poder analizarlas.

1.1.1 Ventajas

Debido a que presentan un gran número de características similares a las del cerebro humano, las redes neuronales son capaces de aprender de la experiencia, de abstraer características esenciales a partir de entradas que presentan información irrelevante, de generalizar de casos anteriores a nuevos casos, etc. Todo esto permite su aplicación en un gran número de áreas muy diferenciadas. Las principales ventajas que representan son [10]:

- *Aprendizaje Adaptativo*: Capacidad de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o en una experiencia inicial.
- *Auto-organización*: Una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.
- *Tolerancia a fallos*: La destrucción parcial de una red conduce a una degradación de su estructura; sin embargo, algunas capacidades de la red se pueden retener, incluso sufriendo un gran daño.
- *Operación en tiempo real*: Los cómputos neuronales pueden ser realizados en paralelo; para esto se diseñan y fabrican máquinas con hardware especial para obtener esta capacidad.
- *Fácil inserción dentro de la tecnología existente*: Se pueden obtener chips especializados para redes neuronales que mejoran su capacidad en ciertas tareas. Ello facilitará la integración modular en los sistemas existentes.

Analizaremos a continuación la estructura de una red neuronal.

1.1.2 Estructura

Para describir la estructura de una red neuronal, primero describimos la estructura de lo que denominamos neurona. Una neurona es la unidad básica de la red. La podemos describir comparandola con una neurona biológica, ya que el funcionamiento será similar [10].

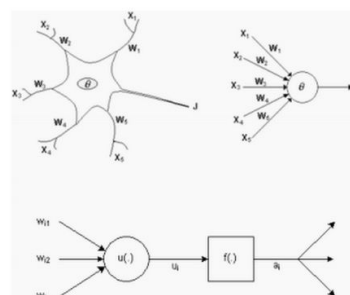


Figura 2: Similitud de neuronas

Como se observa en la parte superior de la Figura 2, vemos una neurona biológica, ésta está formada por sinapsis, axón, dendritas y cuerpo. En la parte inferior tenemos una neurona artificial que es una unidad de procesamiento de la información, es un dispositivo simple de cálculo que ante un vector de entradas proporciona una única salida. Sabiendo ya que la neurona es la unidad básica de la red, podemos definir una red neuronal como modelos matemáticos inspirados en sistemas biológicos, adaptados y simulados en computadoras convencionales.

1.1.3 Clasificación según su Arquitectura

La arquitectura de una red consiste en la disposición y conexionado de las neuronas. Podemos distinguir en una red, el número de capas, el tipo de las capas, que pueden ser ocultas o visibles, de entrada o de salida y la direccionalidad de las conexiones de las neuronas. Todo esto nos sirve para clasificarlas en [10]:

- **Redes Monocapa** (ver Figura 3): cuentan con una capa de neuronas, que intercambian señales con el exterior y que constituyen a un tiempo la entrada y la salida del sistema. Una de las redes más representativas de este modelo es la red de Hopfield, que ha tenido una gran influencia en el desarrollo posterior de redes neuronales.

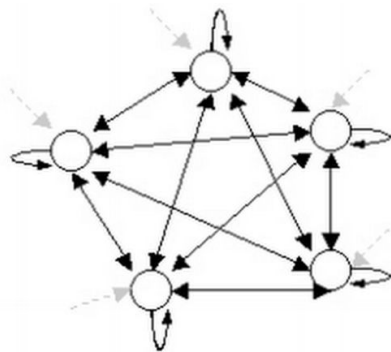


Figura 3: Arquitectura de una red de Hopfield

- **Redes Multicapa** (ver Figura 4): están formadas por dos o más capas de neuronas conectadas entre ellas. Generalmente son capaces de aprender funciones que una red de capa simple no puede aprender, por lo que ofrecen mejores capacidades computacionales. Para que este incremento en poder computacional sea tal, tiene que existir una función de activación no lineal entre las capas, por lo que generalmente se

utilizará una función de activación sigmoidea en detrimento de la lineal o umbral [11].

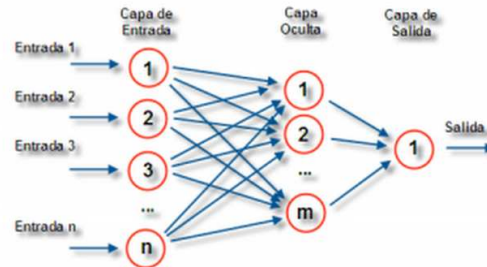


Figura 4: Arquitectura de una red multicapa

Las capas pueden clasificarse en tres tipos [12]:

- **Capa de entrada:** Constituida por aquellas neuronas que introducen los patrones de entrada en la red. En estas neuronas no se produce procesamiento.
- **Capas ocultas:** Formada por aquellas neuronas cuyas entradas provienen de capas anteriores y cuyas salidas pasan a neuronas de capas posteriores.
- **Capa de salida:** Neuronas cuyos valores de salida se corresponden con las salidas de toda la red.

La propagación hacia atrás (o *Back Propagation*) es un algoritmo utilizado en el entrenamiento de estas redes, por ello, el perceptrón multicapa también es conocido como red de retropropagación.

Dependiendo de cómo sean estas conexiones podemos hacer otra subdivisión [10]:

- **Redes con conexiones hacia delante:** Este tipo de redes contienen solo conexiones entre capas hacia delante. Esto implica que una capa no puede tener conexiones a una que reciba la señal antes que ella en la dinámica de la computación.
- **Redes con conexiones hacia atrás:** En este tipo de redes pueden existir conexiones de capas hacia atrás y por tanto la información puede regresar a capas anteriores en la dinámica de la red.

1.2 Tanagra

Para el desarrollo del trabajo utilizaremos la herramienta denominada Tanagra en su versión 1.4. Tanagra (ver Figura 5) es un paquete de software gratuito de Machine Learning desarrollado por Ricco Rakotomalala para fines académicos y de investigación. Tanagra admite varias tareas estándar de minería de datos, así como también algoritmos de redes neuronales [13].

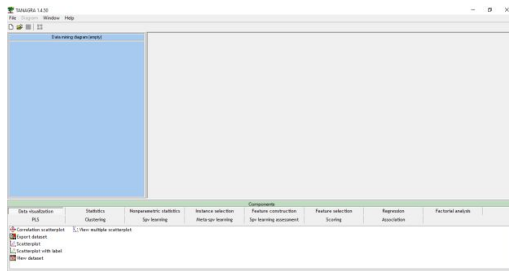


Figura 5: Entorno de Tanagra 1.4

2. Elementos del Trabajo y metodología

La red neuronal que utilizaremos deberá tener la capacidad de predecir cuál es el equipo que marcará el primer gol, teniendo como datos de entrada fecha, ronda, estadio, local, visitante, goles del equipo local y del equipo visitante, total de goles del partido, el ganador y el minuto en el que ocurre el primer gol.

Como se observa en la Figura 6, se utilizará para la prueba una base de datos de dos equipos determinados. En este caso elegimos los resultados deportivos de Boca Juniors en contraposición a los de River Plate de la primera división del Fútbol Argentino, con un registro de 370 partidos disputados, incluyendo Amateurismo y Profesionalismo [14].

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
FECHA	RONDA	ESTADIO	LOCAL	VISITANTE	GOLES LOCAL	GOLES VISITANTE	TOTAL GOLES	GANADOR	MINUTO		
11	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
12	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
13	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
14	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
15	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
16	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
17	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
18	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
19	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
20	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
21	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
22	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
23	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
24	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
25	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
26	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
27	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
28	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
29	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
30	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
31	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1
32	1	1910	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Figura 6: Historial de Boca Juniors vs. River Plate

Para el desarrollo del presente trabajo utilizaremos las Redes Neuronales Perceptrón Multicapa, ya que se caracterizan principalmente por su capacidad de obtener cierto aprendizaje dado un conjunto predefinido de datos de entrada-salida, y clasificarlos para estimar o predecir los resultados. Por lo tanto, consideramos que este tipo de RNA es la indicada para la realización de nuestro sistema. La arquitectura y topología final de la red neuronal tendrá los siguientes atributos:

- *Número de capas:* multicapa.
- *Neuronas de entrada:* 12.
- *Neuronas de salida:* 1.
- *Forma de conexión:* hacia adelante.
- *Arquitectura:* heteroasociativa.

Al hacer uso de Tanagra se determinaron opciones y se seleccionaron aquellas que, en función de nuestro trabajo, nos resultaron pertinentes a los fines del mismo. En el software se utilizará del total de los registros, un 75% para el entrenamiento de la RNA, y el 25% restante para la validación de los mismos, realizando 1000 iteraciones. A continuación, detallamos la metodología a utilizar para el uso de la herramienta [15]:

- Abrimos la herramienta: se leen los datos de un fichero Excel donde están los datos en forma de columnas. Pulsar en **File** → **New**.
- Se obtiene el siguiente menú donde se incluye en la ventana **Data mining diagram file name** el nombre del fichero tipo de Tanagra (ver Figura 7). Después, en la ventana **Dataset** se escribe el nombre del fichero origen de los datos.

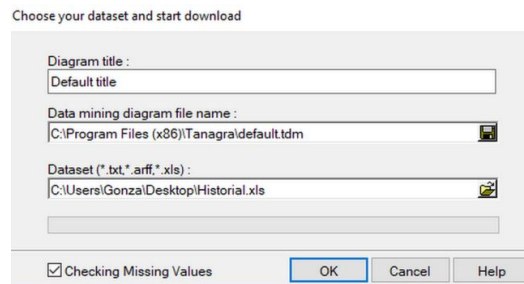


Figura 7: Ventana Data mining diagram

- Se inserta un elemento de tipo **Define status** (como se puede ver en la Figura 9, un icono con un cuadrado de colores con flechas en su interior) colgándolo del elemento **Data set** (ver Figura 8).

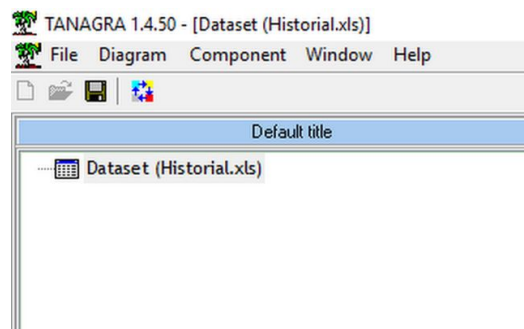


Figura 8: Data set

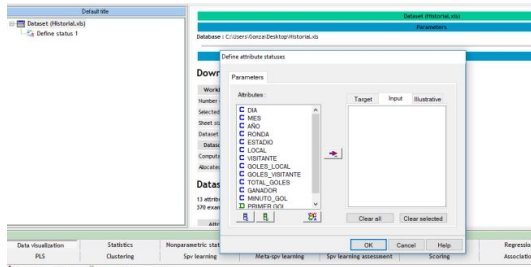


Figura 9: Define status

- En la pestaña **Input** se incluyen todas las variables explicativas y en la pestaña **Target** se incluye la variable de salida (ver Figura 10 y Figura 11).

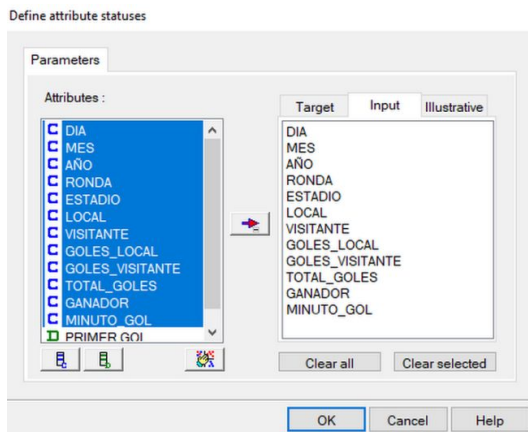


Figura 10: Parámetros de entrada

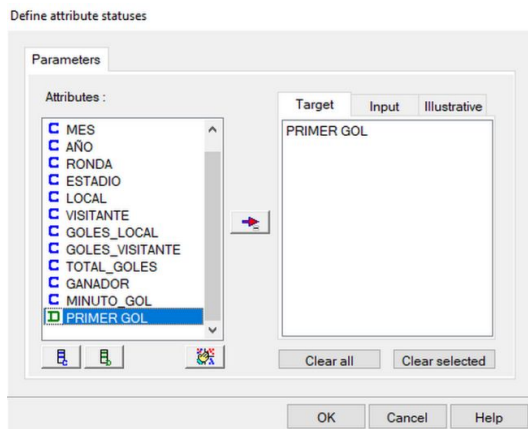


Figura 11: Parámetros de salida

- Se toma una parte de la muestra como conjunto de entrenamiento y la otra como conjunto de validación. Para ello se inserta desde el componente **Instance Selection** un menú de tipo **Sampling** y se toma el 75% de los datos para entrenamiento (ver Figura 12 y 13).

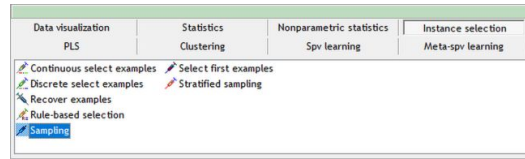


Figura 12: Sampling

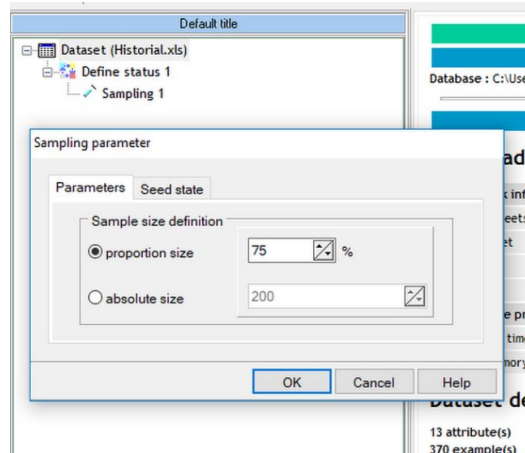


Figura 13: Datos para entrenamiento

- Se incluye desde el componente Spv Learning el elemento de **Multilayer Perceptron** (ver Figura 14). Se fijan los valores de los parámetros en la pestaña **Supervised parameters** (ver Figura 15).

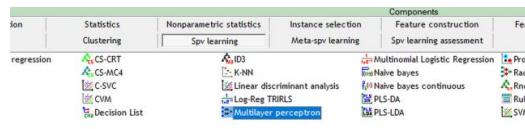


Figura 14: Multilayer Perceptron

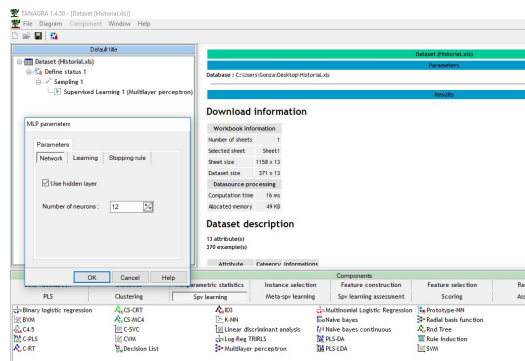


Figura 15: Número de neuronas de entrada

Se pulsa la pestaña **Execute** y los resultados correspondientes a la red pedida se obtienen en la ventana de la derecha.

3. Resultados

A partir del uso de la herramienta, logramos alcanzar los resultados que se observan en la Figura 16:

Error rate			0,1408				
Values prediction			Confusion matrix				
Value	Recall	1-Precision		River Plate	Boca Juniors	Ninguno	Sum
River Plate	0,8108	0,1589					
Boca Juniors	0,8696	0,1489	River Plate	90	21	0	111
Ninguno	1,0000	0,0345	Boca Juniors	17	120	1	138
			Ninguno	0	0	28	28
			Sum	107	141	29	277

Figura 16: Resultados de Perceptrón Multicapa

- De 111 veces que la RNA debió predecir que el primer gol lo convirtió River Plate, lo hizo un total de 90 veces, dando un total de 81% de aciertos aproximadamente.
- De 138 veces que la RNA debió predecir que el primer gol lo convirtió Boca Juniors, lo hizo un total de 120 veces, dando un total de 87% de aciertos aproximadamente.
- De 28 veces que la RNA debió predecir que ningún equipo realizó ningún gol, lo hizo un total de 28 veces, dando un total de 100% de aciertos.

Se incluye otro elemento (desde el componente **Feature Selection**) Define status para analizar los datos de validación. Se pone como variable tipo **Input** pred_SpvInstance y como variable tipo **Target** a la variable de salida. Se contrasta si las predicciones son correctas, para ello se incluye desde el componente Spv learning assessment un elemento de tipo **Test**, como se observa en la Figura 17, 18 y 19.

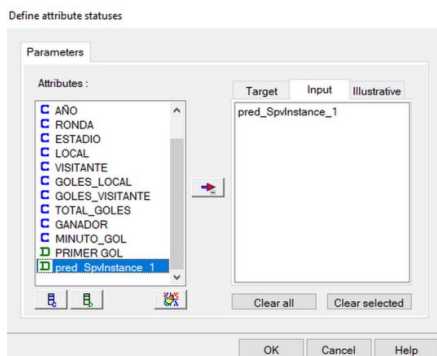


Figura 17: Análisis de los datos de validación

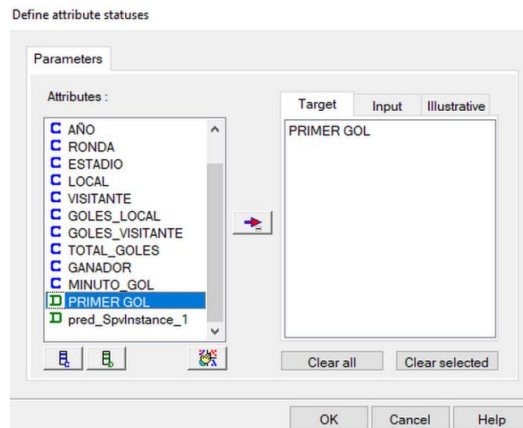


Figura 18: Análisis de los datos de validación

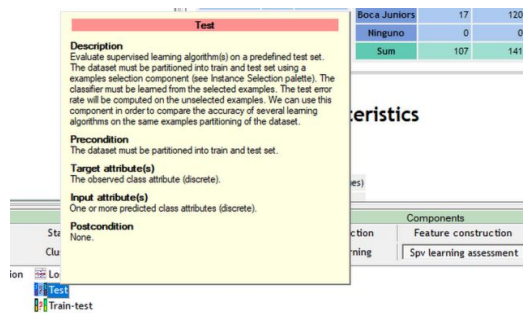


Figura 19: Elemento tipo Test

Los resultados se pueden copiar desde la pestaña del menú principal **Component** → **Copy results** en una hoja de Excel y allí se pueden realizar las gráficas que se quieran y organizar la salida de datos.

Por lo tanto, el *análisis de los datos de predicción* es (Figura 20):

Error rate			0,2903				
Values prediction			Confusion matrix				
Value	Recall	1-Precision		River Plate	Boca Juniors	Ninguno	Sum
River Plate	0,6098	0,3056					
Boca Juniors	0,7381	0,3404	River Plate	25	16	0	41
Ninguno	1,0000	0,0000	Boca Juniors	11	31	0	42
			Ninguno	0	0	10	10
			Sum	36	47	10	93

Figura 20: Análisis de la predicción

Debido al alto porcentaje de aciertos en las predicciones, podemos decir que la RNA tuvo la capacidad de aprender. El porcentaje de error de la red neuronal es del 14% aproximadamente.

4. Discusión

A partir de los resultados hemos podido analizar en forma particular y determinar qué tan eficiente era la predicción que estábamos teniendo con el software

utilizado. Las distintas pruebas que fuimos llevando a cabo, nos permitieron advertir que el error arrojado por el software era de 0.1408, lo cual indicaba un alto nivel de certeza en la predicción, que debería ser trabajada hasta lograr, con más parámetros de entrada, mayor precisión.

5. Conclusión y trabajo futuro

Luego de analizar las distintas opciones para llevar a cabo la implementación de la RNA, seleccionamos *Tanagra*, por ser una herramienta libre de pago, lo cual nos demostró, que, a pesar de ser gratuita, es una software muy potente. Con el análisis llegamos a los datos de la manera correcta, permitiendo alcanzar a los objetivos planteados sin mayores complicaciones.

Analizando los resultados que se obtuvieron de la RNA elegida junto con los parámetros seteados, podemos decir que la opción de la *RNA Perceptrón Multicapa* fue acertada, ya que tuvo alto grado de efectividad. El RNA predijo la respuesta correcta con un promedio del 86.9% de aciertos. Observamos también que el porcentaje menor de los mismos (River Plate – 81%) se dio en la opción donde menos ejemplares había en la población inicial de 370 registros. Podemos suponer entonces que, a mayor cantidad de ejemplares en la población, mejor será la interpretación y la predicción. Se concluye también que, con el aumento de los registros, la efectividad era de grado creciente, acercándose a la cuasi perfección.

En futuros trabajos se plantearán análisis comparativos entre diferentes software y sus ámbitos de aplicación, para observar el grado de predicción de cada uno de ellos.

Referencias

- [1] Inteligencia Artificial. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_artificial, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [2] E. Hullermeier, R. Kruse y F. Hoffmann, “Computational Intelligence for Knowledge-Based Systems Design”, 13th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty, IPMU 2010, Dortmund, Germany.
- [3] MIT Computer Science & Artificial Intelligence Lab [online]. Disponible: <https://www.csail.mit.edu/>, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [4] Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada [online]. Disponible: <http://decsai.ugr.es/>, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [5] Stanford Artificial Intelligence Laboratory [online]. Disponible: <http://ai.stanford.edu/>, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [6] B. L. Takeyas, “Introducción a la Inteligencia Artificial”, Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Nuevo Laredo, Tamps, México.
- [7] Stanford Artificial Intelligence Laboratory. Basic Questions [online]. Disponible: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/node1.html>, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [8] Nils John Nilsson. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Nils_John_Nilsson, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [9] Red neuronal artificial. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_neuronal_artificial, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [10] H. G. Asencio y A. Martínez Bowen, “Inteligencia Artificial. Redes neuronales y aplicaciones”, I.T.T Telemática, Universidad Carlos III, Madrid, España.
- [11] R. Cárdenes Almeida, “Inteligencia Artificial. Práctica 2”, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- [12] Perceptrón Multicapa. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Perceptr%C3%B3n_multicapa, Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [13] Tanagra (machine learning). Wikipedia [online]. Disponible: [https://en.wikipedia.org/wiki/Tanagra_\(machine_learning\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tanagra_(machine_learning)), Consulta: 5 de Mayo del 2018.
- [14] Superclásico del Fútbol Argentino. Wikipedia [online]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Supercl%C3%A1sico_del_F%C3%BAtbol_argentino, Consulta: 12 de Mayo del 2018.
- [15] “Redes Neuronales con Tanagra”, Departamento de Estadística, Universidad Carlos III, Madrid, España. Disponible: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/Expertos/Sobre%20NN%20tanagra.pdf>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Agradecimientos

A la cátedra de Inteligencia Artificial de la UTN, Facultad Regional La Plata, por su guía y apoyo incondicional para llevar a cabo este trabajo: Mg. María Florencia Pollo-Cattaneo, Ing. Cinthia Vegega e Ing. Kuz Antonieta por su aporte.

Datos de Contacto

- ❖ Gonzalo Hernán Domínguez. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: gonzalodominguez@live.com.ar
- ❖ Juan Pablo Morales Insua. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: jpinsua89@gmail.com
- ❖ Matías Jorge. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: jorgematias.91@gmail.com
- ❖ Mauricio Ariel García. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: mauromam32@gmail.com
- ❖ Pablo Leonel Palacios Tapia. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: leopalaciosutn@gmail.com
- ❖ Federico Aguirre. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional La Plata. Código Postal: 1900. La Plata. Email: fedeaguirreutn@gmail.com

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Trabajos estudiantiles Extra Cátedra

Tarjeta Personal Medicinal Única

FONTAINE DIGIER IGNACIO GABRIEL

Universidad del Aconcagua, Facultad de Ciencias Sociales y Administración

Abstract

Ahora se introducirá cómo surgió la idea de la creación de la “Tarjeta Medicinal” la cual consiste en una tarjeta parecida a una tarjeta de crédito o la Sube (Sistema Único de Boleto Electrónico) [2] [3], en la cual contiene datos personales como el nombre de la persona, DNI, dirección donde vive, teléfono de contacto, etc. Como también poseerá sus datos médicos personales. Por ejemplo: tipo de sangre, tipo de enfermedad, tratamiento a seguir, historial clínico, nombre de la obra social, receta del médico, etc. La correspondiente idea fue pensada con el fin de tener toda esta información más al alcance de la mano, intentando eliminar o reducir la presencia de papeles para este tipo de operaciones.

Palabras Clave

Tarjeta Medicinal, transportación de documentación, conexión NFC, datos personales, datos médicos.

Introducción

La correspondiente tarjeta medicinal surgió como idea para facilitarle la vida tanto a los usuarios de la tarjeta medicinal como a las obras sociales y a los centros médicos u hospitales. Esta idea fue planteada para que una persona que deba realizarse una serie de estudios médicos, posea un determinado número de ordenes médicas para comprar medicamentos o llevar con sigo sus estudios médicos, lo pueda llevar todo esto en su tarjeta medicinal. Sin la necesidad de transportar toda su documentación en papel. Simplemente llevando toda la información pertinente en una simple tarjeta medicinal. Esto conllevaría a poder llevar toda la información necesaria de cada persona en una cómoda y pequeña tarjeta al alcance de todas las personas. El medio por el cual obtener la tarjeta medicinal es de público acceso y gratuito. De este modo estaríamos abarcando a toda la población residente en la República Argentina. Con esta idea estaríamos introduciendo un nuevo concepto en materia de medicinal, al

intentar unificar tanto a las entidades públicas, entidades privadas del ámbito médico como también unificar la venta de medicamento por parte de farmacias en todo el país. Así solamente la persona o usuario dueño de la tarjeta medicinal, podría dirigirse a cualquier farmacia del país con su correspondiente tarjeta medicinal y efectuar correctamente la compra de medicamentos necesarios, indicados en dicha orden médica. Esto permitiría una integración y seguridad de los datos [5] [6] en la venta de medicamentos, bajando considerablemente la venta ilegal de medicamentos, al contar con estrictos controles de seguridad y permisos o roles que justifiquen los diferentes niveles de seguridad implementados en el sistema.

Desarrollo

Cada persona tendría asociada una tarjeta medicinal la cual contiene toda su información personal y médica. La cual se puede apreciar en la Figura 1 y Figura 2. Esta persona a la hora de visitar un hospital o centro médico por algún tema de salud, se le solicitaría su tarjeta medicinal por parte del médico o profesional a cargo en cuestión que lo atiende, el cual podrá ver de manera rápida y completa todos sus datos personales como sus datos médicos y su historial clínico, en una cómoda, amigable e intuitiva interfaz gráfica instalada en terminales específicamente diseñadas para este sistema. La interfaz gráfica contaría con la correcta visualización de los datos requeridos. En la cual permitirá una rápida idea o aproximación de cuál podría ser el problema o la situación a tratar. En cuyo caso que el médico o profesional dictase una orden medica hacia el paciente, el medico cargaría esta “orden medica” en

la tarjeta medicinal del usuario o paciente, por medio de uso de la interfaz gráfica y el uso de la terminal, correspondiente a los medicamentos a comprar y en que horarios y que cantidad tomarlos.

Toda esta lectura y carga de datos es necesario disponer de terminales especiales con un adaptador que posea de un lector de NFC [1] [4], con el cual permita realizar la conexión con la tarjeta medicinal. Una vez colocada la tarjeta en la terminal en el correspondiente lector de NFC, procederemos a usar un “software” especialmente diseñado con interfaz gráfica lo cual permitirá realizar todas estas tareas de un modo más fácil e intuitivo para los operadores.

Luego de que el médico o profesional realice la carga de receta u orden medica correspondiente, el paciente se encontrara listo para dirigirse a cualquier farmacia que cuente con este sistema de lectura de NFC [1] [4] y software especializado, en la cual la farmacia solamente podrá ver los datos relacionados a las recetas u órdenes medicas solicitadas por el médico o profesional. Por cuestiones de seguridad y privacidad la farmacia solamente se limitara a ver los datos de las recetas u órdenes médicas que los médicos o profesionales dictaron para el paciente en cuestión, realizando la correspondiente carga del medicamento en la tarjeta medicinal del usuario para que posteriormente dejar por sentado la compra o adquisición de dicho medicamento, impidiendo que dicho usuario o paciente pueda realizar la compra del mismo medicamento en otra farmacia o entidad. Esta medida de seguridad fue desarrollada como se explico con anterioridad para intentar reducir el índice de venta ilegal de medicamentos. Ahora introducirá una explicación que concierne a los diferentes actores/entidades que intervienen en el sistema:

Persona

Persona o ciudadano residente en la Republica Argentina el cual adquirió la tarjeta medicinal de manera gratuita ya sea

por parte de la obra social a la cual es afiliado o fue emitida por un agente o trabajador gubernamental encargado de la autorización y emisión de dicha tarjeta medicinal, ubicado en un hospital o centro de salud.

Tarjeta Medicinal

Tarjeta Medicinal perteneciente a una persona que contiene datos personales del mismo, como su información médica. Podemos apreciar las Figura 1 y Figura 2 en el cual se muestra un prototipo de cómo sería el diseño físico de la tarjeta medicinal. En el podemos apreciar que la tarjeta medicinal consta de una serie de elementos o componentes como, banda magnética, código QR, número de tarjeta medicinal, chip de seguridad, nombre del propietario y un logo.

Como propuestas de diseño de la Tarjeta Medicinal, nosotros hemos propuesto dos diseños diferentes. En uno de ellos la tarjeta medicinal consta de una gran memoria interna, utilizando la tecnología de “Memorias Flash Micro SD” [8] [9] de gran tamaño, la cual permite almacenar toda la información tanto personal como médica del propietario o persona. La cual además proporcionaremos una copia de toda la información de cada una de las tarjetas medicinales en nuestro servidor de base de datos.

La segunda opción constaría en que la tarjeta medicinal no posea una “Memorias Flash Micro SD” [8] [9] de gran tamaño, con lo cual nos vemos limitados a hacer que la tarjeta medicinal conste únicamente con un “Numero de Identificador Único” [10] para poder con este número de identificar único conectarse con el servidor, para poder recuperar los datos pertinentes del propietario o persona.

Hospitales

Entes públicos y privados en los cuales se encontraran instalados terminales especiales para la lectura y carga de datos para la tarjeta medicinal de la persona. Los cuales constaran con el sistema correspondiente

para el uso de la tarjeta medicinal. Una parte fundamental de esta idea consiste en crear en ciertos hospitales o centros médicos donde concurra un mayor número de gente, una oficina o área especial encargada de la emisión de dicha tarjeta medicinal a aquella gente que no la posea. Dependiendo si la persona posee o no obra social es de donde vamos a proceder a extraer o adquirir información de dicha persona solicitante. Lo que se quiere explicar es que si la persona posee obra social y no la ha adquirido aun la tarjeta medicinal, dicha persona puede solicitarla igualmente y esta oficina se contactaría por medio de un software especialmente diseñado para el sistema en cuestión, con dicha obra social para obtención de datos personales y médicos. En caso contrario se procedería a una carga de persona nueva. La cual las tareas mencionadas quedarían a cargo de ejecutarlas por un agente o trabajador gubernamental.

Doctores o Profesionales Médicos

Los doctores o profesionales médicos de diversos centros médicos, hospitales, clínicas, ya sea de carácter público o privado. Serían capaces de poder visualizar de manera completa la información medicinal de la persona dueña de la tarjeta. O también se planteó la idea de que solamente se pueda visualizar la información médica pertinente dependiendo de la especialidad del médico o profesional médico o sectorizarlos por departamentos médicos. Esto permitiría discriminar la información ya sea por privilegios o roles que goce el usuario o al cual fue asignado para que opere con la tarjeta medica de un paciente en concreto, como además hacerlo dependiendo el departamento o área médica donde se encuentre instalado el sistema con la terminal correspondiente para acceder a dicho sistema.

Pero en principio los doctores o profesionales médicos tendrían acceso total a visualizar la información médica de la persona, pero no dispondría con la

posibilidad de alterar la información personal del paciente.

Esa parte se reserva especialmente a las obras sociales o a la oficina especializada ubicada en los hospitales o centros médicos como ya detallo más arriba.

Los doctores o profesionales médicos podrían visualizar los historiales clínicos propios de la persona, recetas u órdenes médicas antiguas recetadas, tratamientos en curso, etc. Teniendo dicha información aportaría la posibilidad de entender y atacar de la mejor manera posible el problema de la persona. Esto define un nuevo concepto en materia médica de cómo obtener y visualizar toda la información requerida por los médicos o profesionales médicos, de una manera rápida, eficiente, segura, amigable con el usuario final, etc.

Tendrían como función la carga de nueva información médica, ordenes médicas o recetas, tratamientos a seguir, etc. La visualización de información médica en una terminal informática con su correspondiente interfaz gráfica y software instalado. Y por último la posibilidad de modificar algo en caso que se haya producido algún error humano.

Obras Sociales

Obras sociales de carácter públicas o privadas las cuales constan con toda la información personal e información médica de las personas afiliadas. Esta información es de suma importancia para el proyecto ya que extraeríamos directamente los datos de las obras sociales, para realizar la carga de datos a la tarjeta medicinal de cada persona solicitante.

Las obras sociales serían las encargadas de suministrar las tarjetas medicinales a todos sus afiliados, con la correspondiente carga de datos.

Terminales y Software

Para la lectura y carga de datos de la tarjeta medicinal necesitaríamos disponer con terminales informáticos específicos para esta nueva implementación. Serían terminales las cuales contarían con un lector

específico de “NFC” [1] [4] en cual funcionaria con solamente apoyar o posicionar la tarjeta medicinal para poder visualizar los datos en la pantalla del terminal.

Estos datos se presentarían en nuestra pantalla de la terminal en una “interfaz gráfica” especialmente diseñada para mostrar los datos de manera prolija, ordenara y de la forma más intuitiva posible.

Esta idea general plantea la posibilidad de colocar estas terminales informáticas en hospitales, centros de salud, consultorios, etc. Para poder presentar todo un sistema completo e íntegro para el desarrollo y usabilidad de nuestra tarjeta medicinal. Esto ahorraría de una forma exponencial la no presencia de papel. Ahorrando en gastos de insumos y siendo más ecológico y amigable con el medio ambiente.

Base de datos (Nube)

Contar con una base de datos o sistema de nube en el cual podremos guardar y respaldar de manera segura todos los datos de dichas tarjetas. En caso de pérdida o rotura de la misma.

El cual facilitaría en caso de rotura, extravío de la tarjeta medicinal la obtención de esos datos pertenecientes a cada usuario de dicha tarjeta medicinal.

Además gracias a la implementación de este sistema nube, podremos realizar las correspondientes consultas de datos de las tarjetas medicinales por medio de los terminales informáticos descriptos con anterioridad y contando por supuesto con una conexión a internet para realizar la conexión con nuestro servidor.

Trabajos Relacionados

Actualmente no se disponen de trabajos relacionados como el descripto en este documento, aplicado al campo de la medicinal.

Aunque cabe destacar la implementación de un trabajo relacionado en la provincia de Buenos Aires - Argentina que funciona con tecnología de NFC [1] [4] [5]. El sistema

implementado es llamado “SUBE” [2] [3] – “Sistema Único de Boleto Electrónico” el cual consiste en una tarjeta con tecnología “NFC” [1] [4] [5] que permite a los usuarios acreedores de ella moverse o trasladarse por los transportes públicos que circulan por toda la provincia de Buenos Aires.

El siguiente trabajo consiste en la presentación y declaración de una patente para la creación y diseño de un dispositivo lector de “NFC” [1] [4] [5] transportable. [7]

Conclusión y Trabajos Futuros

En conclusión esta idea o concepto queda planteado y a disposición de cualquier persona que desee implementar lo detallado en este documento.

El esquema acerca del funcionamiento del sistema de la tarjeta medicinal se puede apreciar en la Figura 7.

Agradecimientos

A mi amada y querida madre Griselda Digier que me brindo todo en la vida.

Referencias

- [1]https://es.wikipedia.org/wiki/Near_field_communication
- [2]<https://www.infotechnology.com/labs/La-verdad-sobre-la-SUBE-como-funciona-la-tarjeta-mas-usada-por-los-argentinos-20180131-0002.html>
- [3]https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_%C3%9Anico_de_Boleto_Electr%C3%B3nico
- [4]http://www.sase.com.ar/2011/files/2011/02/case2011_submission_15.pdf
- [5]<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4529403/?part=1>
- [6]https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/8360228/002%20-%20security%20in%20nfc.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1535032335&Signature=Ert1bGXZMg%2ByKAZ52TNGSO%2BGyo%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DSecurity_in_near_field_communication_NFC.pdf
- [7]<https://patents.google.com/patent/US6259769B1/en>
- [8]<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1199079/>
- [9]https://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_flash
- [10]https://es.wikipedia.org/wiki/Identificador_%C3%BAnico

Figuras

Figura 1: Tarjeta Medicinal Frontal



Figura 2: Tarjeta Medicinal Reverso

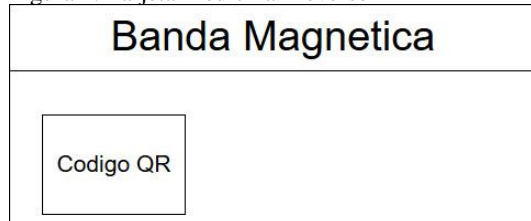


Figura 3: Caso de Uso – Adquisición Tarjeta Medicinal, en el cual el usuario posee obra social.

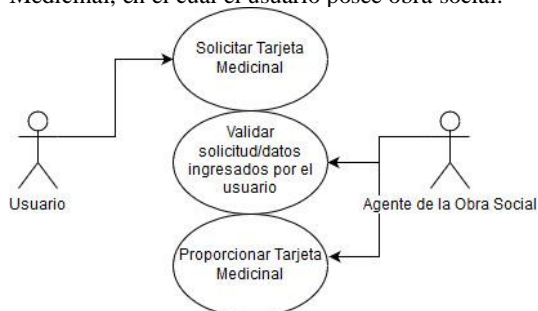


Figura 4: Caso de Uso – Adquisición Tarjeta Medicinal, en el cual el usuario no posee obra social.

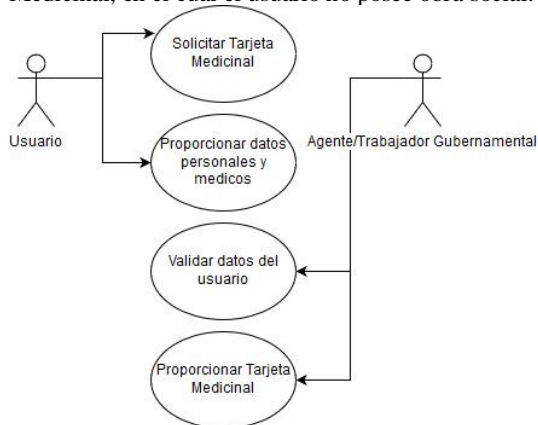


Figura 5: Caso de Uso – Funcionamiento/Interacción con el sistema de software y hardware en un ámbito de salud público o privado.

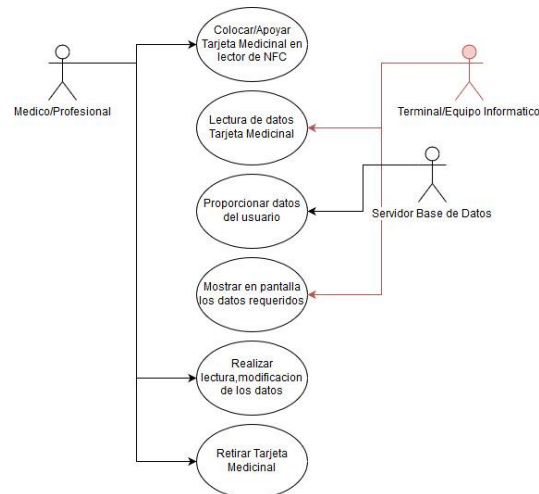


Figura 6: Caso de Uso - Funcionamiento/Interacción con el sistema de software y hardware en un ámbito farmacéutico.

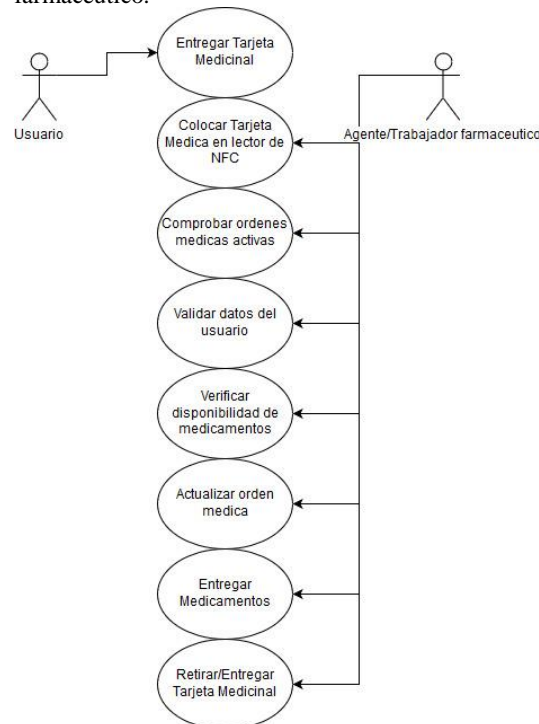
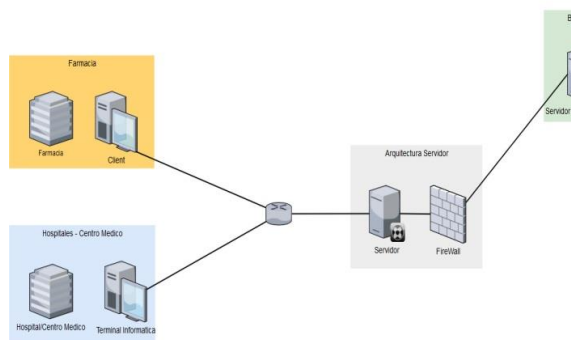


Figura 7: Funcionamiento del sistema de Tarjeta Medicinal.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Funcionamiento del sistema de Tarjeta Medica



Diseño de un sistema de control de energía

Suárez¹, Gabriela Y., Osio^{1,2}, Jorge R. y Cappelletti^{1,2,3}, Marcelo A.

¹ Programa Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en aplicaciones de interés social, Instituto de Ingeniería y Agronomía, Universidad Nacional Arturo Jauretche

² Dpto. de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 48 y 116, La Plata (1900), Bs. As., Argentina

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Abstract

Uno de los problemas actuales abordados a nivel mundial, es la contaminación del medio ambiente generada por las producciones de energía basadas en combustibles fósiles. La eficiencia energética es una de las prácticas utilizadas para resolver el problema de contaminación, que tiene como objetivo reducir el consumo de energía sin disminuir la calidad de vida. Este trabajo tiene como principal objetivo minimizar el consumo de energía en grandes instituciones mediante la implementación de un sistema de automatización y control del consumo. El sistema está conformado por microcontroladores con sensores y actuadores. El software embebido consta de un algoritmo de decisión que determina las acciones a realizar a partir del análisis de las mediciones de los sensores. Los datos obtenidos son enviados a un servidor web remoto que se encarga de almacenarlos en una base de datos. Uno de los grandes beneficios del sistema es que garantiza el uso racional de la energía sin la intervención del humano.

Palabras Clave

Software Embebido, Eficiencia Energética, Energía, Optimización

Introducción

Las producciones de energía dependientes de combustibles fósiles liberan dióxido de carbono y otros contaminantes a la atmósfera, lo cual impacta en el cambio climático. Una de las estrategias utilizadas para la disminución del dióxido de carbono se denomina eficiencia energética. La eficiencia energética es una práctica que tiene como objetivo reducir el consumo de energía, es decir, hacer un uso eficiente de la misma, de manera de optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía, utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios. La eficiencia energética se enfoca en el uso de energía independientemente de la fuente

que provenga y puede ser aplicada al sector comercial, industrial o residencial.

La eficiencia energética se logra mediante el uso de tecnologías eficientes [1] y mediante una gestión racional de la energía que se consigue mediante un cambio cultural. Por ejemplo, para ahorrar consumo en un sistema de iluminación se pueden emplear lámparas de bajo consumo (como tecnología eficiente) y utilizarlas sólo cuando sea necesario. Pero con el sustancial avance de la informática, la electrónica, y la microelectrónica, es posible complementar el cambio cultural con la incorporación de sistemas inmóticos, los cuales permiten gestionar de manera inteligente y automática, diferentes tipos de servicios en pos del objetivo deseado [2, 3].

Por lo expuesto, se diseñó un sistema que reduce el consumo de energía de manera automática en diferentes ambientes como oficinas, salas y pasillos, sin provocar cambios en los hábitos de las personas, tomando datos de un conjunto de sensores para luego procesarlos y con ello administrar el consumo de distintos tipos de dispositivos electrónicos. Además, la propuesta tiene como premisas un sistema de bajo costo, escalable, y con capacidad de almacenar datos a largo plazo para su posterior análisis.

El proyecto aquí presentado es parte de un trabajo de investigación llevado a cabo en el marco de una Beca de Entrenamiento para estudiantes que estén próximos a finalizar sus estudios de grado. La beca es financiada por la CIC (Comisión de Investigaciones Científicas) de la provincia de Buenos Aires.

El proyecto se concentró en el control de la iluminación, dado que es la fuente de consumo común a cualquier ambiente, y se organizó de la siguiente manera:

- *Desarrollo inicial del sistema de control:* se programó un microcontrolador para probar individualmente los periféricos y luego se integraron para gestionar el consumo energético;
- *Incorporación de comunicación Wifi:* se incorporó un módulo Wifi para poder mandar datos a través de internet;
- *Implementación del servidor web:* se comunicó al microcontrolador con un servidor web básico;
- *Implementación de base de datos:* se extendió la funcionalidad del servidor web para almacenar la información en una base de datos.

Herramientas de trabajo

Para la implementación del trabajo se han utilizado las siguientes tecnologías:

Tecnologías de Hardware

- Arduino Mega 2560 basado en el microcontrolador ATmega2560 [4]
- Sensor de iluminación o fotoresistor LDR
- Sensor de movimiento PIR
- Sensor de obstáculos infrarrojo IR
- Módulo Wifi ESP8266
- Módulo relay de dos canales

Tecnologías de Software

- Arduino IDE para la programación del microcontrolador [4]
- Node.js para la implementación del servidor web que accede a la información de la base de datos [5]
- MongoDB para la implementación de la base de datos [6]

Implementación del sistema

El prototipo inicial se concentró en el control de iluminación de un único ambiente.

Diseño del circuito e instalación

Un ambiente es controlado mediante un nodo. Tal como se puede visualizar en la

Figura 1, cada nodo del sistema se compone de un bloque central de procesamiento (microcontrolador ATmega 2560) y a su alrededor posee:

- sensores: LDR de iluminación, PIR de movimiento y la barrera infrarroja IR para la detección de personas
- actuadores: el relay que controla la luminaria
- interfaces de comunicación: interfaz Wifi para la comunicación con el servidor web

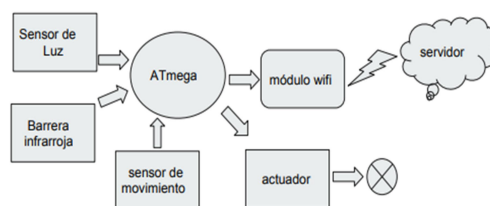


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema completo

El prototipo inicial fue implementado en una protoboard que incluye los periféricos (sensores y actuadores) que se conectan a la placa Arduino Mega.

El sensor de movimiento trabaja con 5 V y emite salidas digitales, es decir, cuando capta movimiento devuelve un 1 y si no devuelve 0. El sensor de obstáculos también trabaja con 5 V y emite salidas digitales (devuelve un 1 cuando capta un obstáculo y si no 0).

El sensor de iluminación trabaja con 5 V y emite salidas analógicas, lo cual quiere decir que cuando se lee el valor medido por el sensor se puede obtener un número dentro de un rango de valores posibles. En este caso, el rango va de 0 a 1023, lo cual significa que los voltajes de 0 a 5 V se mapean a valores enteros de 0 a 1023. Hubo que calibrar el circuito de conexión del sensor de iluminación con una resistencia de 1 kOhm para poder determinar los umbrales de iluminación solar y artificial, para luego en base a los valores obtenidos por el sensor, poder identificar si hay luz solar o si la luz artificial está encendida.

La lógica desarrollada es la siguiente:

- si hay suficiente luz solar, se apaga la luz artificial
- si no hay suficiente luz solar y la luz artificial se encuentra apagada, se mantiene apagada hasta detectar el ingreso de una persona
- si no hay suficiente luz solar y la luz artificial se encuentra encendida, se evalúa si hay personas dentro del ambiente:
 - si no hay personas, se apaga la luz
 - si hay personas se deja encendida

Para detectar el ingreso de una persona, se utilizaron en conjunto el sensor de obstáculos y el de movimiento. Se tuvo que incorporar el de obstáculos ya que el sensor de movimiento capta roedores y emite señales falsas para los fines propuestos. Se colocó el detector de obstáculos al lado de la puerta de entrada a 1 metro de altura y el de movimientos dentro del ambiente. Cuando se detecta un obstáculo en la puerta de entrada, el sistema evalúa durante un período de tiempo si se produce un movimiento dentro del ambiente, de ser así se puede considerar que alguien ingresó y se enciende la luz. Se debe tener en cuenta que la evaluación de un ingreso se hace únicamente en el caso en el no hay luz solar y la luz artificial se encuentra apagada.

Una vez que el sistema enciende la luz, cada 5 minutos evalúa si hay presencia dentro del ambiente y en base a la presencia o ausencia de personas determina la acción a realizar. Para evaluar si hay personas dentro del ambiente, se analiza durante un corto período de tiempo los datos medidos por el sensor de movimiento.

Configuración de la base de datos

Para almacenar la información obtenida de los sensores y registrar las acciones realizadas por el sistema embebido

(encendido o apagado de luces) se utilizó MongoDB que es un sistema de base de datos NoSQL. En lugar de guardar los datos en tablas como se hace en las bases de datos relacionales, MongoDB guarda registros de datos como documentos BSON en colecciones. BSON extiende del modelo JSON para proveer más tipos de datos, entre otras cosas. Las colecciones son análogas a las tablas en bases de datos relacionales. Por defecto, los documentos en una sola colección no necesitan tener el mismo conjunto de campos y el tipo de datos para un campo puede diferir de un documento a otro dentro de una misma colección. En las versiones más nuevas de MongoDB se pueden definir reglas de validación de documentos de una colección para las operaciones Insert y Update. En el trabajo desarrollado la estructura de los documentos se definió en el servidor web a través de la herramienta Mongoose y no a través de Mongo.

Se levantó un único servidor de base de datos en el cual se crearon las siguientes colecciones:

- mediciones: almacena los valores medidos por los sensores (un documento almacena una única medición de un sensor)
- nodos: guarda la información de las placas Arduino utilizadas en el proyecto para identificarlas unívocamente
- sectores: almacena los sectores o espacios del edificio donde se aplica el sistema de control de iluminación
- sensores: almacena los tipos de sensores utilizados (iluminación, movimiento, obstáculos)
- unidades: almacena las distintas unidades de medición
- acciones: cada documento almacena una acción realizada (encendido o apagado de luces), la fecha y hora en la que se efectúa y el microcontrolador que determina la acción

Programación del servidor web

Para el desarrollo del servidor web se utilizó Node.js, Express y Mongoose. Se basa en un servicio que permite acceder a recursos mediante URIs y que soporta distintos tipos de peticiones HTTP para las URIs dadas. Los recursos disponibles son las mediciones, nodos, sensores, sectores, unidades y acciones. Este servicio permite que las aplicaciones intercambien datos: el Arduino envía los datos medidos por los sensores al servicio web, el servicio almacena la información en la base de datos MongoDB a través de la herramienta Mongoose ODM, y una vez ejecutada la acción sobre la base de datos, el servicio retorna al Arduino una respuesta satisfactoria o de error en formato JSON.

El servidor web se estructuró principalmente en los directorios “models”, “controllers”, y “routes” y un archivo llamado “app.js”. La carpeta “models” contiene la estructura de los documentos de las distintas colecciones. Por cada colección se definió un archivo .js, donde se especifica los campos y los tipos de datos de sus documentos. Ver Figura 3 y 4.

```
medicion.js x
1 const mongoose = require('mongoose');
2 const autoIncrement = require('mongoose-plugin-autoinc');
3
4 const medicionSchema = mongoose.Schema(
5 {
6   fecha: { type: Date, default: Date.now },
7   nodo: { type: Number, ref: 'nodo' },
8   sector: { type: Number, ref: 'sector' },
9   sensor: { type: Number, ref: 'sensor' },
10  valor: { type: Number },
11  unidad: { type: Number, ref: 'unidad' }
12 }
13 );
14
15 medicionSchema.plugin(autoIncrement.plugin, 'medicion');
16 module.exports = mongoose.model('medicion', medicionSchema, 'mediciones');
```

Figura 3. Estructura de un documento Medición

```
accion.js x
1 const mongoose = require('mongoose');
2 const autoIncrement = require('mongoose-plugin-autoinc');
3
4 const accionSchema = mongoose.Schema(
5 {
6   fecha: { type: Date, default: Date.now },
7   nodo: { type: Number, ref: 'nodo' },
8   sector: { type: Number, ref: 'sector' },
9   accion: { type: String },
10  descripcion: { type: String }
11 }
12 );
13
14 accionSchema.plugin(autoIncrement.plugin, 'accion');
15 module.exports = mongoose.model('accion', accionSchema, 'acciones');
```

Figura 4. Estructura de un documento Acción

En el archivo “app.js” se definió la conexión a la base de datos y una secuencia de middlewares por los que pasa la petición HTTP recibida. En base al tipo de recurso que el cliente solicita se utiliza el router correspondiente. En la carpeta “routes” se definió un router por cada recurso disponible en un archivo separado. Cada router redirige las peticiones HTTP a los correspondientes controllers. La carpeta “controllers” contiene los controladores de cada recurso. Cada controlador contiene las funciones a ejecutar para atender las solicitudes, las cuales mantienen la lógica de negocio, realizan operaciones sobre la base de datos y retornan un documento JSON. En la Figura 5 se puede visualizar la estructura del sistema.

La conexión a la base de datos se realizó a través de Mongoose. El framework Express se utilizó para definir los middlewares y las rutas por los que pasan las peticiones.

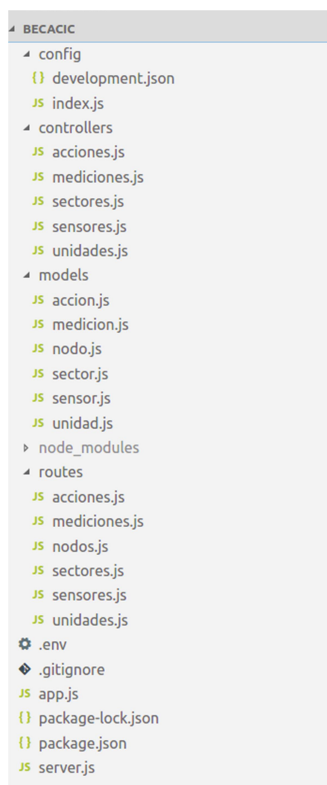


Figura 5. Estructura de la aplicación

Configuración del servidor web

Se alquiló un servidor privado virtual (VPS) al proveedor Digital Ocean para levantar el servidor web en la nube. El servidor alquilado cuenta con las siguientes características:

- Sistema operativo: Ubuntu 16.04
- Disco rígido de estado sólido: 25 GB
- RAM: 1 GB
- Ubicación del servidor: Nueva York

Resultados obtenidos

En un principio, se había planificado que la acción ejecutada por el Arduino (apagar o encender la luz) proviniera de una orden enviada por el sistema web. El sistema web recibiría los datos de los sensores enviados por el Arduino y en base a ellos determinaría la

acción a realizar. De esta manera sería posible extender el proyecto desarrollando un algoritmo inteligente en el servidor que en base a los datos almacenados determinara los horarios más concurridos y los horarios en los que se ausenta la luz solar, y a partir de ellos decidiera las acciones a ejecutar.

Durante el desarrollo del proyecto surgieron varios problemas con la utilización del módulo Wifi ESP8266. En un principio, para lograr la comunicación entre el módulo Wifi y el Arduino, se utilizó la librería “SoftwareSerial” que usa software para replicar la funcionalidad del RX, TX en otros pines digitales (distintos del 0 y 1 porque las placas Arduino ya proveen soporte para comunicación serial a través de esos pines). Se utilizó software para hacer un algoritmo más genérico que funcione en otros productos Arduino. Pero esta librería resultó ser bastante inestable por lo que se decidió aprovechar las características propias del Arduino Mega, y utilizar uno de los tres puertos seriales adicionales que posee.

Una vez establecida la comunicación entre el módulo Wifi y el Arduino, se procedió a realizar pruebas enviando datos del Arduino al servidor Web. Para ello se debieron mandar una secuencia de comandos AT al módulo para que se conectara a la red local, estableciera una conexión TCP con el servidor y luego enviara el mensaje. Luego de realizar una gran cantidad de pruebas se llegó a la conclusión de que el módulo es bastante inestable ya que en determinados momentos funciona correctamente, pero luego deja de funcionar entrando en un estado de error constante en el que es necesario hacer un Reset, o simplemente se resetea o se desconecta solo.

En función de la inestabilidad del módulo Wifi utilizado, debimos optar por la idea de que el Arduino determine por sí mismo la acción a realizar en base a las mediciones obtenidas por los sensores, de manera que el sistema siga gestionando de manera eficiente el uso de la luz,

independientemente de su conectividad con el servidor web. De todas maneras, el Arduino manda la información medida por los sensores al servidor para mantener un registro de los mismos y en caso de error reintenta enviarlos un número determinado de veces.

Durante las pruebas también se detectó que el sensor de movimiento emite falsas señales HIGH si se encuentra muy próximo a la lámpara, ya que detecta como un movimiento el encendido o apagado de la luz. Por lo que se debió disponer el sensor un poco más alejado de la ubicación de la lámpara.

Hasta el momento las pruebas realizadas permitieron verificar el correcto funcionamiento del sistema, encendiendo la iluminación sólo cuando la luz natural es insuficiente y si se detecta presencia en la sala mediante la barrera infrarroja y el sensor de movimiento. La siguiente etapa del proyecto consistirá en medir el consumo en un ambiente determinado durante un periodo de tiempo considerable, con y sin el uso del sistema desarrollado. Esto permitirá obtener información relevante del funcionamiento del sistema para corroborar que el mismo contribuye al ahorro del consumo energético.

Conclusión y Trabajos Futuros

Este proyecto garantiza el uso eficiente del sistema de iluminación ya que permite adaptar el nivel de luz del ambiente en función de la variación de la luz solar y en función de la presencia o ausencia de personas. Si bien el sistema es funcional en cuanto a la gestión del uso energético, no tiene la capacidad de lograr una conectividad eficaz con el servidor web. Por lo tanto, se está evaluando la posibilidad de utilizar alguna placa con módulo Wifi integrado para garantizar la estabilidad de la conexión con el servidor.

El sensor de movimiento utilizado suele no captar presencia en ambientes donde se realizan trabajos menos dinámicos, como por ejemplo en una

oficina. Se evalúa la posibilidad de utilizar un sensor de presencia que detecta movimientos más pequeños.

Este proyecto asegura el uso eficiente del sistema de iluminación de manera automatizada en base a las mediciones en tiempo real realizadas por los sensores. La gestión de la luz se basa únicamente en el encendido o apagado de luces, pero la eficiencia energética puede mejorarse variando las intensidades de iluminación mediante la utilización de un dimmer. Este trabajo se puede extender de diversas maneras:

- variar la intensidad de la luces de manera de complementar la luz solar con la luz artificial para lograr un umbral de luz ideal
- variar las intensidades de luces para los distintos ambientes del edificio, por ejemplo, en la biblioteca de una universidad se necesita una buena iluminación por lo que se deberían encender las luces al 100% pero en los pasillos podría prenderse la luz en un porcentaje menor
- utilizar varios sensores de iluminación dispuestos en distintos puntos de un ambiente y sectorizar al mismo, es decir, en un ambiente grande los lugares próximos a una ventana pueden contar con luz solar pero los más alejados no, por lo que se podrían encender las luces sólo de los sectores del ambiente que no posean luz solar
- que el encendido o apagado de luces se determine del lado del servidor a partir de un algoritmo inteligente que analizando los datos almacenados pueda detectar cuales son los horarios más concurridos o en los que se ausenta la luz solar, y que a su vez el microcontrolador tenga la capacidad de gestionar por sí mismo el uso del sistema de iluminación en caso de hackeo del servidor web o en caso de que la conectividad con el servidor falle

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Referencias

- [1] Instituto Argentino de Normalización y Certificación (Disponible en: <http://www.eficienciaenergetica.org.ar>)
- [2] Romero, C y Vázquez, F. “Domótica e Inmótica - Viviendas y Edificios Inteligentes”, Editorial Alfaomega, México. (2008).
- [3] Jiménez Pérez, J. “Instalación y puesta en marcha de sistemas domóticos e inmóticos, IC Editorial. España. (2015).
- [4] Placas Arduino (Disponible en: <https://www.arduino.cc/>)
- [5] Servidor web Node.js (Disponible en: <https://nodejs.org/es/>)
- [6] Base de datos MongoDB (Disponible en: <https://www.mongodb.com/>)

Feedback implícito del usuario: un modelo neuronal

Marianela Fernández, Gabriel Giana, Nicolás Leiva

Centro de Investigación Aplicada en TIC (CInApTIC)

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Resistencia

French 414. Resistencia (3500) – Chaco, Argentina

Abstract.

En la actualidad, el feedback de usuario es muy utilizado por los sistemas de recomendación de contenido, siendo el más conocido el sistema de puntuación con estrellas. Además de este método explícito, es posible realizar el monitoreo de las acciones que realiza un usuario para obtener una estimación que represente la relevancia de un contenido o recurso analizado por el mismo, lo que resulta de utilidad a la hora de definir sus intereses sin tener que interrumpir al solicitar una puntuación explícita.

En el siguiente artículo se presenta el diseño de un modelo para la obtención de feedback implícito, basado en la interacción del usuario con un recurso de contenido textual que se desea valorar. Para ello, se utiliza una red neuronal que toma como entrada diferentes parámetros de la interacción usuario-recurso y devuelve como resultado un puntaje asignado al mismo. Finalmente, se muestran los resultados obtenidos durante la evaluación del modelo.

Palabras Clave

Feedback implícito del usuario, feedback explícito del usuario, modelo neuronal.

1. Introducción

La constante búsqueda de información y el desarrollo de sistemas de recomendación de contenido, ha llevado al diseño de diferentes modelos que permiten obtener las preferencias del usuario. Generalmente, a partir de un ranking predefinido, las personas evalúan la información presentada sólo porque el sistema se lo impone para continuar con su navegación, sin conocer el impacto que generará en futuras recomendaciones. De esta manera, muchos usuarios reciben sugerencias de ciertos sistemas de recomendación explícitos [9] sin realmente haber realizado una evaluación seria y objetiva de los recursos presentados. Ésto sienta bases endebles al momento de plantearse como entrada a los sistemas de recomendación.

Para resolver la problemática planteada, se introduce el concepto de feedback implícito de un documento (recurso). Para poder llevarlo a cabo se requiere el monitoreo de distintos parámetros de interacción con el recurso durante el proceso de análisis del documento como, por ejemplo, el tiempo que estuvo leyendo el contenido o el movimiento del mouse.

Si bien los métodos implícitos son menos precisos que los explícitos realizados con objetividad [9], no requieren tiempo ni esfuerzo del usuario, lo que permite inferir sus preferencias mediante el monitoreo de indicadores de interacción predefinidos; mejorando la eficiencia de los sistemas de recomendación de contenido [8].

Este artículo contiene la descripción de un modelo basado en redes neuronales que permite obtener el feedback implícito para documentos de texto, considerando como entrada los factores más relevantes de la interacción del usuario con un recurso específico. En la Sección 2 se presenta una breve descripción de los trabajos relacionados con el feedback de usuario. El modelo propuesto con los indicadores implícitos considerados se describe en la Sección 3. Luego en la Sección 4 se muestran los resultados de las simulaciones realizadas. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo en la Sección 5 y los trabajos a realizar en el futuro en la Sección 6.

2. Feedback de usuario

El feedback de usuario de un documento refleja la importancia que tiene dicho recurso para éste. Existen dos maneras de obtener este parámetro: la primera, conocida como feedback explícito [9], se

obtiene mediante un puntaje predefinido proporcionado por el usuario. La segunda, conocida como feedback implícito, se consigue capturando indicadores de la interacción del usuario sobre el documento. Existen diversos estudios desarrollados previamente que proponen modelos de feedback implícito, utilizando distintos enfoques para la captura y procesamiento de los parámetros de entrada.

En uno de los trabajos más destacados [1] se miden y se comparan diferentes indicadores implícitos en contraste con una valoración explícita que los usuarios realizaron en diferentes páginas web. Para esto, se desarrolló un navegador web especial que recolectaba varios de estos indicadores de las páginas visitadas. Entre ellos, se encuentra la distancia recorrida y cantidad de clicks del mouse, el tiempo de scrolling y el tiempo de permanencia en cada página. Se concluyó que ambos son indicadores implícitos sólidos para utilizar como entrada a los sistemas de recomendación.

En [3] se evaluó la relación entre diversos indicadores implícitos y la relevancia de una página web para una persona. Se estudió en detalle la influencia del tiempo de permanencia con respecto al interés del lector. Para ello, se examinó el comportamiento de once usuarios que navegan por internet durante dos horas. Se llegó a la conclusión que, de los indicadores implícitos examinados, los más representativos al interés del usuario eran el movimiento del mouse y el tiempo de permanencia.

En [2] se propone un modelo para medir la importancia del tiempo de permanencia, movimiento de mouse y scrolling, en cuanto al interés del lector. El resultado experimental demuestra que el movimiento y velocidad del mouse, y la frecuencia y velocidad del scroll son los indicadores más fuertes al predecir la relevancia del documento para el usuario.

Por último, en [4] se utiliza Support Vector Regression (SVR) para predecir el tiempo de permanencia y el algoritmo de árboles de decisión con gradiente aumentado (GBDT) con el fin de aprender las funciones de ranking. Se usa el tiempo de permanencia de los usuarios para aplicar collaborative filtering en lugar de pedirles que realicen feedback explícito. Se demostró que el tiempo de permanencia puede ser incorporado para un sistema de recomendación personalizado, utilizando como base de sus pruebas una gran colección de datos de usuarios de Yahoo.

La correcta definición de los indicadores a tener en cuenta es un tema de suma importancia para desarrollar un modelo de ponderación implícita, ya que será a partir de estos valores que el sistema de recomendación se nutrirá para devolver resultados confiables y precisos. La incorrecta determinación de la importancia de parámetros podría arrojar información que no refleje la realidad [8] [12].

En este artículo, se propone un modelo basado en los estudios y la importancia de los parámetros antes mencionados, para obtener una valoración implícita precisa que, en combinación con el puntaje explícito, permita mejorar la eficiencia de las recomendaciones.

3. Modelo Propuesto

Con el fin de obtener una ponderación implícita del contenido textual de un documento para un usuario en particular, se realiza el monitoreo de la actividad del mismo sobre el recurso en cuestión, que posteriormente se traduce como un puntaje inferido.

El modelo propuesto se muestra en la Figura 1. La idea principal es que un usuario pueda acceder a un documento a través de la interfaz web de un sistema para realizar búsquedas de recursos de forma continua. En el esquema, la ponderación implícita se combina con la explícita para

obtener, finalmente, un promedio ponderado.

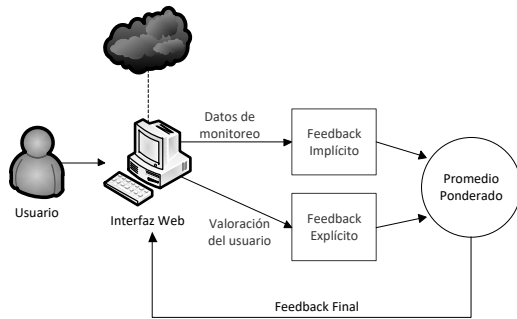


Fig. 1. Proceso de ponderación.

En ambos casos, el puntaje puede variar de 1 a 5. El administrador del sistema proporcionará un peso a cada tipo de feedback, eligiendo la importancia de cada uno en el cálculo del promedio. Por ejemplo, 70% para la valoración explícita y 30% para la implícita. Finalmente, este promedio ponderado se utiliza como entrada a la búsqueda de recursos del sistema, para mejorar futuras recomendaciones del mismo.

Para determinar el feedback implícito (Figura 2) se propone una red neuronal compuesta de una capa de cinco entradas, una capa oculta de diez neuronas y una capa de cinco salidas (Figura 3). Las entradas

son los indicadores que se obtienen del monitoreo de la actividad del usuario sobre el recurso a puntuar, a través de un módulo de captura. Las salidas de la red neuronal se corresponden con cada uno de los cinco niveles de puntuación del recurso. Éstas se codifican en un único valor que corresponderá al puntaje del feedback implícito para el mismo (perfil de usuario).

Los indicadores incluidos en el modelo son: número de veces que se abrió el recurso (AR), cantidad de veces que se copió contenido (COP), tiempo de scrolling (TS), velocidad de movimiento del mouse (VM) y tiempo de permanencia (TP).

Se considera que la AR capturada por el sistema es más relevante mientras más veces se consulte un documento. Si el recurso sólo se abre una vez, puede suponerse que el usuario exploró su contenido y no lo revisó nuevamente porque no lo consideró importante [11].

La relevancia de COP radica en que, al leer un texto, muchas veces se encuentran palabras, frases o definiciones que resultan interesantes. En estos casos, el lector puede copiar contenido para buscar más información o simplemente para resguardar

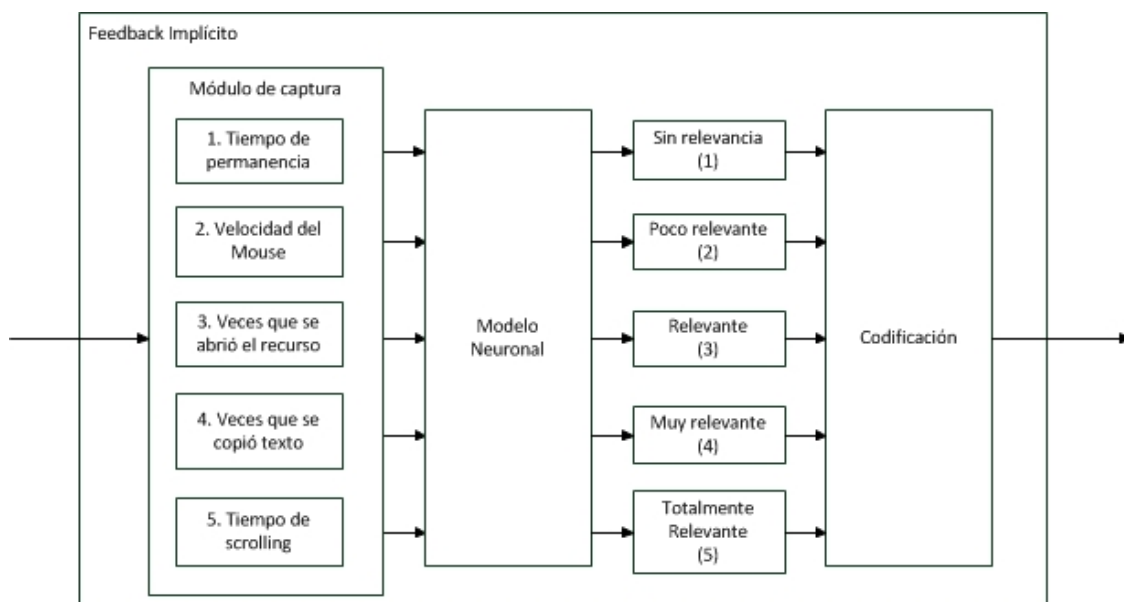


Fig. 2. Esquema de feedback implícito.

aquello que le pareció importante. Por lo tanto, mientras más veces se utilice esta opción, mayor será el interés del usuario en el recurso [11].

El scrolling se utiliza para desplazarse a través de un documento. El tiempo empleado en realizar esta acción (TS) indica si un lector estuvo leyendo, o no, su contenido. Si no se realiza scrolling en un recurso, o el tiempo empleado en realizar esta acción es pequeño, es muy probable que el texto no haya sido leído en su totalidad y, por lo tanto, no sea relevante para el usuario. Un tiempo mayor, en cambio, indicaría una exploración más profunda de su contenido y, por ende, mayor interés en el mismo [1].

Así como en el parámetro anterior, el movimiento del mouse es una actividad que se realiza al leer un documento. Para saber que tan interesada está una persona en el contenido es importante medir la velocidad en la que realiza esta acción (VM). A diferencia del resto de indicadores, éste es inversamente proporcional al interés del usuario; cuando un lector se concentra en leer no realiza movimientos de mouse o la velocidad en la que lo hace es muy baja [2] [3]. VM se calcula teniendo en cuenta la cantidad de píxeles recorridos por unidad de tiempo:

$$VM = \frac{px}{t} \quad (1)$$

donde:

px es la cantidad de píxeles;
 t es el tiempo medido en segundos.

TP [1][2][3][4] indica el tiempo que el usuario estuvo enfocado en un documento activamente. A mayor tiempo de permanencia, mayor relevancia tiene el texto para el lector:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n ta_{ij} \quad (2)$$

donde:

i es el i -ésimo indicador explicado anteriormente;

j es el tiempo que el usuario estuvo realizando alguna de las actividades capturadas con los indicadores;

k es la cantidad de indicadores a tener en cuenta;

n es la cantidad de tiempos capturados por cada indicador.

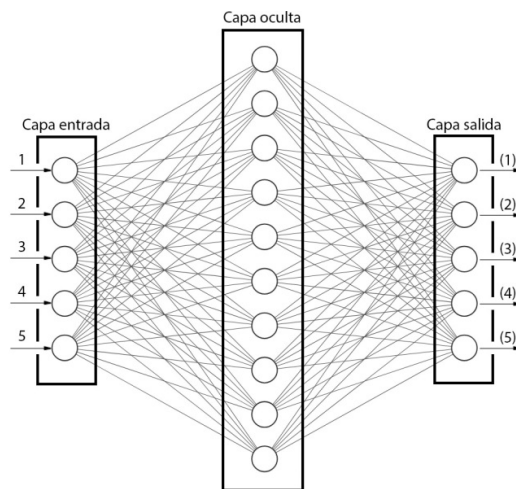


Fig. 3. Detalle del Modelo Neuronal utilizado.

4. Simulación y Resultados

Con el objeto de ilustrar el comportamiento del modelo descrito en la sección anterior, se propone analizar distintos datasets para validar el funcionamiento de la red neuronal. Primero, se entrenan distintas redes neuronales seleccionando aquella que reduzca el error cuadrático medio (ECM) al mínimo. Luego, se compara el comportamiento de la red elegida con la misma sin entrenar.

Prueba 1

Se pretende analizar el comportamiento del proceso de entrenamiento de la red neuronal con distintas configuraciones de pesos iniciales. Ésto permitirá seleccionar la configuración que reduzca el ECM para utilizarla en la siguiente prueba. Para ello, se propone realizar diez repeticiones del proceso de entrenamiento, utilizando el

algoritmo Lavenberg-Marquardt [5][6], y la medición de la performance del ECM y del parámetro R [10]. Además, se plantean las siguientes condiciones de entrenamiento:

- Cantidad de épocas: 1000.
- Gradiente mínimo: $1,00 \times 10^{-7}$.
- Control de validación: 6.
- Conjunto de entrenamiento: 2500 ejemplos con los 5 perfiles de usuario y los 5 parámetros de entrada definidos.
- Error mínimo de entrenamiento: 0.

Bajo las consideraciones mencionadas anteriormente, se obtuvieron los resultados que pueden observarse en la Tabla 1. El ECM mínimo alcanzado se presenta en el entrenamiento número 8, disminuyendo desde un error de 0,334, con la red sin entrenar a 0,00415, luego del entrenamiento. Se obtiene un valor del parámetro R igual a 0,97955 (mejor valor de regresión).

Tabla 1. Resultados de la prueba 1. N: número de entrenamiento; ECMI: error cuadrático medio inicial y ECMF: error cuadrático medio final. R: regresión.

N	ECMI	ECMF	R
1	0,24	0,00654	0,9728
2	0,427	0,00532	0,97637
3	0,337	0,00479	0,97447
4	0,47	0,00597	0,9722
5	0,348	0,00483	0,97744
6	0,551	0,00682	0,97319
7	0,362	0,00988	0,96721
8	0,334	0,00415	0,97955
9	0,386	0,00533	0,97666
10	0,264	0,00728	0,96984

Prueba 2

Se utiliza la mejor configuración de la Prueba 1 con el objetivo de validar la precisión del modelo diseñado. Se pretende comparar el porcentaje de aciertos entre la red neuronal sin entrenar y la misma luego del proceso de entrenamiento. Para ello, se utilizan cinco datasets de 500 elementos cada uno con salidas conocidas y se registran los resultados con ambas redes.

Por ejemplo, AR = 3, COP = 3, TS = 5200 ms, VM = 600 pps, TP = 20000 ms, correspondiente a una salida igual a 3.

El objetivo es determinar si el entrenamiento fue exitoso y adecuado para la resolución del problema planteado.

Como puede observarse en la tabla 2, el porcentaje de acierto de la red sin entrenar alcanza un máximo de 21,6%, mientras que la red entrenada consigue un 97,2% de efectividad. Si se comparan los aciertos promedio, se obtiene un 19,44% contra un 95,52%, respectivamente. De esta manera, se determina que el entrenamiento fue exitoso y la red neuronal responde con un alto porcentaje de aciertos a las entradas presentadas para la resolución del escenario planteado.

Tabla 2. Red entrenada vs. red sin entrenar. DN: número de dataset; PARSE: porcentaje de aciertos de la red sin entrenar y PARE: porcentaje de aciertos de la red entrenada.

DN	PARSE	PARE
1	19,6	95,6
2	19,2	97,2
3	16,4	91,2
4	20,4	97,2
5	21,6	96,4

5. Conclusiones

En este artículo se propuso un modelo neuronal de feedback implícito que permite obtener una valoración sobre un recurso determinado de texto, teniendo en cuenta distintos atributos que medirán su importancia para un usuario en particular.

Se han establecido distintos parámetros que permitieron obtener una retroalimentación implícita sobre la lectura de documentos de texto, obteniendo distintos puntajes del 1 al 5.

Los resultados experimentales obtenidos demuestran que el modelo neuronal se comporta correctamente frente a las entradas suministradas y es capaz de

determinar los distintos perfiles de usuario utilizando los parámetros de entrada con una precisión superior al 90%. Esto se debe a la correcta definición de cada uno de los indicadores elegidos, ya que como se mencionó anteriormente es el principal factor que influye en los sistemas de recomendación.

Por otro lado, la utilización de un modelo neuronal provee un mecanismo adaptable a múltiples implementaciones. En consecuencia, la valoración implícita brinda un modelo versátil de entradas de sencilla captura.

A pesar de ser un modelo relativamente simple, se demuestra que se adapta a la resolución de la problemática planteada, estableciendo una alternativa válida para la valoración implícita.

6. Trabajos futuros

Actualmente se está trabajando en la utilización del modelo neuronal en el marco de un proyecto de análisis de grandes volúmenes de datos para la determinación de la ponderación implícita del análisis de documentos y su posterior recomendación al usuario. Esto permitirá reforzar el análisis realizado comparando los resultados teóricos obtenidos con el comportamiento de la red neuronal en un sistema en producción.

La siguiente fase de la investigación se basará en la determinación de perfiles de usuario para la valoración en documentos que incluyan videos, imágenes y/o diapositivas. El análisis de datos se centrará en estudiar aquellos indicadores que influyen en la puntuación del usuario, teniendo en cuenta factores multimedia.

Agradecimientos

Este trabajo está siendo desarrollado dentro del marco del Proyecto UTN4058 "Análisis De Información en Grandes Volúmenes de Datos Orientado al Proceso de Toma de Decisiones Estratégicas".

Referencias

- [1] M. Claypool, P. Le, M. Wased y D. Brown. Implicit Interest Indicators. En *Proceedings of the 6th international conference on Intelligent user interfaces*, páginas 33 - 40, Santa Fe, Nuevo México, EEUU, Enero 14 - 17, 2001.
- [2] Q. Guo y E. Agichtein. Beyond dwell time: estimating document relevance from cursor movements and other post-click searcher behavior. En *Proceedings of the 21st international conference on World Wide Web*, páginas 569 - 578, Lyon, Francia, Abril 16 - 20, 2012.
- [3] K. Hyoung-rae y P. K. Chan. Implicit indicators for interesting Web pages. En *Proceedings of the 1st international conference on Web Information Systems and Technologies*, WEBIST 2005, páginas 270 - 277.
- [4] X. Yi, L. Hong, E. Zhong, N. N. Liu, y S. Rajan. Beyond clicks: dwell time for personalization. En *Proceedings of the 8th ACM Conference on Recommender systems*, páginas 113 - 120, Foster City, Silicon Valley, California, USA, Octubre 06 - 10, 2014.
- [5] K. Levenberg. A Method for the Solution of Certain Non-linear Problems in Least Squares. *Quarterly of Applied Mathematics*, 2(2):164 - 168, Julio, 1944.
- [6] D. W. Marquardt. An Algorithm for the Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *SIAM Journal of Applied Mathematics*, 11(2):431 - 441, Junio, 1963.
- [7] S. Haykin. *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice Hall PTR, 1994.
- [8] L. Lerche, D. Jannach, y M. Ludewig. Using Implicit Feedback for Recommender Systems: Characteristics, Applications, and Challenges. En *Proceedings of the 2016 Conference on User Modeling Adaptation and Personalization*. Páginas 27-35, Halifax, Nova Scotia, Canada, July 13 - 17, 2016.
- [9] G. Jawaheer, M. Szomszor y P. Kostkova. Comparison of implicit and explicit feedback from an online music recommendation service. En *Proceedings of the 1st international workshop on information heterogeneity and fusion in recommender systems* Páginas 47 - 51. ACM, septiembre, 2010.
- [10] E. Uriel. El modelo de regresión simple: estimación y propiedades. Universidad de Valencia, Valencia, España, septiembre, 2013.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[11] L. Peška. IPIget: The Component for Collecting Implicit User Preference Indicators. En *ITAT 2014: Information Technologies - Applications and Theory*. Demánovská Dolina, Eslovaquia Septiembre 2014.

[12] J. Kříž. Keyword Extraction Based on Implicit Feedback. En *Information Sciences & Technologies: Bulletin of the ACM Slovakia*. vol. 4, no 2. Eslovaquia, 2012.

Propuesta de un Framework Basado en Software Libre para Facilitar el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Asignaturas de Ciencias Exactas en Carreras de Grado

Castaño Ezequiel Leonardo

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

Abstract

La creciente expansión de las nuevas tecnologías, los recursos bibliográficos y los audiovisuales han producido cambios drásticos en la forma en la que los alumnos conciben el proceso de enseñanza-aprendizaje y estos fenómenos son aplicables especialmente en áreas relacionadas con las ciencias exactas, en las cuales siempre se requiere un grado elevado de abstracción. Los estudiantes de la generación de los nativos digitales, especialmente en carreras de ciencias exactas, tienen acceso a herramientas antes impensadas, tales como el software matemático, las utilizadas para la visualización de resultados y las video-clases de internet basadas en animaciones. El presente trabajo describe un análisis de distintas herramientas semejantes, basadas en software libre, y la propuesta de implementación de un framework que las utilice, buscando un impacto positivo en el proceso de aprendizaje. Este recurso pretende utilizar dicho framework dentro del aula para enriquecer el contenido, facilitar la interacción docente-alumnos, así como el proceso de aprendizaje y experimentación, visualizar los resultados y mejorar la calidad y replicabilidad de los trabajos estudiantiles.

Introducción

Las ciencias exactas son transversales a todas las ingenierías y a muchas licenciaturas, y su enseñanza resulta crucial para poder formar las competencias de egreso específicas de estas carreras de grado. Sin embargo, con el paso del tiempo y el avance de la tecnología y de los recursos audiovisuales, se han desaprovechado muchas de las tecnologías que ahora están disponibles tanto para los docentes como para los alumnos.

Hoy en día son muchos más los recursos que el alumno posee fuera del aula que los que posee dentro, tales como video-cursos que utilizan animaciones [1] y herramientas online con ejercicios integradores [2], esto genera un sentimiento de "antigüedad" y una sensación de que, lo que se está aprendiendo (su experiencia en el aula) no está actualizado. Si bien analizar los aspectos psicológicos y sociológicos de este fenómeno excede el alcan-

ce de este trabajo, se realiza un análisis técnico de los recursos existentes, comparándolos con los ya utilizados en el aula para verificar si realmente la experiencia en el aula puede ser actualizada. Para este trabajo sólo se analizarán los recursos informáticos de software dentro del contexto de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario.

Por otro lado, son múltiples las causas por las cuales ciertos recursos quedan fuera del alcance del docente y el alumno, entre ellas, la complejidad, la curva de aprendizaje necesaria para el uso del software, la dificultad técnica de implementarlo, el nivel de conocimientos previos necesario y las condiciones legales. Para lidiar con todas estas limitaciones en este trabajo sólo se verán herramientas de software libre [3], cuya filosofía consiste en no tener restricciones en cuanto a su uso, modificación y distribución. De esta manera se puede idear un marco de trabajo (o *framework* por su nombre en inglés), que sea genérico, es decir, que no se ajuste a las necesidades específicas de una asignatura en particular sino que pueda servir para toda asignatura de ciencias exactas y que en función de la necesidad pueda adaptarse como se crea conveniente, esto es posible gracias a la filosofía del software libre.

Por todo lo anterior el presente trabajo desarrolla dos aspectos críticos. En primer lugar, el análisis de herramientas de software libre en contraste con herramientas comerciales y cómo éstas pueden utilizarse dentro del aula para mejorar el proceso de aprendizaje y experimentación. En segunda instancia, una propuesta de implementación, dividida en etapas, de un framework basado en dichas herramientas dentro del aula para mejorar la interacción del alumno con el docente y con el contenido. La puesta en práctica de este

framework forma parte del siguiente paso en esta investigación.

Elementos del Trabajo y Metodología

El material de estudio ha pasado por varios formatos a lo largo de la historia, escrito a mano, escrito a máquina, impreso y últimamente en formato digital, sin embargo, a pesar de que su formato varió, su contenido no sufrió cambios significativos y es en esta época de tecnologías de la información y comunicación cuando existe la posibilidad de avanzar hacia una nueva etapa en la historia del material de estudio, esta vez no sólo en el formato sino en el contenido mismo.

Para lograr este objetivo, es necesario explorar una tecnología llamada *notebook* [4] (también conocida como *notebook* computacional), primeramente introducida por el software Wolfram Mathematica [5] en 1988. Esta tecnología consiste en dividir en celdas (pequeñas secciones independientes) el documento. Estas celdas en sus inicios contenían sólo código de un lenguaje de programación, que era ejecutado para mostrar los resultados deseados. Los *notebooks* fueron luego implementados por otros softwares entre ellos, el Maple [6] (en 1989). Sin embargo, todos los anteriores son softwares privativos, con lo que no siguen la filosofía del software libre y adicionalmente son productos comerciales, es decir, tienen un costo para adquirirlos y/o utilizarlos. Debido al creciente uso del software libre en los últimos años, en 2011 una alternativa libre surgió, bajo el nombre de IPython [7]. Esta herramienta utiliza el lenguaje de programación Python [8] en contraste con los lenguajes privativos de los softwares comerciales y, si bien ya existía desde 2001, fue en 2011 cuando se incorporó el formato de *notebook*. A partir de ese momento su popularidad creció sin pausa hasta el día de hoy. En 2014, la idea tuvo tanto impacto en la comunidad que se portó esta solución a otros lenguajes y entonces el proyecto fue renombrado a Jupyter [9], nombre que proviene del pseudo acrónimo de Julia [10], Python y R [11], los primeros tres lenguajes en ser implementados. Jupyter no sólo posee celdas de tipo código, sino que también posee celdas para escribir texto enriquecido, es decir, que permite títulos, listas e hipervínculos por medio del formato Markdown [12] y la presen-

tación de expresiones matemáticas y de documentos científicos por medio del lenguaje LaTeX [13]. También incluye herramientas para exportarse como presentación o PDF, entre otros [14]. Hoy en día Jupyter es una herramienta ampliamente usada por la comunidad científica especialmente en el área de ciencia de datos [15], es una tecnología impulsada por múltiples organizaciones, con y sin fines de lucro, tales como Microsoft [16] y Apache [17] así como por iniciativas de individuos como CoCalc [18]. Su difusión y uso es tan amplio que desde 2017 cuenta con su propia conferencia [19], donde se demuestran su versatilidad para diversas tareas tales como escribir libros completos con Jupyter [20], herramientas para poder visualizar datos [21] y su importancia en el área de *reproducible science* [22].

En el presente trabajo se propone una utilizar Jupyter como núcleo de un marco de trabajo en un contexto de ciencias básicas y orientado a profesores y alumnos sin experiencia en programación.

En primer lugar es necesario definir el contexto del presente trabajo detalladamente y evaluar las ventajas y desventajas descubiertas por las universidades que ya lo han implementado (se realizaron encuestas y se creó un mapa interactivo que puede verse en la sección de trabajos relacionados).

Se estudia a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario, donde actualmente se dictan cinco carreras de ingeniería [23]: Mecánica, Civil, Química, Eléctrica y Sistemas, las cuales tienen en los primeros años al menos las siguientes asignaturas con modalidad de cursado anual: Análisis Matemático 1, Análisis Matemático 2, Álgebra y Geometría analítica, Física 1, Física 2 y Probabilidad y Estadística

Adicionalmente cada ingeniería tiene en los años superiores materias de ciencias exactas de matemática aplicada. Ejemplos de esto son Investigación Operativa, Teoría de control y Simulación dentro de la carrera de sistemas [24].

Las limitaciones reportadas por las universidades a la hora de implementar Jupyter fueron [25]:

1. Carga cognitiva: El alumno tiene que aprender, adicionalmente al contenido de la materia, Python, Markdown y

LaTeX.

2. **Testing:** No es amigable con técnicas de testing (pruebas del código).
3. **Orden de Ejecución:** Las celdas pueden ejecutarse en cualquier orden y eso puede producir confusión.
4. **Variables globales:** Las variables que se declaran tienen alcance global, con las desventajas que eso implica.
5. **Borrado accidental:** Se pueden borrar celdas accidentalmente
6. **Errores intimidantes:** Los errores pueden intimidar al usuario

A continuación se verá la forma en que se contrarresta cada una de estas limitaciones

1. **Carga cognitiva:** LaTeX es el lenguaje de excelencia utilizado en publicaciones científicas y es fundamental para poder producir documentación científica adecuada para congresos, papers y journals. Con respecto al uso de Python, es muy común que en una carrera de grado con gran afinidad a las ciencias exactas se utilice algún lenguaje de programación en algún momento de la carrera, la programación involucra pensamiento lógico y algoritmia, competencias que todo ingeniero debe tener, así que ésta no sería una dificultad adicional. Por otro lado el uso de Markdown no es para nada complejo así que podría considerarse trivial.
2. **Testing:** Se hace un fuerte énfasis en la visualización y en la interacción, por lo que ante algún problema, el usuario podrá identificarlo sin necesidad de escribir tests.
3. **Orden de Ejecución:** Las celdas deben escribirse de forma tal que puedan ejecutarse correctamente una vez que se ejecuta todo el notebook.
4. **Variables globales:** El mal uso de variables globales es resultado de un mal uso del usuario y no intrínseco del notebook, como en cualquier otra tecnología, existen posibilidades de utilizarlas incorrectamente.
5. **Borrado accidental:** Siempre existe el riesgo de perder información, cual-

quiera sea la herramienta que se utilice.

6. **Errores intimidantes:** ya que se utilizará en calidad de herramienta pedagógica, los docentes pueden mostrar los errores comunes para que los alumnos estén alerta y sepan solucionarlos.

Por otro lado, también se han encontrado muchas ventajas en el uso de los Jupyter, y se cree que estas ventajas superan ampliamente todas las limitaciones anteriores:

- **Visualización integrada:** Jupyter es al mismo tiempo la plataforma donde se calculan los resultados y donde se pueden visualizar, reduciendo el roce que pudiera haber al utilizar múltiples herramientas.
- **Visualización de los datos:** Jupyter permite fácilmente visualizar los resultados y presentarlos en el formato deseado, facilitando así el entendimiento de que es lo que representan los resultados obtenidos.
- **Problemas de mayor dificultad:** Los alumnos pueden resolver problemas de mayor dificultad, se puede incorporar resultados numéricos, análisis simbólico de soluciones, gráfico de funciones sobre números complejos.
- **Material interactivo:** Los alumnos pueden ver el código utilizado para generar los resultados, interactuar con él y modificarlo de forma tal de mejorar su experiencia.
- **Habilidades técnicas de computación:** Los alumnos adquieren habilidades de documentar, programar y hacer sus experimentos fácilmente reproducibles
- **Acompañar el dictado de las clases:** Los alumnos pueden utilizar los notebooks durante el cursado y modificarlos agregando comentarios del docente y notas que consideren relevantes.
- **Open source:** Las instituciones, cátedras, docentes o alumnos pueden modificar el código para adaptarlo a sus necesidades específicas. Se elimina la necesidad de comprar licencias.
- **Colaboración:** Los alumnos pueden recibir comentarios tanto de alumnos como de docentes directamente en los

notebooks, agilizando el proceso de corrección, consulta y promoviendo también el trabajo en equipo

- La instalación es sencilla: Disminuye el riesgo de malas configuraciones y experiencias desiguales.
- Multilinguaje: Jupyter viene por defecto con soporte para el lenguaje Python 3 sin embargo, existe soporte para 103 kernels¹ distintos que se pueden implementar [26], entre ellos se encuentran Haskell, Javascript, Scala, Erlang, Perl, entre otros.

Debido a todas las ventajas vistas en la secciones anteriores, se decidió utilizar Jupyter como núcleo para este trabajo. El mismo consiste en cuatro etapas a implementar en forma incremental, esto es, cada etapa debe planificarse luego de completar exitosamente la anterior, utilizando como retroalimentación las críticas tanto de docentes como de alumnos. Las etapas son independientes, sin embargo cada una integra más herramientas que la anterior por lo que el orden propuesto sería en principio el ideal para que el aprendizaje sea gradual y progresivo, sin obligar a ninguno de los actores a una carga cognitiva innecesaria. Cada una de las etapas trata una problemática específica.

1. **Material de estudio:** tener un material de estudio dinámico y no estático, a través del cual se puedan ver gráficos y modificarlos, entender cómo se generaron y lo que representa cada parte del mismo. Poder generar documentación para que los docentes puedan generar este material
2. **Experimentación:** brindar al alumno las herramientas de la etapa anterior pero esta vez para realizar experimentos dentro del aula, donde se priorice la interacción con el experimento, la posibilidad de utilizar animaciones y tableros interactivos creados por los mismos alumnos.
3. **Trabajos prácticos:** introducir al alumno en la producción de trabajos académicos de calidad científica, añadiendo a las tecnologías ya utiliza-

das, un uso avanzado de LaTeX e introduciendo conceptos como *reproducible research* [27] y la generación de un proceso de automatización desde la obtención de los datos hasta la presentación del trabajo.

4. **Tareas y asignaciones:** utilizar notebooks en el proceso de evaluación, teniendo corrección automatizada, agilizando la devolución al alumno y facilitando la corrección de errores. Brindando flexibilidad al docente para la distribución de los ejercicios, la recolección y la corrección de las soluciones.

A continuación se verá qué como se integra al docente y al alumno en cada etapa:

1. En la primer etapa la herramienta es utilizada por los docentes para generar el material de estudio y si bien los principales beneficiados serían los alumnos, éstos sólo desempeñarían un rol pasivo haciendo uso del material generado por el docente.
2. En la segunda etapa se le daría acceso al alumno a la misma herramienta utilizada por el docente para que experimente en clase y pueda familiarizarse con ella, replicando lo que ya vio en el material generado en la etapa anterior.
3. En la tercer etapa se aumenta el nivel de exigencia y se le pide al alumno que no sólo utilice la herramienta para experimentar sino para poder presentar sus trabajos prácticos, estandarizando así el formato y elevando la calidad de los mismos.
4. En la cuarta etapa se pretende incorporar la herramienta en el proceso de evaluación, automatizándolo lo más posible, logrando beneficios tanto para el docente como para el alumno.

Debido a que cada etapa requiere un gran tiempo de implementación y las etapas siguientes deben implementarse teniendo en cuenta la opinión generada por las anteriores, en este trabajo se detallará sólo la primera etapa con el mayor nivel de detalle posible y cuáles pueden ser las variantes o alternativas en cada caso.

¹Software construido sobre un compilador o intérprete y es necesario para ejecutar un lenguaje de programación dentro del notebook

En la primer etapa se tendrán dos actores, los docentes y los alumnos, los primeros van a desempeñar un rol activo y los últimos un rol pasivo. El docente va a generar documentación utilizando Jupyter y el alumno va a utilizarla.

El alumno va a poder utilizar el material generado por el docente de varias maneras: Imprimirlo, Visualizarlo online e Interactuar con el documento online

En esta primer etapa se deben tomar decisiones con respecto a lo siguiente: Formato, Distribución y Actualización

Formato: Los notebooks pueden ser representados en diversos formatos, existe un formato base y varios derivados, cada uno cumpliendo una función específica, en esta etapa analizaremos tres funciones deseables: Interacción, Impresión, Visualización y Presentación

Interacción: Jupyter genera archivos en un formato base que luego es exportado a otros formatos, este formato base es un estándar llamado JSON [28] [29] sin embargo, estos archivos poseen una extensión distintiva llamada .ipynb (de IPython Notebook). Estos archivos dependen de herramientas específicas para ser visualizados, si bien el mismo Jupyter instalado en un equipo local es suficiente, en esta etapa para facilitar al alumno el uso de estos archivos se utilizará un servicio online. En este servicio el alumno podrá utilizar el notebook en forma interactiva, actualmente los servicios gratuitos que permiten esto son: NBViewer [30] (Solución de código abierto) y Azure Notebooks [31], Google Colaboratory [32] y Gryd [33] (soluciones privadas). El alumno podrá elegir el servicio que más desee. Al utilizar este formato, el alumno trabajaría sobre una copia del notebook distribuido por el docente, la cual es independiente, permitiendo a cada alumno tener su versión personalizada del material, con ejemplos, aclaraciones y comentarios agregados. Esto también posibilita al alumno a sugerir cambios y mejorar el material.

Impresión: Los notebooks asimismo pueden exportarse a PDF para ser fácilmente imprimibles, esto se hace mediante una herramienta llamada NBConvert [34]. Esto permite que tanto el docente como el alumno pueda tener una versión impresa del material.

Visualización: En muchos casos es útil poder ver el notebook sin buscar la interacción. Para poder facilitar esta visualización, los notebooks pueden exportarse a formato HTML (un formato web), permitiendo de esta forma poder hospedar el material en internet. Para esto también se utilizará NBConvert

Presentación: La flexibilidad de los notebooks también permite que el mismo documento pueda utilizarse para realizar presentaciones, esto resulta especialmente útil para el docente, en este caso se utiliza el formato base y en él notebook se determinan cuales celdas serán visibles en la presentación y cuales no. Esto permite generar una presentación total o parcial del documento. Para esto es necesario un plugin llamado RISE [35] y la tecnología llamada REVEAL.JS [36]

Distribución: La forma a la que los alumnos acceden al material puede ser de dos maneras: Online o Local.

Si se decide por la distribución online, el archivo del notebook (aquel con formato .ipynb) se puede subir a cualquier plataforma online, algunos ejemplos son: una plataforma de e-learning (Como por ejemplo Moodle [37]) o sitios de almacenamiento en la nube (como Dropbox [38] o Google Drive [39]).

Actualización: La actualización del material es crucial, el docente debe modificar el material con facilidad y es por eso que es necesario un proceso en el que el alumno siempre tenga acceso a la última versión. Jupyter permite lograr esto último de una manera muy sencilla, el docente sólo debe mantener su versión del notebook actualizada y al utilizar un medio de distribución en el que se pueda reemplazar la versión vieja con la nueva, automáticamente los alumnos siempre tendrán acceso a la última versión.

Aclaraciones: El proceso recién expuesto puede ser implementado en forma parcial según se crea conveniente o según la comodidad del docente. Un ejemplo de esto sería omitir el formato de presentación y web

Variantes: Si el docente posee conocimientos de Git [40], podría utilizar servicios como GitHub [41] o GitLab [42] y con una configuración muy sencilla hospedar la versión web directamente en ese servicio y automatizar el proceso de generación de PDFs y HTML. Adicionalmente los alum-

nos podrían ver la versión web directamente en ese servicio si el repositorio es público. También se podría tener la versión interactiva en forma online de manera gratuita mediante la herramienta Binder [43]. Si la facultad cuenta con un equipo de redes, se podría implementar una solución basada en una nube privada donde tanto docentes como alumnos pudieran acceder mediante usuario y contraseña a los notebooks. Para esto se utilizaría una herramienta llamada JupyterHub [44].

Resultados

El resultado principal de este trabajo es un plan de implementación para este marco de trabajo. Se llevaron a cabo las actividades de relevamiento y de análisis y con la información presentada puede comenzarse la implementación.

Por otro lado, también se relevó cuáles universidades utilizan la herramienta y con qué propósitos, esto permitió crear una base de datos con georeferenciación [45] que puede utilizarse en los trabajos futuros.

Asimismo se creó un mapa interactivo [46] y se difundió en la comunidad para poder mantener actualizada la información sobre quienes usan Jupyter y poder tener un medio de contacto con esos docentes, esto generará nuevas posibilidades al tener acceso a los mismos materias que otras universidades están utilizando.

Trabajos Relacionados

Hoy en día, ya hay docentes e investigadores que utilizan los nuevos recursos disponibles, mejorando no sólo el lugar o la plataforma sino también la manera en la que se aprende. Algunos de estos casos son el de uso de las plataformas de m-learning [47], el uso de software libre para la evaluación del rendimiento académico [48], el uso de tecnologías colaborativas para la escritura de libros de textos abiertos [49], uso de software educativo en cursos introductorios de lógica de primer orden [50], creación de métodos y herramientas de representación en cursos de programación [51]. En el caso de las plataformas de m-learning y similares, el objetivo es poder aprovechar el tiempo ocioso que tiene el alumno (tiempo entre clases, tiempo en el transporte, etc.), no obstante, en este trabajo se evalúa otro aspecto: el de la interacción

y participación del alumno no sólo con el docente sino con el mismo material de estudio. En cuanto al uso de Jupyter, si bien es una herramienta popular y útil, usada en muchos de los cursos de programación, inteligencia artificial y matemática aplicada, su uso no es común en la educación de asignaturas ajenas a estas especialidades, como lo son las materias de ciencias básicas de las ingenierías. Jupyter es actualmente usado en algunas de las más prestigiosas universidades del mundo [52]. Estas universidades ya han pasado por la experiencia de implementar Jupyter y han proporcionado a la comunidad sus experiencias, mostrando las dificultades, ventajas y desventajas de su implementación. Como un subproducto de este trabajo se realizaron encuestas a profesores de universidades de todo el mundo y se creó un mapa interactivo donde puede verse que universidades están usando Jupyter y con qué propósito, así como los medios de contacto. El mapa puede verse en la Figura 1 y en forma online en <https://elc.github.io/jupyter-map/>

Conclusión y Trabajos Futuros

Se concluye que la propuesta de este marco de trabajo es factible en un nivel técnico, y que está lista para ser implementada en las asignaturas de ciencias exactas. La tecnología en la que está basada es estable y con un continuo desarrollo, siendo adoptada cada vez por diversas universidades en el mundo. Se cree que su implementación representaría una gran mejora en la calidad del proceso enseñanza aprendizaje, mejorando tanto la experiencia del docente como del alumno.

Como trabajo futuro se llevará a cabo la implementación de la primer etapa y se realizarán experimentos, relevando la opinión de los alumnos y docentes, para medir el impacto de la herramienta en el dictado de las clases y su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Luego, se realizará la propuesta de la implementación de la segunda etapa.

Referencias

- [1] Grant Sanderson. 3Blue1Brown. <http://www.3blue1brown.com/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [2] Brilliant. About Brilliant. <https://brilliant.org/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [3] Free Software Foundation (FSF) Free soft-

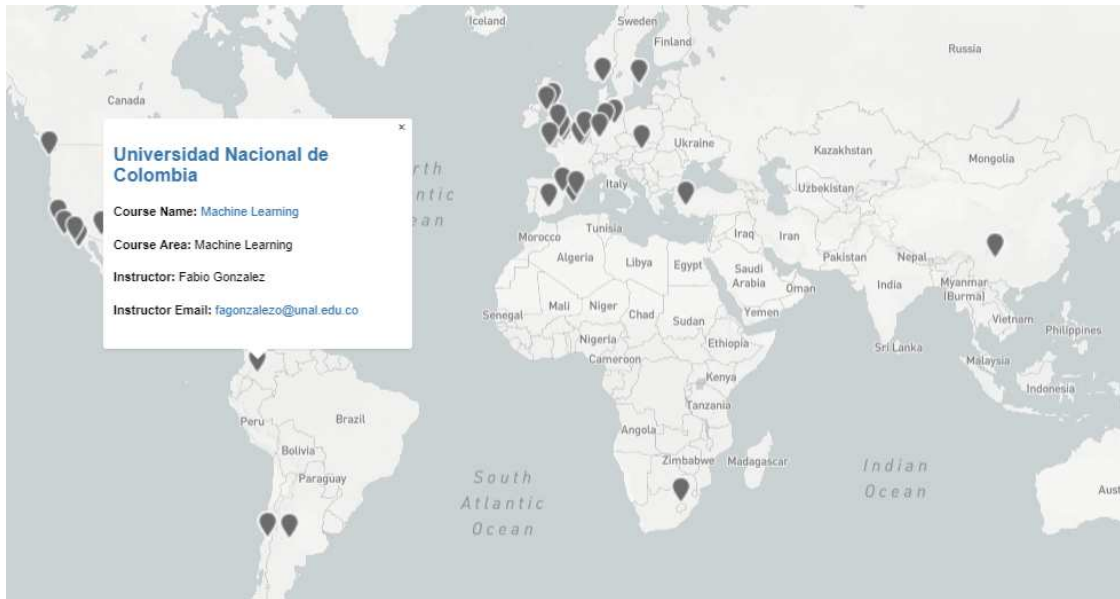


Figura 1: Mapa interactivo, cada punto del mapa puede expandirse en una ventana emergente con información sobre la universidad, el docente, el área del curso y un enlace al contenido si lo hubiera

ware is software that gives you the user the freedom to share, study and modify it. We call this free software because the user is free. <https://www.fsf.org/about/what-is-free-software>. Accedido el 27 de Abril de 2018

- [4] Kery, M.B. et al. 2018, April. The Story in the Notebook: Exploratory Data Science using a Literate Programming Tool. In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (p. 174). ACM.
- [5] The Apple User Group Connection Videotape, Macintosh + Mathematica = Infinity - Abril 1989. <https://www.youtube.com/watch?v=3A5moyhfaQo>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [6] Maple. <https://www.maplesoft.com/products/Maple/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [7] Pérez, F. and Granger, B.E., 2007. IPython: a system for interactive scientific computing. *Computing in Science & Engineering*, 9(3).
- [8] Van Rossum, G., 2007, June. Python Programming Language. In USENIX Annual Technical Conference (Vol. 41, p. 36).
- [9] Nielsen, F.Å., 2017. Jupyter (formerly IPython notebook).
- [10] Bezanson, J. et al. 2012. Julia: A fast dynamic language for technical computing. arXiv preprint arXiv:1209.5145.
- [11] Team, R.C., 2013. R: A language and environment for statistical computing.
- [12] Voegler, J., Bornschein, J. and Weber, G., 2014, July. Markdown—a simple syntax for transcription of accessible study materials. In International Conference on Computers for Handicapped Persons (pp. 545-548). Springer, Cham.
- [13] Leslie Lamport (1986) LATEX: a document preparation system. Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co
- [14] The IPython Development Team. Converting notebooks to other formats. <https://ipython.org/ipython-doc/3/notebook/nbconvert.html>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [15] Liu, Alex (17 de septiembre de 2015). Data Science and Data Scientist. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [16] Frank La Vigne (Febrero 2018). Artificially Intelligent - Using Jupyter Notebooks - Microsoft Developer Network Magazine Blog. <https://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/mt829269.aspx>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [17] The Apache Software Foundation (2015). Apache Toree. <https://toree.incubator.apache.org/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [18] CoCalc by SageMath. Run Jupyter Notebooks Online. <https://cocalc.com/doc/jupyter-notebook.html>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [19] O'Reilly Media. JupyterCon. <https://conferences.oreilly.com/jupyter/jup-ny>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [20] Andreas Mueller (Columbia University) (2017). Writing (and publishing) a book written in Jupyter notebooks. <https://www.youtube.com/watch?v=DvEP3A-CzTQ>. Accedido el 27 de Abril de 2018

- [21] Bartz, D. et al. 2001, October. Jupiter: A toolkit for interactive large model visualization. In Proceedings of the IEEE 2001 symposium on parallel and large-data visualization and graphics (pp. 129-134). IEEE Press.
- [22] Kluyver, T. et al. 2016, May. Jupyter Notebooks-a publishing format for reproducible computational workflows. In ELPUB (pp. 87-90).
- [23] Rectorado UTN FRRO. <http://www.utn.edu.ar/facultades/rosario.utn>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [24] UTN FRRO. Plan de estudio de Sistemas de Información 2008. <http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/departamentos/sistemas/files/info/plan2008.pdf>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [25] Thomas Kluyver - Jupyter notebooks for teaching and learning. <https://www.youtube.com/watch?v=S7uUEwICDcc>. EuroPython 2017, Rimini, Italy. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [26] Jupyter. Jupyter Kernels. <https://github.com/jupyter/jupyter/wiki/Jupyter-kernels>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [27] Peng, R.D., 2011. Reproducible research in computational science. Science, 334(6060), pp.1226-1227.
- [28] Bray, T., 2017. The javascript object notation (json) data interchange format.
- [29] ECMA International. The JSON Data Interchange Syntax. <http://www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/ECMA-404.pdf>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [30] nbviewer. A simple way to share Jupyter Notebooks. <https://nbviewer.jupyter.org/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [31] Microsoft Azure Notebooks. <https://notebooks.azure.com/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [32] Google Colaboratory <https://colab.research.google.com/notebooks/welcome.ipynb>. Accedido el 10 de Septiembre de 2018
- [33] GRYD. Cloud Notebooks. <https://gryd.us/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [34] IPython. nbconvert: Convert Notebooks to other formats <https://nbconvert.readthedocs.io/en/latest/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [35] Damian Avil. RISE. <https://damianavila.github.io/RISE/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [36] RevealJS. The HTML presentation framework. <https://revealjs.com/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [37] Moodle. <https://moodle.org/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [38] Dropbox. <https://www.dropbox.com/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [39] Google Drive. <https://www.google.com/drive/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [40] Torvalds, L. and Hamano, J., 2005. Git. Software Freedom Conservancy.
- [41] GitHub. <https://github.com/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [42] Gitlab. <https://about.gitlab.com/>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [43] Binder-Project. Deterministically build docker images from a git repository. <https://github.com/jupyterhub/binderhub>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [44] JupyterHub. Multi-user server for Jupyter notebooks. <https://github.com/jupyterhub/jupyterhub>. Accedido el 27 de Abril de 2018
- [45] Castaño Ezequiel Leonardo, Jupyter Educational Map Dataset <https://doi.org/10.5281/zenodo.1244834>. Accedido el 10 de Mayo de 2018
- [46] Castaño Ezequiel Leonardo, Jupyter Educational Map <https://doi.org/10.5281/zenodo.1245087>. Accedido el 10 de Mayo de 2018
- [47] Straccia, L. et al., 2015. Mejora de la didáctica en la enseñanza de la Ingeniería a través del uso de nuevas aplicaciones sobre los dispositivos móviles. In X Congreso sobre Tecnología en Educación & Educación en Tecnología (TE & ET)(Corrientes, 2015).
- [48] Dapozo, Gladys N. et al. 2006 "Aplicación de minería de datos con una herramienta de software libre en la evaluación del rendimiento académico de los alumnos de la carrera de Sistemas de la FACENA-UNNE." In VIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- [49] Casali, A. et al. 2012. Collaborative methodologies for writing open educational textbooks: a state-of art review. In Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (Vol. 1, No. 1).
- [50] Mauco, V., Ferrante, E. and Felice, L., 2014. Educational Software for First Order Logic Semantics in Introductory Logic Courses. Information Systems Education Journal, 12(6), p.15.
- [51] López, P.E.M. et al. 2017, September. The GOBSTONES method for teaching computer programming. In Computer Conference (CLEI), 2017 XLIII Latin American (pp. 1-9). IEEE.
- [52] Jupyter Education Mailing List. Map of Jupyter deployments in education?. <https://groups.google.com/forum/#!msg/jupyter-education/HprQgDcDbo4/>. Accedido el 20 de Abril de 2018

Datos de Contacto

Ezequiel Leonardo Castaño, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario,
Rosario, Santa Fe, Argentina.
castanoezequielleonardo@gmail.com

Búsqueda de Entidades en Documentos con extensión .doc

Rosas, Víctor Emanuel

Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Salta

Abstract

Este trabajo consiste en la creación de una aplicación para la búsqueda de documentos generados por el Comité de Ética, Perteneciente al Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines de Salta, a través de criterios específicos de búsqueda. Concretamente se extraen entidades desde un conjunto de documentos y son almacenadas de forma estructurada para luego crear un índice de consulta, facilitando la recuperación de información específica y permitiendo la visualización de los resultados a través de una página web. Esta actividad se realizó en el marco de la Práctica Profesional Supervisada exigida para optar al título de ingeniero en informática.

Palabras Clave

Extracción de entidades, indexación y búsqueda, Lucene, documentos con extensión .doc.

Introducción

En la Ciudad de Salta se encuentra el Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines (COPAIPA), el cual tiene un Comité de Ética, creado para el análisis y asesoramiento de las cuestiones de carácter ético que surjan en el ámbito asistencial de la asociación, con el fin de contribuir a la humanización de la atención, promover la mejora de la calidad asistencial y fomentar la excelencia del ejercicio profesional de la ingeniería en la Provincia de Salta.

Una de las funciones que tiene el Comité es la de analizar diferentes documentos, relacionados a denuncias, actas y antecedentes de un profesional, las cuales son generadas y almacenadas en un formato digital en los repositorios del establecimiento. Ante esta necesidad, los empleados deben buscar en los diferentes directorios de forma individual para poder acceder a datos específicos dentro de cada archivo, como ser una determinada entidad (nombres, fechas, etc.). Debido a la gran cantidad de registros que se manejan, resulta difícil la pronta recuperación de

documentos individualizados para su visualización. Al observar esta problemática se propuso como solución una aplicación web para contribuir a mejorar la labor diaria de los empleados, reduciendo los tiempos para la búsqueda de determinados archivos y poder ubicarlos de manera rápida y sencilla.

La utilización de esta aplicación como solución a la búsqueda de documentos, se integrará dentro del sistema informático de la institución y le permitirá a la misma disponer de manera rápida de las Resoluciones, Actas y Dictámenes que se deseen consultar en base a criterios de búsqueda, analizando y recorriendo los distintos directorios donde se encuentran almacenados los archivos, con la finalidad de poder recuperar los datos requeridos.

Objetivos del Proyecto

Desarrollar una aplicación web que permita la búsqueda de documentos específicos en el Comité de Ética, perteneciente al COPAIPA, y disminuir los tiempos utilizados en las tareas de ubicar una determinada información dentro de un repositorio de documentos digitales.

Restricciones del Proyecto

La aplicación debe ser web, es decir una herramienta que los usuarios puedan utilizar accediendo a un servidor web a través de la intranet de la institución, mediante un navegador. La misma prescindirá del acceso a internet para su funcionamiento ya que al tratarse de datos reservados que pueden vulnerar el honor de las personas, por lo tanto, no deben ser expuestos. Por este mismo motivo, para el ingreso a la misma se solicitará un usuario y contraseña, asignados a los empleados que así lo designen las autoridades, como una medida

más de prevención para el acceso indeseado a este tipo de información.

Desarrollo

La principal herramienta que se utilizó fue Lucene¹ que es “una librería open source con licencia de Apache, que permite integrar funciones de indexación y búsquedas de información textual dentro de una aplicación.” [1]

La licencia Apache es una licencia de software libre permisiva creada por la Apache Software Foundation (ASF), que es organización sin ánimo de lucro creada para dar soporte a los proyectos de software bajo la denominación Apache. [2]

Lucene fue empleado por su utilidad en la implementación de motores de búsquedas, ya que va mucho más allá que las búsquedas en Bases de Datos, a través de índices FullIndex², permitiendo indexar y realizar búsquedas sobre todo tipo de información que pueda representarse de forma textual, así como también brindar resultados de búsqueda de calidad, utilizando una función de similitud que sirve para comparar la consulta de búsqueda con cada documento.

Lucene se compone de dos procesos o fases para conseguir realizar búsquedas efectivas: Indexación y Búsqueda.

- **Indexación:** Este proceso consiste en analizar y extraer de entre toda la información disponible, la verdaderamente relevante. Posteriormente, con esa información se crea el índice a partir del cual se realizarán las búsquedas. El índice es una estructura de datos que permite acceso rápido a la información, algo similar semánticamente a lo que podría ser el índice de un libro.
- **Búsqueda:** consiste en consultar el índice para obtener los documentos donde aparecen determinadas palabras definidas

¹ Lucene es una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de código abierto para recuperación de información. Se puede descargar de la siguiente página: <https://lucene.apache.org>

² Índice básico de texto completo generado por Lucene con las propiedades especificadas.

por el usuario o bien que concuerden con una determinada expresión de consulta.

Hay veces en las que los requerimientos iniciales del software se encuentran bien definidos y tienen una estabilidad razonable. En estos casos es posible utilizar un modelo de proceso prescriptivo de desarrollo de software, que establecen actividades estructurales, acciones de ingeniería de software, tareas, mecanismos de control y aseguramiento de calidad en los proyectos.

El modelo de cascada o ciclo de vida clásico se adaptó a las características de este proyecto, ya que sugiere un enfoque sistemático y secuencial para el desarrollo de software que comienza con una especificación de los requerimientos, diseño, desarrollo o codificación, pruebas y mantenimiento, permitiendo volver a la etapa anterior cuando sea necesario revisar requerimientos o hacer correcciones que no tengan un gran impacto en el proyecto. [3]

Arquitectura

El esquema general de las tareas realizadas por el sistema puede verse en la Fig. 1. El proceso comienza con el acceso al repositorio donde se encuentran almacenados los documentos que van a ser utilizados para realizar las búsquedas, en este caso se trabajó con archivos Word con extensión .doc, la aplicación que fue desarrollada en un entorno asp.Net, se encarga de recorrer todo el directorio y clonarlo en otro repositorio, con el fin de no alterar la documentación original.

A los archivos que fueron clonados se les cambia la extensión de “.doc” a “.txt”, en una codificación UTF-7³ para poder mantener el formato y las palabras que tengan caracteres ortográficos y así tenerlos a disposición para poder hacer un recorrido dentro del contenido del documento.

Las entidades relevantes para las búsquedas fueron establecidas conjuntamente con los usuarios y personal integrante del comité de Ética (por ejemplo, nombre de persona,

³ UTF-7 (7-bit Unicode Transformation Format)

fecha, artículos). Para identificarlas se utilizaron *expresiones regulares*. Una expresión regular es una secuencia de caracteres que describe un patrón de texto y frecuentemente se utiliza en sistemas que procesan cadenas de texto, como ser búsqueda de palabras en un archivo [4].

Las entidades encontradas se van almacenando en un archivo XML⁴ donde se crea cada campo para cada documento recorrido y se insertan las entidades extraídas dentro de las etiquetas correspondientes.

Una vez que se tienen almacenadas todas las entidades que se extrajeron de cada documento se genera un índice de búsqueda a través de la extensión de Lucene para asp.Net, dejando a disposición el acceso de los parámetros de búsqueda que desee el usuario y realizar una consulta en el índice, para la recuperación de tal información.

Tareas desarrolladas:

El desarrollo del prototipo para el aplicativo web involucró una serie de actividades, en los procesos de análisis, diseño y construcción del mismo.

Análisis

Las tareas de análisis fueron necesarias para poder determinar con claridad los objetivos y alcances del proyecto, así como también poder determinar cuáles eran las necesidades de los usuarios que trabajan en la institución. Para ello se llevaron a cabo diferentes métodos y técnicas de relevamiento como ser:

- Entrevistas: Se realizó un relevamiento de las necesidades de información estratégica del Comité de Ética, a través de entrevistas y cuestionarios pactados en minutos de reuniones, con uno de los integrantes del mismo con el fin de determinar y obtener información suficiente para poder dar inicio al proyecto.

- Análisis de necesidades: Se formalizó la información brindada por las entrevistas y cuestionarios para poder llevar a cabo el análisis de las necesidades y restringir la aplicación a los requerimientos más relevantes para el personal del Comité.
- Especificación de requerimientos: Una vez formalizada la información recopilada de las entrevistas, se determinaron las necesidades requeridas para la aplicación a desarrollar, así como también cuáles eran las restricciones funcionales de la aplicación y los aspectos de seguridad con los cuales debía contar la misma.
- Identificación de Entidades: Durante esta etapa se determinaron cuáles eran las entidades más importantes que se debían identificar en los documentos de los cuales se debían realizar las búsquedas y se establecieron los siguientes:
 - Números de actas
 - Números de resoluciones
 - Números de expedientes
 - Fechas
 - Números de D.N.I.
 - Números de Matriculas
 - Números de dictamen.
 - Numero de Leyes.
 - Nombres de personas.

La Fig. 2 muestra un ejemplo del documento de trabajo del Comité de Ética.

Diseño

Las tareas de diseño permitieron tener una visión clara de los planos y arquitecturas que debía seguir el prototipo, con lo cual fueron indispensables para la construcción del mismo.

⁴ (eXtensible Markup Language).Formato universal para datos y documentos estructurados

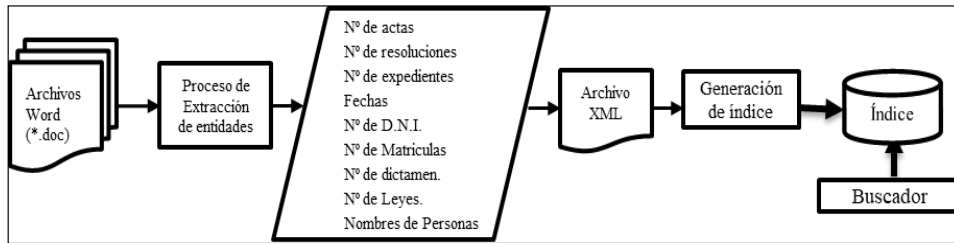


Figura 1: Esquema general del procesamiento de documentos

- Diseño de interfaz de usuario: Se diseñaron las interfaces de los usuarios para poder presentar un aspecto sencillo y de pocos pasos para poder brindar una solución amigable al usuario.

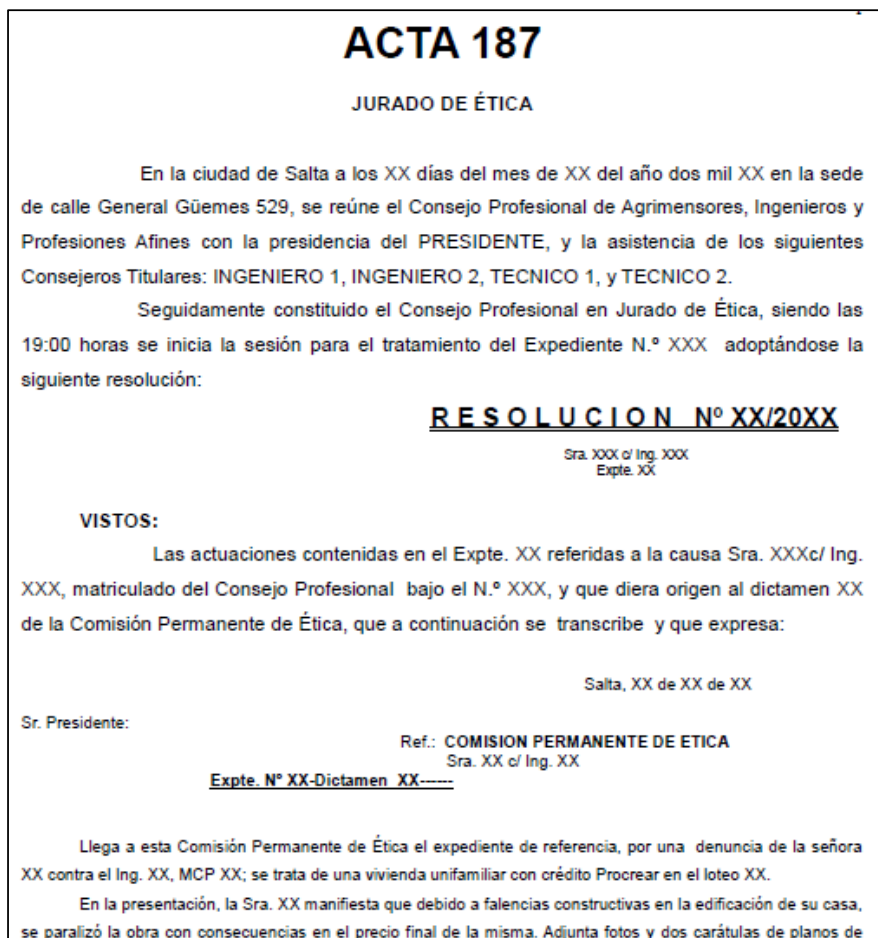


Figura 2: Modelo de Acta utilizada por el Comité de Ética

- Diseño de Base de Datos: Se diseñó la estructura de la base de datos para poder almacenar los datos de los usuarios (Fig. 3) y contraseñas necesarias para el acceso al sistema, así como también un registro de acceso de los mismos. (Fig. 4).

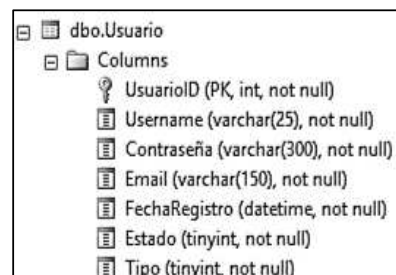
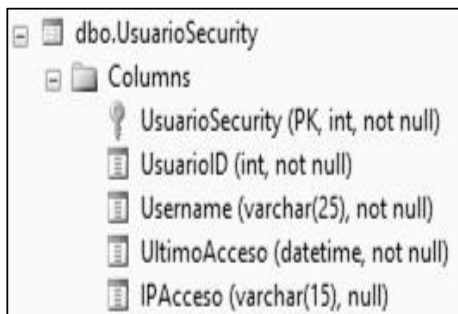


Figura 3: Tabla de Usuario



Column Name	Data Type	Constraints
UsuarioSecurity	int	PK, not null
UsuarioID	int	not null
Username	varchar(25)	not null
UltimoAcceso	datetime	not null
IPAcceso	varchar(15)	null

Figura 4: Tabla de Accesos de Usuarios

- Diseño de expresiones regulares: Se han diseñado y generado varias expresiones regulares con diferentes patrones debido a la variedad de formas que aparecen en los textos. (Fig.5).
- Diseño de archivo XML (Fig.6): Se utilizó una estructura de archivo tipo “.xml” para almacenar las entidades extraídas de los documentos.

```

fechas = (([0-9]{2}) (días|dias) del mes de (Enero|Febrero|Marzo|Abril|Mayo|...
nombres = (([I|i]ng|.|[I|i]ngeniero) ([A-Za-z]+\.\.?\\,?\s[A-Z][A-Za-z]+)*|[Dd]...
expediente = (Expte.|Expediente)\s[Nn][^|°]?s([0-9]+)|(Expte.[0-9]+)|(Expte...
dictamen = ([Dd]ictamen)\s[Nn][^|°]?s([0-9]+)
dni = [0-9]{1,2}(\.)?[0-9]{3}(\.)?[0-9]{3}
articulo = (([Aa]rt[í]culo(s)?|[Aa][Rr][Tt].)\s[Nn][^|°]?s([0-9]+)([°|°])...
actas = ([Aa]cta)\s[Nn][^|°]?s([0-9]+)
resolucion = ([Rr]esoluci[o|ó]n|[Rr](\s?)[Ee](\s?)[Ss](\s?)[Oo](\s?)[Ll](\s?)...
ley = ([Ll][Ee][Yy]\s[Nn][^|°]?s([0-9]+)
matricula = ([0-9]{3}\-[0-9]{5})
    
```

Figura 5: Expresiones Regulares

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<XML_DOCUMENT>
  <row />
  <row>
    <Nombre_Archivo></Nombre_Archivo>
    <Ruta_Archivo></Ruta_Archivo>
    <Nombres></Nombres>
    <DNI></DNI>
    <Fechas></Fechas>
    <Matricula></Matricula>
    <Articulos></Articulos>
    <Acta></Acta>
    <Resolucion></Resolucion>
    <Ley></Ley>
    <Expediente></Expediente>
    <Dictamen></Dictamen>
  </row>
    
```

Figura 6: Diseño de Archivo XML

Construcción

Las tareas de desarrollo se llevaron a cabo en el entorno de desarrollo Microsoft Visual Studio el cual es un conjunto de herramientas de gestión del ciclo de vida de desarrollo de software que a través de sus servicios permitió realizar una organizada gestión de cambios y control de versionado.

- Desarrollo de sistema de logueo: Una vez creada la base de datos con los campos específicos para el almacenamiento y recuperación de nombres de usuarios y contraseñas, así

como su registro de sesión, se construyó el código correspondiente para dar soporte al logueo, restricción de acceso y cierre de sesión de los usuarios, así como también permitir a un usuario administrador tener la facultad de hacer un AMB de los usuarios.

- Extracción de entidades: Se implementó el código necesario para poder recorrer los directorios donde se encuentran almacenados los documentos de los cuales se debían extraer las entidades, luego de su extracción se almacenaron

en un documento XML que fue puesto a disposición del motor de búsqueda Lucene, quien se encarga de armar un índice de búsqueda y tener a disposición los campos necesarios para su rápida recuperación.

- Actualización de índices de búsqueda: Esto se implementó ya que los usuarios pueden hacer por su parte modificaciones en los documentos, alterando las entidades que se encuentran en estos, con lo cual se debe tener en cuenta la actualización de estos índices, modificando el archivo XML y extrayendo nuevamente las entidades para proporcionar una búsqueda actualizada de entidades dentro de los documentos.
- Parámetros de búsqueda: Los parámetros de búsqueda debían estar restringidos de acuerdo a la entidad, que desea buscar dentro del repositorio de documentos, las cuales se lograron con expresiones regulares permitiendo a los usuarios una mejor búsqueda.

Presentación de resultados

Una vez realizada la búsqueda y recuperación de los documentos, los resultados deben ser presentados ante el usuario, a través de una interfaz que permita la rápida visualización, así como también la posibilidad de abrir los archivos encontrados en la herramienta ofimática por defecto que se encuentra en las estaciones de trabajo, en este caso es Microsoft Word.

Pruebas

Las tareas de prueba se llevaron a cabo con uno de los miembros del Comité de Ética, con el fin de realizar un control de cumplimiento de los requerimientos funcionales.

Por cuestiones de seguridad y reserva de los datos involucrados en los casos que trabaja el Comité de Ética, las pruebas se realizaron con documentación y datos ficticios, con el propósito de revisar el funcionamiento de la aplicación.

Resultados

A continuación se indican las interfases de la aplicación, con una breve descripción de cada una.

- Inicio de Sesión: El inicio de sesión solicita a los usuarios ingresar un nombre de usuario y contraseña las cuales son dadas de alta al personal que



Figura 7: Inicio de Sesión

así lo autorice el comité (Fig.7).

La aplicación realiza las validaciones necesarias para poder brindar el acceso a la misma, de lo contrario solicita ingresar nuevamente de los datos.

- Carga de Usuarios: la carga de usuario que es llevada a cabo por el usuario administrador, solicita datos para poder dar de alta al mismo, así como también indicar el tipo de usuario que desea crear, teniendo la posibilidad de crear un “Usuario Común” o un “Usuario Administrador”. (Fig.8)

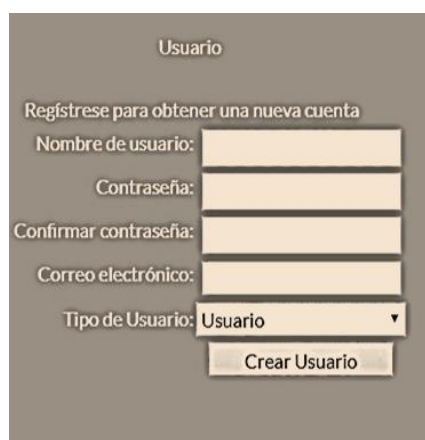


Figura 8: Carga de Usuarios

- Menú de Búsqueda: La página de búsqueda tiene un botón de actualización, el cual permite al sistema actualizar sus parámetros de búsqueda cada vez que los usuarios modifiquen externamente los archivos donde se deben realizar dichas búsquedas. (Fig.9)



Figura 9: Menú de búsqueda

Por otro lado, se le solicita al usuario como primera medida, el tipo de entidad que desea buscar, teniendo una lista desplegable como la que se muestra (Fig.10), en donde hay diferentes opciones para poder realizar la búsqueda.



Figura 10: Entidad deseada

Si por ejemplo, el usuario selecciona buscar por “D.N.I.”, el sistema solicita el ingreso del número de D.N.I. que se desee buscar, habilitando el botón “BUSCAR” (Fig.11)



Figura 11: Búsqueda

Cuando se ingrese el parámetro de búsqueda y se haga clic en el botón “Buscar”, el sistema traerá a la vista un cuadro donde se mostrará el nombre del archivo donde se encontró dicho parámetro, así como también una ruta de archivo y además algunos parámetros similares que se encuentran en ese mismo documento.

También mostrará el botón “Abrir” sobre la tabla que facilita la visualización del documento en la herramienta Microsoft Word. Y se habilitará el Botón “Volver a Búsqueda” que permite poder volver a ingresar los parámetros y realizar una nueva búsqueda (Fig.12).

Trabajos Relacionados

Para considerar el método de extracción de las expresiones regulares, se buscó en internet algún trabajo relacionado a la temática. De entre ellos, es de interés el trabajo “Extracción de información de textos legales y notas de prensa” [5], en el cual se extrae información básica de sentencias a través de expresiones regulares para su posterior análisis, lo que permitió lograr una visión más clara de las tareas de extracción de entidades. Así como también el trabajo “Análisis de estrategias para clasificar contenidos en foros de discusión” [6], se presentan herramientas para facilitar la búsqueda en foros web, donde se especifica un modelo de implementación haciendo uso de la librería Lucene para el análisis de documentos.

Buscar por:

D.N.I. ▼

36777888

Volver a Búsqueda

Ustes esta buscando por:DNI

Acción	Nombre_Archivo	Ruta_Archivo	DNI
Abrir	MODELO DICTAMEN 1.txt	C:\CONTIENEDOC\Dictamen2018\MODELO DICTAMEN 1.doc	36.111.222 36777888

Figura 12: Botón “Volver a Búsqueda” y Botón “Abrir”

Conclusión y Trabajos Futuros

Esta aplicación fue desarrollada para cumplir con la exigencia de la práctica profesional supervisada que requiere la formación del Ingeniero en Informática de nuestra universidad. La experiencia lograda es un complemento en la educación de los autores como futuros profesionales, ya que la misma permitió aplicar todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante la etapa de formación académica, así como también poder conocer el contexto real de una institución y tener una visión más amplia de las tareas que debe realizar un ingeniero a la hora de desarrollar una aplicación.

Además, al comprometernos con una institución que cumple un rol importante dentro de la vida profesional de los profesionales en la Provincia de Salta, se pudo vivir una experiencia directa con el personal del Comité, interactuando y expresándose de la manera correcta, para poder obtener la información que se necesitaba para el desarrollo del proyecto, así como también poder expresar las ideas e inquietudes con respecto a la solución propuesta.

Por otra parte, la aplicación no está totalmente cerrada, es posible seguir trabajándola para incorporar otras opciones de menú, como por ejemplo permitir la generación de informes de acuerdo a la cantidad de Actas, Resoluciones Dictámenes y Denuncias contra

profesionales que ya se encuentran almacenadas así como también las que se genera diariamente, la cual servirá como una herramienta para la gerencia, que contribuya describir y visualizar de manera sencilla la documentación que se desee visualizar.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en conjunto por dos alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática de la Universidad Católica de Salta. Se agradece particularmente la participación de la MBA Ing. H. Beatriz P. de Gallo en el desarrollo de la Práctica Profesional Supervisada y en la aplicación resultante. Así como también a los docentes Lic. A. Carolina Cardoso e Ing. Enzo Notario y especialmente a la Lic. Jacqueline Alderete.

Referencias

- [1] Carlos García Pérez, “Introducción a Lucene” <https://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/lucene-intro/>
- [2] <https://www.apache.org/licenses/>
- [3] Roger S. Pressman, Ingeniería del Software – Un enfoque práctico, 7ma Edición.
- [4] J. E. Hopcroft, R. Motwani y J. D. Ullman, Teoría de autómatas, lenguajes y computación, Madrid: Pearson Education, 2007.
- [5] Carla Hernández Díaz, La Laguna, 4 de marzo de 2017)
- [6] Valeria Zoratto, Nadina Martínez Carod. Facundo Otermin, Gabriela Aranda, XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, La Plata - 9 al 13 de octubre de 2017.

Datos de Contacto:

rosas.emmanuel@outlook.com

Programación de aplicaciones de robótica para educación

Navarro Leonel, Osio Jorge Rafael, Morales Daniel Martín
Universidad Nacional Arturo Jauretche, Instituto de Ingeniería,
Florencio Varela, Av. Calchaquí 6200

Abstract

El siguiente trabajo fue realizado para la beca del programa Nexos: "Estímulo a la vinculación de estudiantes de Ingeniería Informática", ofrecida por la Universidad Nacional Arturo Jauretche. En dicho trabajo se lleva a cabo la programación de una placa arduino Mega y una placa arduino, versión (DuinoBot v2.3 HID), de la empresa RobotGroup, la cual está montada sobre un robot fabricado por la misma empresa. Este proyecto, cuenta con características que facilitan la inserción en el ámbito de la programación de microcontroladores, ya que infunde conocimientos básicos de los microcontroladores arduino y estimula las ganas de adentrarse en la programación de éstas placas.

El objetivo del proyecto es, a través del diseño de talleres, mostrar el funcionamiento de éstos microcontroladores, con el fin de introducir a los estudiantes en la programación de aplicaciones que permiten manejar módulos y sensores (módulo inalámbrico, sensor ultrasónico, sensor infrarrojo) para implementar un sistema robótico funcional que brinde a estudiantes inexpertos la posibilidad de introducirse en el complejo mundo de la robótica. El sistema diseñado incorpora la tecnología inalámbrica para controlar el funcionamiento del robot a través de otra placa arduino (arduino Mega), además de configurar los sensores infrarrojos para realizar seguimiento de líneas y el sensor ultrasónico para evitar obstáculos.

Palabras Clave: Microcontrolador Arduino, Robot educativo DuinoBot v2.3 HID, Enseñanza de la robótica, Sensor IR CNY70, Software embebido.

Introducción

Para este proyecto se utilizó una placa arduino Mega que está programada para transmitir datos y el robot de la Figura 1 que es de la empresa RobotGroup [1], el cual cuenta con una placa arduino integrada (versión DuinoBot v2.3 HID) de la Figura 2. La cual permite embeber código a través del entorno de desarrollo de arduino, en este

caso DuinoPack, la cual es una versión modificada del entorno de desarrollo de arduino, donde ya tiene cargada la versión de la placa correspondiente del robot previamente mencionado, para la programación del mismo.

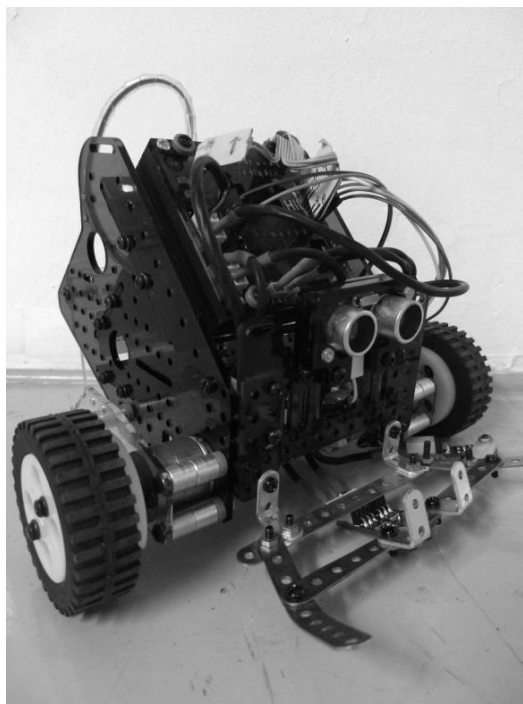


Figura 1. Robot N6 de la empresa RobotGroup



Figura 2. Placa DuinoBot v2.3, Fabricada por RobotGroup.

La aplicación que se desarrollara es para utilizar como método de explicación para el aprendizaje de arduino, de una manera fácil, concisa y entretenida. Para que el alumno al cual se le dicte este taller pueda interesarse en el tema del microcontrolador arduino y obtener los beneficios que el mismo microcontrolador le puede brindar [2].

Dicha aplicación cuenta con, además del robot, con los periféricos utilizados que se detallan a continuación:

- Sensores CNY-70 (sensor infrarrojo): se utilizan dos sensores CNY-70 que se programan de tal manera que su funcionalidad sea poder seguir líneas negras dibujadas en una pista (circuito).
- Sensor HC-SR04 (sensor ultrasónico): se utiliza un sensor HC-SR04, el cual se encuentra montado en la parte frontal del robot de tal manera que cuando el robot se encuentre en movimiento, no colisione con obstáculos.
- Módulos nRF24I01 (módulo inalámbrico): se utilizan dos módulos inalámbricos donde uno

está conectado sobre el primer arduino (arduino Mega, transmisor) y el otro sobre el arduino del robot (DuinoBot v2.3, receptor). El transmisor es utilizado para enviar señales de control al receptor que se transforman en sentencias para indicar señales de avance, parada, giro, entre otros.

En base a estos periféricos utilizados, se llevó a cabo la utilización de librerías¹ para facilitar el uso y dar una explicación sencilla del funcionamiento de éstos. Se han utilizado las siguientes librerías:

- Para el módulo inalámbrico se utilizó la librería, nRF24011.h
- Ping.h se utiliza para las funcionalidades del sensor ultrasónico.
- DCMotor.h se utiliza para poner en funcionamiento de los motores del robot [3], para darle movimiento a éste.

Para el módulo nRF24011, su librería permite configurar, con palabras claras, el módulo para que funcione como transmisor o receptor y abrir canales de comunicación fácilmente. Una vez que se lleva a cabo las aperturas de los canales correspondientes de cada módulo, se utilizan funcionalidades para que transfieran o reciban datos según corresponda.

La librería ping permite interactuar con el sensor HC-SR04 utilizando solo un pin analógico de arduino, además de brindar una mayor precisión para las mediciones y la velocidad de toma de datos.

DCMotor.h permite el uso de funciones como el frenado del motor, acelerado (potencia), y también el invertir el eje de giro de los motores para no trabajar con números negativos a la hora de seleccionar potencias.

¹ Todas las librerías utilizadas se inicializan cuando corresponda su uso, al principio del código de la placa.

Mediante estas bibliotecas, datos y los componentes provistos por el fabricante del robot, se ha podido construir la aplicación de manera eficiente, ya que cumple con el funcionamiento básico esperado.

Una vez alcanzado éste funcionamiento de la aplicación se busca, como ya se ha mencionado al inicio, dar una explicación básica de cómo funciona arduino, y cómo se comportan y funcionan los diferentes módulos y sensores, combinados entre sí, en una aplicación concreta. De esta forma se podrá realizar un taller de introducción a la programación de robots arduino de manera amigable y sencilla para usuarios inexpertos o que tienen un conocimiento muy básico del tema. La finalidad de este taller es capacitar en escuelas técnicas a alumnos para que se inicien en la programación de sistemas embebidos aplicados a robótica, de una manera interesante, y así puedan explotar las miles de funcionalidades que posee este microcontrolador, aprovechando su bajo costo y su fácil utilización.

Desarrollo

Conexión de los periféricos

Antes de comenzar con la programación de los periféricos utilizados, se efectuó la conexión de éstos sobre las placas arduino Mega y DuinoBot v2.3. El arduino Mega solo tendrá conectado el nRF24011, el cual será configurado como transmisor y sus conexiones están indicadas en la Figura 3.

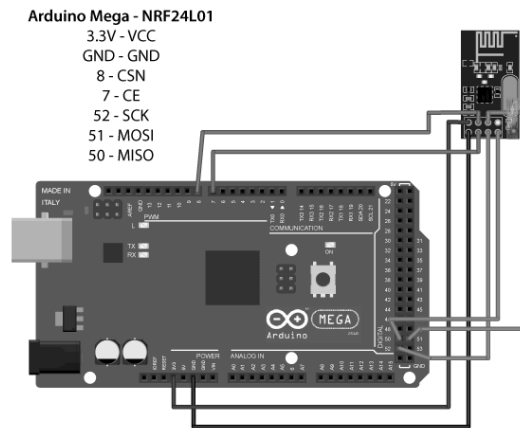


Figura 3. Conexión de nRF240101 arduino Mega

En la placa que posee el robot, se conectará otro módulo inalámbrico (nRF240101), el cual funciona como receptor; dos sensores infrarrojos CNY-70 (Ver Figura 4) y un sensor ultrasónico HC-SR04 que se muestra en la Figura 5.

Cabe destacar que la placa posee entradas analógicas tipo múltiple que internamente se conectan de igual manera que se conectan los sensores en un arduino uno.

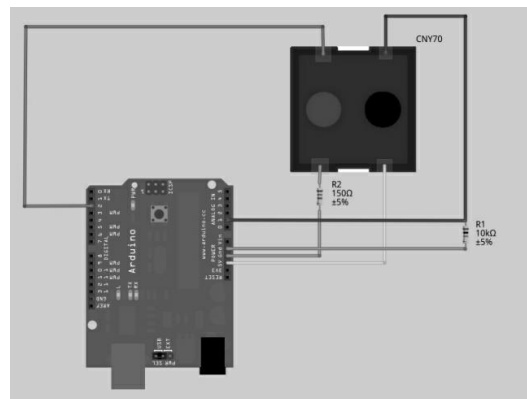


Figura 4. Conexión de sensor IR CNY-70.

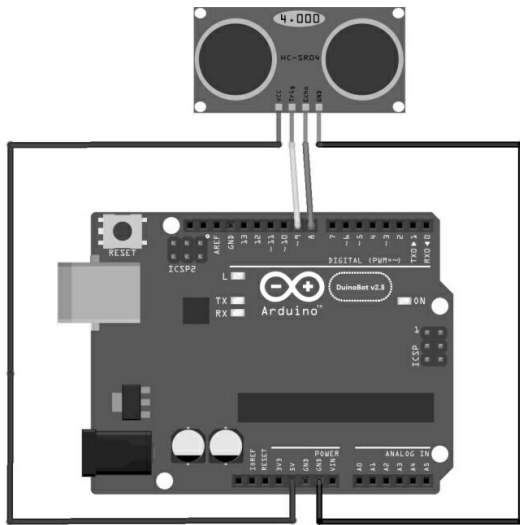


Figura 5. Conexión de sensor HC-SR04

Programación del transmisor (arduino Mega)

En primer lugar se realiza un `#define CE_PIN 9` y `#define CSN_PIN 8` para definir los pines a los cuales está conectado el pin CE y CSN respectivamente, del módulo inalámbrico.

Un `int datos[5]`, que se utilizará para almacenar los datos que se enviarán.

Un `byte dirección[5] = {'c', 'a', 'n', 'a', '1'}`. El cual es una variable con la dirección del canal por donde se va a transmitir.

Una vez definidos estos cuatro campos, se crea el objeto del módulo inalámbrico el cual se llamará `radio` y se le pasan los pines en los cuales se conecta el módulo, RF24 `radio(CE_PIN, CSN_PIN)`.

Luego en la función `void setup()` se utiliza `radio.begin()` para inicializar el módulo inalámbrico y `Serial.begin(115200)` para iniciar el puerto serie. Al final de esta función se utiliza `radio.openWritingPipe(dirección)`, el cual es utilizado para abrir un canal para escribir en él, pasándole como parámetro la dirección donde se debe escribir [4].

Luego de toda esta configuración se lleva a cabo en la función `void loop()`, el código que ejecutará el transmisor. El cual consiste en definir un `switch(opcion)`, en donde la opción será un valor numérico que

representa una acción para el robot. Entonces de esta manera se pasarán opciones para que el robot las vaya recibiendo cada un cierto tiempo o cuando un usuario decida enviar una opción. Entonces este arduino además de funcionar como transmisor, controlará las acciones del robot.

Programación de la placa DuinoBot v2.3

En la programación de esta placa se incluyen todos los periféricos antes mencionados (sensores, módulos y motores). Para una mejor comprensión se explicará la definición de los datos del módulo o sensor correspondiente y la función `void setup()` de los mismos por separado. Luego, se definirá la función `void loop()` como una aplicación en conjunto de todos los periféricos y la utilización de sus definiciones para conformar el funcionamiento de la aplicación final.

Configuración del módulo receptor (nrf24l01)

En primer lugar, en el receptor, la configuración del módulo inalámbrico, es de la misma manera que en el transmisor. Definiendo el pin al cual está conectado el CE_PIN y el CSN_PIN, en esta placa; definiendo el objeto `radio`; un arreglo con los datos que, en este caso, recibirá el módulo y una variable con la dirección, que en este caso es por donde ingresarán los datos.

En la función `void setup()` de esta placa se inicializa el radio y el puerto serial de la misma manera. Y luego de esto en lugar de utilizar la función de escritura proporcionada por la librería `mrf24011`, utilizamos la función de lectura proporcionada por esta librería, la cual se define como `radio.openReadingPipe(1, dirección)`; en donde se le pasa como argumentos el número del canal que debe leer y la dirección de donde provienen los datos. Después de esto, para poder empezar a escuchar por el canal configurado, se

utiliza la función `radio.startListening()`; esta función captará los datos que reciba el módulo y los guardará en la variable `datos` para su utilización.

Configuración de sensores CNY-70

Para la configuración de los sensores IR², se definió una constante llamada `UMBRAL`, y dos variables de tipo `float` (una para cada sensor) que se utilizarán en la función `void loop()`. La idea de definir un umbral y dos variables de tipo `float`, es que esas variables contendrán los valores recibidos por los sensores. Entonces, cuando una de esas variables supere el valor umbral, significa que el robot no se encuentra sobre la línea negra Figura 6. Entonces el robot se acomodará sobre la línea negra para que el valor recibido en la variable no supere el umbral³.

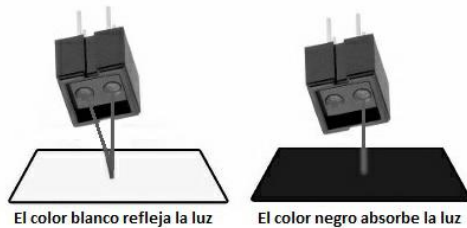


Figura 6. Cantidad de luz reflectada recibida por el sensor IR

Configuración de sensor HC-SR04

Para el sensor HC-SR04 se define una variable `ping` del tipo `PingSensor` (número de pin analógico) que es proporcionada por la librería de este sensor, en la cual indicando el número de pin analógico, tomará los valores que recibe el sensor ultrasónico conectado en dicho pin.

Luego para utilizar estos valores recibidos se utilizará la función `ping.measureCM()`, la cual proporciona la distancia en centímetros

recibida por el sensor en el momento en que se invoca a la función.

Además, se define una constante llamada `obstáculo`, la cual tendrá un valor de distancia en `cm`, que indicará al robot la máxima distancia que se puede aproximar a un objeto.

Función `void loop()` del receptor

Lo primero que se realiza en esta función es la ejecución de un condicional en el cual se comprueba si hay valores recibidos con la función `radio.available()`; entonces si el radio está recibiendo datos, ingresará dentro del condicional y ejecutará la función `radio`, donde `read(datos, sizeof(datos))` leerá los datos recibidos y los almacenará en la variable `datos`. Una vez almacenado el dato recibido, se utilizará como entrada a un `switch` en el cual se seleccionarán las diferentes funcionalidades del robot. El formato sería:

```
Switch(opción){
    Case 1: funcionalidad 1;
    Case 2: funcionalidad 2;
    Case n: funcionalidad n;
}
```

El dato que recepcione el módulo inalámbrico, se utilizará como comando para seleccionar un `case` que puede proveer una de las siguientes funcionalidades:

- Comenzar avance en línea recta hasta encontrar un obstáculo.
- Comenzar avance hasta encontrar una línea negra para seguir, si encuentra línea negra la sigue hasta encontrar un obstáculo.
- Avanzar hasta encontrar un obstáculo y esquivarlo y continuar si lo encuentra.
- Otras opciones.
- Salida.

Todas las funcionalidades presentadas, son estimativas y pueden variar, ya que el objetivo del proyecto no es conseguir funcionalidades complejas, si no, dar

² IR: Abreviación para sensor infrarrojo.

³ Al estar sobre una superficie blanca, el valor que recibe el sensor es mayor debido a que la luz infrarroja se refleja y es captada por el sensor de manera más intensa.

conceptos sencillos del funcionamiento de las placas.

Cada ejecución de un case, tiene una duración continua hasta que se reciba otro comando a desde el arduino transmisor, por esta razón se implementó un case que funciona como salida del programa y detiene el funcionamiento del robot.

Trabajos Relacionados

La filosofía de robots educativos comienza con el diseño de un robot educativo que resuelve laberintos, desarrollado íntegramente por el profesor Daniel Alonso y publicado en el Congreso CONAIISI 2013 [5]. Luego se realizaron aplicaciones de robots colaborativos en los voluntarios 2014 y 2015 dirigidos por el profesor Waldo Hasperué. Actualmente, se están desarrollando aplicaciones para el dictado de cursos sobre enseñanza de programación de robots en colegios secundarios.

Conclusión y Trabajos Futuros

En el proyecto llevado a cabo, se consiguió el funcionamiento esperado de la aplicación, ya que realiza los movimientos y comunicaciones entre placas esperados. Además, al estar habilitado el traspaso de información a través del puerto serie, se puede ver en un terminal los datos que envía el transmisor al receptor.

Cabe destacar que el funcionamiento es el deseado, pero limitado, ya que se podría crear una interfaz gráfica o física, para realizar el envío de datos desde el transmisor al receptor, ya que en esta instancia alcanzada del proyecto, solo se envían sentencias a través del código diseñado en la placa transmisora.

En tanto a la finalidad del proyecto, ya con la aplicación funcionando, se pueden llevar a cabo los talleres de introducción a microcontroladores arduino, exponiendo el funcionamiento de la aplicación, con presentaciones para detallar claramente el

funcionamiento y con circuitos diseñados para que la aplicación funcione de manera eficiente al momento de realizar pruebas.

También se cuenta con otros dos tipos de robots, un brazo robótico (arduino nano) y un cuadrúpedo (arduino nano), que son dos proyectos a futuro para llevar a cabo el crecimiento del taller. Se desean crear aplicaciones que funcionen en comunicación con el robot actual, de tal manera que se puedan realizar pruebas en conjunto o por separados. La finalidad de agregar estos tipos de robots no es para agregar complejidad, sino para agregar variedad y por ende un mayor variedad de aplicaciones.

Este proyecto llevado a cabo es una base para crear funcionalidades más avanzadas, de tal manera que no solo se brinde una introducción al tema y a estos tres periféricos (módulo inalámbrico, sensor IR y sensor ultrasónico), sino que se puedan crear otro tipo de funcionalidades con éstos, y nuevos módulos y sensores para diseñar una aplicación más robusta y poder exponer talleres avanzados de robótica con microcontroladores Arduino.

Referencias

- [1] copyright robotgroup, "Manual de programación del robot N6Max", <https://robotgroup.com.ar/archivos/guias/n6/N6Max.pdf>.
- [2] Massimo Banzi, "Getting Started With Arduino", O'Reilly, 2nd Edition, 2011.
- [3] Roland Siegwart, Illah, R Nourbakhsh, "Introduction to autonomous mobile robots", Massachusetts Institute of Technology, London, England, 2004
- [4] copyright arduino, "Biblioteca de funciones para el sensor Nrf24L01", <https://playground.arduino.cc/InterfacingWithHardware/Nrf24L01>, 2018
- [5] Daniel Alonso, Jorge Osio, Martin Morales, "Metodologías para el estudio de desarrollo de software por medio de Robots Móviles", congreso Conaiisi, UTN Facultad regional córdoba, 2013

El Porqué de las Rúbricas para la Evaluación y la Autoevaluación

Schiter, Tomás Alejandro; Battaglia, Nicolás; Neil, Carlos

Universidad Abierta Interamericana

Facultad de Tecnología Informática

CAETI – Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática

Buenos Aires, Argentina

tomasalejandro.schiter@alumnos.uai.edu.ar; nicolas.battaglia@uai.edu.ar;

carlos.neil@uai.edu.ar

Abstract

Los cambios en el aprendizaje debido a las nuevas posibilidades que otorgan las tecnologías y dispositivos modernos nos hacen pensar sobre qué tan efectivo es el método de enseñanza tradicional. La evaluación entre pares y la autoevaluación, potenciados por nuevas herramientas y por la rapidez y facilidad de acceso que otorgan los dispositivos móviles, podrían ser una de las nuevas estrategias de enseñanza. Las rúbricas son una de las mejores herramientas en cuanto a autoevaluación y evaluación entre pares, y su poco uso en la educación universitaria debería reconsiderarse. Varios autores realizaron diversos estudios e investigaciones demostrando los beneficios que las rúbricas otorgan a los estudiantes. El objetivo de este trabajo es dar a conocer los beneficios del uso de rúbricas, las condiciones para su correcto uso y la importancia de la autoevaluación para un aprendizaje significativo.

Palabras Clave

Aprendizaje, Autoevaluación, Evaluación entre pares, Rúbricas.

Introducción

Hace ya varios años que la educación está cambiando del aprendizaje centrado en el profesor a un aprendizaje centrado en el alumno [16][12][34]. Con la libertad que proporciona Internet y la presencia de dispositivos móviles las 24 horas del día, el alumno tiene total acceso a la información sin importar la hora del día o el lugar en donde esté.

El alumno es hoy en día un factor muy importante en su propio aprendizaje, y es por eso que la autoevaluación se volvió un recurso fundamental para quienes aspiren a llegar a la excelencia.

Con los cambios que ocurren a lo largo del tiempo, nos vemos obligados a rever la metodología con la que se enseña y se evalúa. Especialmente en las universidades,

donde se forman los futuros profesionales, se debe formar a los estudiantes no solo a memorizar contenido, sino también a realizar actividades y tareas relacionadas con su futura profesión. Estas tareas son difíciles de evaluar simplemente con una nota numérica, ya que podría depender del profesor que la evalúa y no reflejar realmente el conocimiento y el desempeño del alumno.

Una de las herramientas que permite evaluar una tarea o trabajo de forma que realmente se refleje qué se tuvo en cuenta al evaluar son las rúbricas [9]. En ellas se incluyen un conjunto de criterios de evaluación con distintos niveles de valoración para que un alumno sepa qué debe mejorar respecto a una tarea realizada. De esta forma, el alumno conoce sus puntos fuertes y sus puntos débiles para seguir practicando y tener un mejor desempeño en trabajos siguientes o en la práctica profesional. Además, la nota que este obtiene es confiable ya que se clarifican los criterios que le fueron evaluados y su nivel de competencia en cada uno de ellos.

En este trabajo veremos qué son las rúbricas, qué tipos de rúbricas existen, por qué son importantes para la autoevaluación y cuáles son los beneficios de usarlas.

Las Rúbricas como Herramienta para la Autoevaluación

Podemos definir a la autoevaluación como la valoración de la calidad del proceso de ejecución y del resultado final de un trabajo o tarea realizado por uno mismo a partir de ciertos criterios de evaluación y niveles de perfección [22].

Aun así, la autoevaluación no asegura beneficios para el aprendizaje, sino que es necesario que se haga de forma efectiva. En [22], [3] y [7] proponen una serie de condiciones para que la autoevaluación sea efectiva:

- Conciencia del valor de la autoevaluación: es importante que los alumnos comprendan la importancia de la evaluación para realizarla con entusiasmo.
- Tener acceso a los criterios en los que se basa la evaluación.
- Especificidad de la tarea a evaluar: la tarea debe estar claramente definida.
- Práctica.
- Oportunidades de revisar y mejorar.

Una de las herramientas destacadas para facilitar la autoevaluación son las rúbricas. Podemos definir a una rúbrica como “un conjunto de criterios y estándares, generalmente relacionados con objetivos de aprendizaje que se utilizan para evaluar un nivel de desempeño o una tarea” [9].

Las rúbricas poseen tres características fundamentales: criterios de evaluación, una escala de valoración y una estrategia de calificación. Los criterios de evaluación establecen los objetivos a conseguir a través del aprendizaje. Estos ayudan al alumno a comprender qué se espera de él.

La escala de valoración describe de manera gradual los distintos niveles de desempeño de un alumno en un determinado criterio de evaluación.

La estrategia de calificación puede ser holística o analítica. Según [19] y [23], una rúbrica holística es en la cual el profesor puntúa el proceso o producto como un todo, sin juzgar los elementos por separado, y una rúbrica analítica es en la cual el profesor puntúa los distintos elementos por separado y luego obtiene un puntaje total en base a la puntuación de los elementos.

Las rúbricas no solo hacen a los estándares del profesor y la nota resultante explícita, sino que también proporcionan a los alumnos un claro significado a cuáles son las

expectativas para un alto nivel de calidad en una tarea determinada y a cómo alcanzarlas [3] [1]. Además, las rúbricas proporcionan a los alumnos una retroalimentación más rica en información sobre sus fortalezas y sus áreas que necesitan mejorar que las formas tradicionales de aprendizaje [2].

En cuanto a su creación, cabe destacar que las rúbricas pueden realizarse tanto en un papel como en algún dispositivo electrónico. En la actualidad existen numerosas páginas web y software específico que permite su creación, como RubiStar [29], Rubric Maker [30] o Quick Rubric [24]. Las rúbricas de este tipo son también llamadas e-rúbricas.

La creación de una rúbrica es un paso muy importante, ya que su contenido es un factor clave en el aprendizaje. Se recomienda que las rúbricas genéricas estén siempre acompañadas de trabajos ejemplares de alumnos o listas de indicadores de tareas [34].

Algunas características puntuales a tener en cuenta para el desarrollo de rúbricas son [13]:

1. No hacerlas específicas para una tarea ni ser excesivamente general.
2. Evitar detalles disfuncionales.
3. Usar criterios cuantificables.
4. Elegir descriptores con cuidado.
5. Apuntar a cuatro niveles de desempeño.
6. Incluir a los estudiantes en la creación o la adaptación de la rúbrica.

La inclusión de los estudiantes es fundamental, ya que al hacerlos partícipe estos pueden sacar todas sus dudas respecto a los criterios de evaluación y, en ciertos casos, pueden ayudar a diferenciar los distintos niveles de desempeño especificados en la rúbrica. Los alumnos frecuentemente están desorientados respecto a cuál es el criterio de evaluación, por lo cual realizar una autoevaluación no traería beneficios [7]. Para evitar esto el profesor debe hacer explícitos los objetivos y criterios de evaluación.

La descripción de criterios de desempeño puede ser un aspecto desafiante en la construcción de rúbricas. Se sugiere como

alternativa a desarrollar rúbricas desde cero, que los profesores adapten rúbricas terminadas para su uso [32], lo cual también ahorra tiempo en su preparación. Sería de buena práctica incluir a los alumnos para que participen en la adaptación de la rúbrica.

Además, el autor afirma que el aspecto más desafiante en el diseño de rúbricas es el lenguaje utilizado [32]. Concluyó que el uso de términos negativos, especialmente en los niveles de desempeño más bajos de la rúbrica, puede desmotivar a los alumnos que se encuentren en esos niveles en determinados criterios. Se deben utilizar términos que no sugieran que el progreso del desempeño de nivel 2 al 3 es un salto de fracaso a éxito [32].

¿Por Qué Utilizar Rúbricas para la Autoevaluación?

Para diferentes autores [20] [26] [27], el uso de rúbricas en la educación universitaria e ingeniería parece haber emergido debido a la falta de satisfacción del proceso tradicional. Según [3] y [18]:

Para el profesor, las rúbricas le permiten evaluar de una manera más objetiva, determinar los criterios de medición y documentación del progreso del estudiante y describir cualitativamente distintos niveles de logro que el estudiante debe alcanzar.

En cuanto al estudiante, las rúbricas le permiten comprender los criterios de evaluación, evaluar sus propios trabajos antes de entregarlos y le indica claramente sus fortalezas y deficiencias.

Las rúbricas proporcionan una mayor coherencia de la puntuación, facilitan un juicio válido de competencias complejas y promueven el aprendizaje [13] [17].

Algunos autores [31][21] afirman que las rúbricas favorecen una evaluación más sistematizada y que son herramientas de gran valor para el desarrollo de competencias de monitorización, autoevaluación y evaluación entre pares.

Dos profesoras españolas [25] concluyeron luego de desarrollar una experiencia con el uso de rúbricas en orientación y seguimiento de trabajos en grupo que las rúbricas son

útiles para proporcionar retroalimentación al alumno, que las rúbricas ayudan en la orientación y seguimiento y centran las conversaciones de los grupos con los docentes.

Una buena rúbrica orienta a los alumnos a conocer el concepto de calidad definido por expertos en un área, a informar autoevaluación y evaluación de pares, y a guiar la revisión y la mejora [4].

Otros autores concluyeron [20], en base a otro estudio [17], que puede aumentarse la fiabilidad de las calificaciones con el uso de rúbricas, pero que no garantiza el aprendizaje [5] sin que se den las condiciones expuestas [3] [7].

Las rúbricas demuestran ser muy efectivas cuando se utilizan correctamente y se desarrollan teniendo en cuenta ciertas recomendaciones, pero es necesario que los alumnos realmente deseen mejorar su aprendizaje y le dediquen tiempo a realizar autoevaluaciones o evaluaciones entre pares efectivas.

Trabajos Relacionados

A partir de observaciones y cuestionarios a los estudiantes, se recomienda trabajar sobre los estudiantes que no colaboran en las tareas y que no corrigen sus trabajos, los que no estaban comprometidos con el desarrollo de las tareas de evaluación y los que no tienen suficientes destrezas para evaluar sus propios esfuerzos [8].

Experiencias contadas por una investigadora de los Estados Unidos dicen que algunos estudiantes solicitan su uso para nuevos trabajos o tareas después de usarlas para algún proyecto [2].

Algunos de sus alumnos afirman que el uso de rúbricas les facilita producir trabajo de buena calidad, obtener mejores calificaciones y sentir menos ansiedad ante la evaluación [2]. Algunos estudiantes hicieron comentarios positivos sobre las rúbricas luego de utilizarlas por primera vez. Les gustó el hecho de que las rúbricas les permiten saber qué se espera de ellos. Además, notaron que las rúbricas les facilitaron identificar las fortalezas y

debilidades de sus trabajos cuando las usaron para obtener retroalimentación y dijeron que saber “qué cuenta” les hizo entender el significado de su puntaje. Varios alumnos también admitieron no leer los menores niveles de evaluación de la rúbrica porque no querían menos que el nivel A o B [2]. Finalmente, los participantes del estudio creyeron que hubo resultados positivos asociados al uso de la rúbrica, incluyendo mejores notas y más justas, notaron mejoras en la calidad de sus trabajos y menos ansiedad sobre las tareas [2]. Algunos alumnos declararon que la rúbrica que usaron también les ayudó a tener mejores notas en otras clases [6].

En otro ejemplo de uso de rúbricas hecho por la misma investigadora [2], ésta centro su investigación en los efectos de las rúbricas y la autoevaluación en aprendizaje y metacognición. La metacognición es el acto de monitorear y regular el pensamiento de uno mismo [3]. En esta investigación se le asignó una tarea de clasificación a cuarenta alumnos de séptimo grado, en la cual a la mitad se le dio una rúbrica instruccional y se les indicó que debían autoevaluar periódicamente su comprensión lectora, el sistema de clasificación que escogieron, su explicación del sistema, etc. La otra mitad debía hacer el mismo trabajo de clasificación, pero si ninguna rúbrica ni autoevaluación.

Los resultados fueron más positivos para los alumnos que utilizaron la rúbrica e hicieron una autoevaluación sobre su trabajo.

En otra investigación sobre los efectos del uso de rúbricas realizado en la Universidad de Vigo [15], se hizo un estudio en el contexto de la prevención y tratamiento de las dificultades de aprendizaje infantil. Este permitió llegar a la conclusión de que hay diferencias importantes a medida que se utilizan las rúbricas, ya que puede verse una mejora sustancial tanto en el aprendizaje de los contenidos de la materia como en el dominio de las competencias vinculadas al trabajo en grupo [15].

En un estudio conjunto entre la Universidad de Granada y la Universidad de Vigo,

presentaron las rúbricas para la autoevaluación a los alumnos [8]. Luego de utilizarlas, los alumnos fueron encuestados.

- El 86% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 61% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas dan a conocer lo que se espera.
- El 70% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 57% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas permiten constatar el nivel de competencia adquirida.
- El 90% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 88% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas permiten la autoevaluación.
- El 93% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 80% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas permiten evaluar a los compañeros.
- El 83% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 76% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas permiten una evaluación más objetiva.
- El 90% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 66% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas proporcionan retroalimentación del desarrollo del trabajo.
- El 86% de los alumnos de la Universidad de Granada y el 92% de la Universidad de Vigo está de acuerdo en que las rúbricas ayudan a comprender las cualidades que el trabajo debe poseer.

En un estudio utilizando e-rúbricas [14], se remarcó que los grupos que utilizaron las e-rúbricas para la autoevaluación colaborativa del trabajo en equipo tuvieron mejores notas y resultados más homogéneos que el grupo que no las utilizó. Además, los alumnos que no las utilizaron tuvieron más dificultades para afrontar las tareas.

En otro estudio [28] de los beneficios de la utilización de rúbricas, los resultados mostraron que las rúbricas de evaluación

clarifican el alcance del proceso formativo de los estudiantes. Al 77% de ellos les parece que las rúbricas sirven para mejorar, para cooperar más, responsabilizarse, conocer lo que se espera de ellos, a reflexionar sobre el trabajo realizado y darse cuenta de errores cometidos.

Las rúbricas ya no solo sirven para evaluar el trabajo del alumno, sino también los conocimientos que adquieren y su capacidad de respuesta a demandas complejas. Los resultados obtenidos de su experiencia con el uso de rúbricas demuestran cuatro mejoras en los alumnos [33]:

1. La clarificación de los criterios de evaluación ayuda a los alumnos a comprender qué se espera de ellos. Se puede percibir un aumento en la confianza y una reducción de la ansiedad de los alumnos al conocer cómo se les iba a evaluar.
2. La retroalimentación que proporcionan las rúbricas permite a los alumnos reflexionar sobre la calidad de su trabajo y encontrar errores o falacias.
3. Los alumnos notaron mejoras en su eficacia y su autorregulación al conocer cómo se les iba a evaluar.
4. Los alumnos se notaron más motivados y con mayor interés al conocer la metodología utilizada.

En relación a la ingeniería y al software, los resultados del estudio realizado por [15] indican que las rúbricas analíticas ayudaron a evaluar objetivamente el rendimiento de estudiantes de ingeniería de software y que

permiten a los estudiantes conocer si están o no mejorando.

Para finalizar, se muestra una ilustración ejemplo de una rúbrica que podría utilizarse para un trabajo que debe ser presentado de forma escrita y oral. Solo se incluyeron tres criterios, pero pueden incluirse más o bien los criterios existentes dividirse y evaluarse en detalle (Ilustración 1).

Conclusión y Trabajos Futuros

En base a los resultados expuestos mediante trabajos relacionados, se puede concluir en que el uso de rúbricas es beneficioso para estudiantes tanto para que obtengan mejores calificaciones como para el aprendizaje de competencias.

Como trabajo futuro, es de nuestro interés abordar el uso de rúbricas en Argentina en universidades. Además, apuntamos a crear e implementar una rúbrica en el ambiente universitario y analizar los resultados obtenidos, para investigar su efectividad en distintas áreas, ver si existe diferencia alguna según la edad, el género u otro rasgo de los estudiantes.

Por último y analizando el crecimiento constante en relación a las TIC en la educación y su relación con entornos CSCL [9], se prevé estudiar el impacto del uso de las e-rúbricas en entornos virtuales colaborativos a fin de implementar una solución adecuada integrada al proyecto UAICASE [10] [11].

Ilustración 1 – Ejemplo de Rúbrica

Categoría	Excelente	Satisfactorio	Necesita Mejorar	No Satisfactorio
Puntaje	9-10	6-7-8	3-4-5	0-1-2
Presentación Escrita	El trabajo es prolijo y está dividido en segmentos para distinguir la introducción, el desarrollo y las referencias. No hay errores ortográficos y se demuestra un vocabulario amplio.	El trabajo es prolijo, no hay errores ortográficos y se demuestra un vocabulario medianamente amplio.	El trabajo es prolijo, hay algunos errores ortográficos y se demuestra un vocabulario pobre.	El trabajo no es prolijo, hay muchos errores ortográficos y se demuestra un vocabulario pobre.
Calidad de la información	La información está relacionada al tema principal y añade nuevos conceptos. Incluye ejemplos y especifica la fuente de información.	La información está relacionada al tema principal. Incluye pocos ejemplos y no siempre especifica la fuente de información.	La información está relacionada al tema principal. No incluye ejemplos ni especifica la fuente de información.	La información tiene poco o nada que ver con el tema en cuestión.
Presentación Oral	Se dio de forma fluida, demostrando alto conocimiento sobre el tema y respondiendo a dudas y preguntas.	Se dio de forma fluida, demostrando conocimiento sobre el tema y respondiendo casi todas las dudas.	Se dio de forma fluida y demostrando conocimiento sobre el tema, pero sin responder a dudas	No se dio de forma fluida ni se demostró conocimiento sobre el tema principal. No hubo respuesta a las dudas del público.

Referencias

- [1] Allen, D., & Tanner, K. (2006). Rubrics: Tools for making learning goals and evaluation criteria explicit for both teachers and learners. *CBE—Life Sciences Education*, 5, 197–203.
- [2] Andrade, H. G. (2000). Using rubrics to promote thinking and learning. *Educational leadership*, 57(5), 13-19.
- [3] Andrade, H. G. (1997). Understanding rubrics. *Educational leadership*, 54(4), 14-17.
- [4] Andrade, H. (2008). Self-assessment through rubrics. *Educational leadership*, 65(4), 60-63.
- [5] Andrade, H. G. (2001). The effects of instructional rubrics on learning to write.
- [6] Andrade, H. L., & Du, Y. (2005). Student perspectives on rubric-referenced assessment.
- [7] Andrade, H., & Valtcheva, A. (2009). Promoting learning and achievement through self-assessment. *Theory into practice*, 48(1), 12-19.
- [8] Arrufat, M. J. G., & Rivas, M. R. (2014). Compromiso del estudiante y percepción del proceso evaluador basado en rúbricas. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 12(1), 197.
- [9] Battaglia, N., Martínez, R., Otero, M., & Neil, C. (2016). Autoevaluación Colaborativa por medio de Rubricas en Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje.
- [10] Battaglia, N., Neil, C., De Vincenzi, M., & Martínez, R. (2016). UAI Case: integración de un entorno académico con una herramienta CASE en una plataforma virtual colaborativa. In XI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2016).
- [11] Battaglia, N., Neil, C., De Vincenzi, M., Martínez, R., González Dana. (2017, junio). uCASE-CL: Aprendizaje Colaborativo de la Ingeniería de Software en Entornos Virtuales Ubicuos. In XII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET 2017).
- [12] Cox, M. D., & Richlin, L. (1993). Emerging trends in college teaching for the 21st century: A message from the editors. *Journal on Excellence in College Teaching*, 4, 1-7.
- [13] Crawford, C. M. (2001). Rubrics: Models of Evaluation within a Constructivist Learning Environment.
- [14] de la Serna, M. C., Angulo, J. S., & Torres, M. R. (2014). Las eRúbricas en la evaluación cooperativa del aprendizaje en la Universidad. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, (43), 153-161.
- [15] Figueira, M. E. M., González, F. T., & Rivas, M. R. (2013). La rúbrica como instrumento para la autoevaluación: un estudio piloto. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 11(2), 373.
- [16] Howell, R. J. (2011). Exploring the impact of grading rubrics on academic performance: Findings from a quasi-experimental, pre-post evaluation. *Journal on Excellence in College Teaching*, 22(2), 31-49.
- [17] Jonsson, A., & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational research review*, 2(2), 130-144.
- [18] Martínez-Rojas, J. G. (2008). Las rúbricas en la evaluación escolar: su construcción y su uso. *Avances en medición*, 6(129), 38.
- [19] Mertler, C. A. (2001). Designing scoring rubrics for your classroom. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 7(25), 1-10.
- [20] Mkpojiogu, E. O., & Hussain, A. (2017, October). Assessing students' performance in software requirements engineering education using scoring rubrics. In AIP Conference Proceedings (Vol. 1891, No. 1, p. 020092). AIP Publishing.
- [21] Palomino, M. D. C. P. (2015). Percepción del estudiante universitario hacia la evaluación del aprendizaje cooperativo basado en rúbricas. *Opción*, 31.
- [22] Panadero, E., & Alonso-Tapia, J. (2011). El papel de la rúbricas en la autoevaluación y autorregulación del aprendizaje. Bujan, K, Rekalde, I. y Aramendi, P. La evaluación de competencias en la educación superior. Sevilla. MAD.
- [23] Popham, W. J. (1997). What's wrong-and what's right-with rubrics. *Educational leadership*, 55, 72-75.
- [24] Quick Rubric. www.quickrubric.com. Accedido el 6 de septiembre de 2018.
- [25] Raposo, M., & Martínez, E. (2011). La rúbrica en la enseñanza universitaria: un recurso para la tutoría de grupos de estudiantes. *Formación universitaria*, 4(4), 19-28.
- [26] Rezaei, A. R., & Lovorn, M. (2010). Reliability and validity of rubrics for assessment through writing. *Assessing writing*, 15(1), 18-39.
- [27] Riebe, L., & Jackson, D. (2014). The use of rubrics in benchmarking and assessing employability skills. *Journal of Management Education*, 38(3), 319-344.
- [28] Rivas, M. R., & Figueira, M. E. M. (2014). Evaluación educativa utilizando rúbrica: un desafío para docentes y estudiantes universitarios. *Educación y educadores*, 17(3), 4.
- [29] RubiStar. rubistar.4teachers.org. Accedido el 6 de septiembre de 2018.
- [30] Rubric Maker. www.rubric-maker.com. Accedido el 6 de septiembre de 2018.
- [31] Stevens, D., & Levi, A. (2005). What is a Rubric?. *Introduction to Rubric. An assessment tool to save grading time, convey effective feedback and promote student learning*, 3-16.
- [32] Tierney, R., & Simon, M. (2004). What's still wrong with rubrics: focusing on the consistency of performance criteria across scale levels. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 9(2), 1-10.
- [33] Torres-Sanz, V., Garrido, P., Sanguesa, J. A., Martínez, F. J., & Tramullas, J. Rúbricas como estrategia de evaluación en entornos TICS.
- [34] Wiggins, G. (1998). *Educative Assessment. Designing Assessments To Inform and Improve*

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Student Performance. Jossey-Bass Publishers, 350
Sansome Street, San Francisco, CA 94104.

Cuatro tecnologías para promover la autonomía de personas con discapacidad

Alesandroni, Nazarena; Alvarez, Nahuel; Antonelli, Nicolás; Botello, Andrés Julián; Bruselario, Sebastián R.; Carnevale, Sofia; Corsetti, Ornella; Della Ceca, Juliana; Diaz, Maria Agustina; Golzman, Gabriel; Katzaroff, Federico; Recalde, Alejandro; Reinwald, Eric; Sutkowski, Maia
*Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Facultad Regional Rosario,
Universidad Tecnológica Nacional*

Abstract

Desde la Ingeniería en Sistemas de Información, se presenta la idea de trabajar e investigar en cómo la combinación de tecnologías se ponen al servicio de mejorar la calidad de vida de personas con necesidades especiales. En esta búsqueda, y con el fin de que las tecnologías puedan ser un apoyo significativo para que personas con discapacidades mejoren su autonomía en la sociedad, se busca brindar seguimiento a toda persona que presente pérdida temporal de memoria, Alzheimer, casos de autismo que desean libertad de movimiento y casos de discapacidad en los que se necesita que la persona aprenda a trasladarse sola, entre otros, permitiendo a sus familiares o personas cercanas visualizar sus movimientos sin interferir y poder ir en su ayuda cuando sea necesario; considerando que estas personas, ante sus rutinas diarias pueden salir de sus ambientes naturales/comunes y encontrarse perdidos sin que sepan regresar, como así también ofrecerles tranquilidad ante sus traslados de un sitio a otro. Se propone el desarrollo de una aplicación móvil/web, la cual estará en poder de familiares o tutores responsables e informará la ubicación geográfica de una persona que portará un Arduino embebido con capacidad de geolocalización mediante GPS, contenido en un objeto de diseño personalizado logrado mediante impresión 3D. Se considera que la combinación de las 4 tecnologías, App móvil – Arduino – GPS – Impresión 3D, permitirán acompañar la vida cotidiana sin interferir en la misma, brindando libertad e independencia a quienes lo portan y seguridad a su entorno.

Palabras Clave: Arduino - Impresora 3D - GPS - Aplicaciones móviles - Discapacidad - Ubicación geográfica - Localización - Sistemas embebidos

Introducción

Tanto el INDEC como el Anuario Estadístico Nacional [1], hacen referencia

que en el país residen un poco más de 5 millones de personas con algún tipo de discapacidad y se conoce sobre las actividades que se están desarrollando para colaborar con ellos, pero también existe otros tipos de discapacidades reflejadas en necesidades especiales de acompañamiento por disminución temporal o permanente de su memoria o de sus capacidades de ubicación temporal.

En la vida cotidiana de esas familias, conformadas con algún integrante con problemáticas tales como pérdida temporal de memoria, casos de autismo que puedan tener libertad de movimiento, y casos de discapacidades en los que se necesita que la persona aprenda a trasladarse sola, entre otros, se refleja con mayor frecuencia el peligro que implica la falta de acompañamiento continuo, considerando que estas personas, ante sus rutinas diarias, no siempre aceptan estar con sus acompañantes personalizados, o aún aceptándolos, desean algo de independencia. Ante esto pueden salir de sus ambientes naturales/comunes y encontrarse perdidos, o bien salir de forma inconsciente y luego no saber regresar. También es posible que la familia quiera darle tranquilidad ante sus movimientos a modo de libertad.

Con el fin de brindar un servicio a la comunidad desde la universidad pública, en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, un grupo de alumnos guiados por docentes se propusieron crear un producto que brinde una solución a esta problemática mediante la combinación de las siguientes 4 tecnologías: Apps + Arduino + GPS + Impresión 3D.

El proyecto consta del desarrollo de una aplicación móvil/web para que la familia visualice en tiempo real el posicionamiento - ubicación - de su familiar con discapacidad, quien portará un objeto de diseño a su elección logrado mediante impresoras 3D. Dicho objeto contiene un Arduino Nano embebido con capacidad de geolocalización mediante GPS, que emite señales temporizadas del recorrido que está realizando a través del servicio general de paquetes vía radio (GPRS).

De esta forma los familiares podrán ir en su ayuda en caso de identificar una posición distinta a la esperada, o simplemente observar, esperar y permitir a quien esté movilizándose alcanzar el aprendizaje de moverse sin compañía.

Metodología

La investigación realizada parte de un análisis de la necesidad de aplicar las nuevas tecnologías buscando promover la autonomía de las personas con problemas de disminución de su memoria o de ubicación temporal mediante la combinación de tecnologías, por esto se utilizó como guía para el desarrollo la metodología de la investigación experimental [2].

La temática cautivó a un numeroso grupo de alumnos, lo que permitió generar tres áreas de investigación y desarrollo

dentro del proyecto: Diseño, Software y Hardware, donde cada integrante se incorporó de forma voluntaria a participar en la que le resulte de su interés o de mayor conocimiento. Si bien cada área, trabaja a su propio ritmo de avance, se definió la metodología de coordinación general para realizar el seguimiento del progreso del proyecto en su totalidad, dada la interrelación de las mismas y el impacto que cada decisión tomada en una de ellas representa o afecta sobre las otras.

El área hardware, es la responsable del diseño y armado del dispositivo electrónico (plaqueta) utilizado para la geolocalización, que contenga las componentes Arduino y GPS junto con la batería, para poder generar los datos necesarios sobre la ubicación física de una persona.

El área diseño es la encargada del diseño y creación del cuerpo contenedor de la plaqueta generada en el área hardware en un objeto de diseño personalizado, el cual será fabricado mediante una impresora 3D.

Al área software le corresponde el diseño de la aplicación móvil, la cual capturará los datos enviados desde el GPS por el área hardware y replicará la posición física con fecha y hora de captura.

Bajo estas condiciones se fijaron los objetivos generales del proyecto y los particulares de cada área con sus respectivas modalidades de trabajo.

Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil mediante la cual se pueda visualizar la ubicación geográfica de una persona con capacidad disminuida de memoria, quien portará un Arduino programado con GPS embebido contenido en un objeto de diseño

personalizado logrado mediante impresión 3D.

Área Hardware

El objetivo último es el diseño, fabricación y prueba de una placa que mediante la combinación de diferentes

módulos y componentes envíe la ubicación del usuario cada cierto intervalo de tiempo. A esto, se suman objetivos particulares como el de minimizar el tamaño del geolocalizador de modo que permita su fácil transporte, optimizar los recursos

Arduino	ATmega	Voltaje	IO Digital/PWM	Flash [kB]	USB	UART
Mega	2560	5V / 7-12V	54/15	256	Sí	4
Micro	32U4	5V / 7-12V	20/7	32	Sí	1
Pro	168 328P	3.3V / 3.35-12V 5 V / 5-12V	14/6	16 32	No	1
Pro Mini	328P	3.3V / 3.35-12V 5V / 5-12V	14/6	32	No	1
Uno	328P	5V / 7-12V	14/6	32	Sí	1
Leonardo	32U4	5V / 7-12V	20/7	32	Sí	1
Mini	328P	5V / 7-9V	14/6	32	No	-
Nano	168 328P	5V / 7-9V	14/6	16 32	Sí	1

Tabla 1: Comparativa de placas Arduino

físicos del dispositivo, determinar la batería acorde en dimensiones y duración, y disminuir los costos en relación a las existentes en el mercado.

Para este proyecto se consideran tres funciones básicas a cubrir: procesamiento, geolocalización y conectividad.

El procesamiento y administración de las entradas y salidas del dispositivo se lograría con un microcontrolador: un circuito integrado que une las principales funciones de una computadora: microprocesador, RAM, ROMs y circuitos de entrada y salida.

La geolocalización se realizaría mediante GPS (Global Positioning System), sistema de radionavegación basado en triangulación de la posición actual de satélites.

La conectividad con el servidor se obtendría mediante el standard de transmisión de datos GPRS, que utiliza la red de telefonía celular.

Se decidió el uso de las plaquetas Arduino para el procesamiento, y módulo compatibles para la implementación de las otras funciones.

Particularmente la plaqueta que se eligió fue la Arduino Nano, en base a las comparaciones que expresa la Tabla 1, debido a su bajo costo y su tamaño reducido, la cual posee un microcontrolador ATmega328P. Como las demás plaquetas Arduino permite su programación tanto mediante un IDE y un lenguaje propio reducido compuesto por funciones C/C++, como directamente en C/C++ mediante el compilador avr-g++. Esto da flexibilidad a la hora de desarrollar el firmware del dispositivo, dado que puede manejarse tanto un código de alto nivel para prototipado como uno de bajo nivel para lograr optimizaciones y un manejo directo de los recursos del microcontrolador [3].

Para la geolocalización mediante GPS y la conectividad GPRS se seleccionó el circuito integrado AI-Thinker A7, que ofrece ambas funcionalidades en un único componente.

Si bien se encuentran disponibles plaquetas que implementan este integrado, se decidió la fabricación de una plaqueta propia para disminuir los costos totales de la producción del dispositivo. Inicialmente se realizaron pruebas para la fabricación de la plaqueta con diseños hechos a mano, hasta alcanzar el que se expone en la Figura 1, logrado con el software EasyEDA [4].

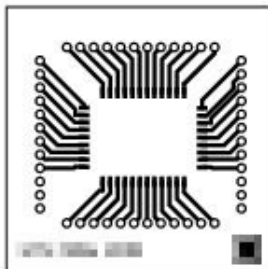


Figura 1: Diseño del circuito impreso para los primeros ensayos con el integrado A7 (elaboración propia).

A partir de placas de circuito impreso virgen de 50 mm de ancho y 50 mm de largo recubiertas completamente con una lámina de cobre en uno de sus lados, se transfirió el diseño del circuito impreso eliminando las partes de cobre sobrantes con percloruro férrico que produce una rápida oxidación en aproximadamente 15 minutos eliminando el metal de la placa excepto en las partes que se encuentran cubiertas por el diseño del circuito. Luego de realizada la limpieza de la placa se realizaron las perforaciones para los conectores que sirven de comunicación con el microcontrolador en la placa Arduino y la prueba de continuidad de cada pista para comprobar que ninguna de las mismas fue dañada en alguno de los pasos del proceso de fabricación.

Para la alimentación de los integrados se optó por un circuito de carga conformado por el circuito integrado TP4056 para baterías de iones de litio que tienen la ventaja de ser ligeras, lineales, con elevada capacidad en dimensiones reducidas con respecto a otros tipos de baterías, bajo efecto memoria y ofrecen resistencia a la descarga. El primer diseño del circuito de carga se expone en la Figura 2 y el diseño del circuito impreso con una dimensión de 25 mm de ancho y 22 mm de largo en la Figura 3.

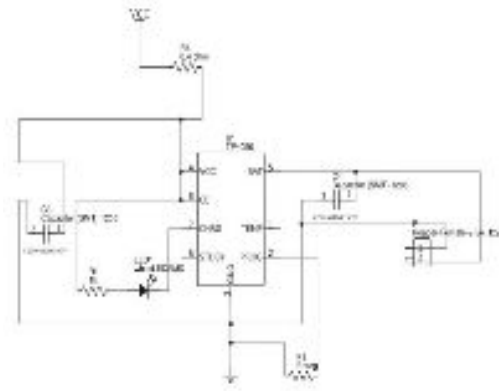


Figura 2: Diseño del circuito de carga sin protección de batería basado en la aplicación típica recomendada por el fabricante NanJing Top Power ASIC Corp. (elaboración propia).

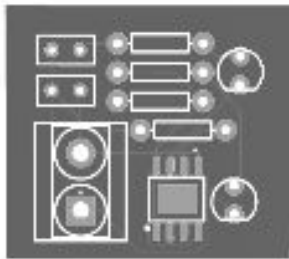


Figura 3: Diseño de PCB del circuito de carga de la Figura 2 (elaboración propia).

Respecto al firmware del dispositivo, es decir el software que se ejecuta en el microcontrolador, la necesidad principal fue el control de las entradas y salidas del módulo GPS/GPRS, y la implementación de la interfaz con la que el dispositivo intercambiaría datos con el servidor. Además se tuvieron en cuenta optimizaciones relacionadas al uso de la batería del dispositivo, balanceando el tiempo de ejecución de forma que se envíen datos en intervalos de tiempo lo suficientemente cortos para la correcta geolocalización en tiempo real sin que esto impacte en el consumo eléctrico, intentando así llegar a la mayor duración posible de la carga.

Área Diseño

Si bien el objetivo en primer instancia parecía de rápido alcance, dado que las medidas iniciales dependían directamente del tamaño de la plaqueta generada en el área hardware, a medida que se avanzaba, las consideraciones se fueron ampliando. El objeto de diseño, además, debe atender a que el mismo va a ser portado en todo momento por una persona, ya sea niño ó adulto, por lo cual, cuestiones como el material a utilizar en la impresión, el peso, la practicidad y el diseño ergonómico, fueron relevantes al momento del modelado.

En una primera instancia para llevar a cabo el diseño del prototipo, se debió acordar que software se iba a utilizar para el modelado. Se consultó a un estudiante de Diseño Industrial [5], quién nos brindó asesoramiento en cuanto a las aplicaciones para el diseño de la impresión 3D y los materiales para realizar dicha impresión. Se definió la utilización de software libre basado en la filosofía académica de la facultad, considerando la utilización de Blender que cumplía este requerimiento, pero las desventajas de esta aplicación (complejidad de uso y requerimientos del equipamiento necesario para su ejecución) hizo que Autodesk Fusion 360 sea la aplicación a utilizar.

Autodesk Fusion 360 es un software que combina el diseño industrial y mecánico en una sola herramienta fácil de usar, permitiendo explorar rápidamente los diseños y crear formas orgánicas con comandos intuitivos. Además, una gran ventaja que posee sobre el resto de las alternativas analizadas, es que permite compartir los diseños en la nube facilitando a que cada uno pueda realizar

sus aportes de forma remota y en varios equipos a la vez.

Si bien no es software libre, cuenta con una licencia gratuita de tres años para alumnos, docentes e instituciones académicas.

Además del software de diseño, se requirió decidir cuál iba a ser el software Slicer a utilizar, siendo ésta la aplicación requerida para convertir el objeto 3D que se diseña mediante Autodesk Fusion 360 en coordenadas que interpreta la impresora 3D.

Este software genera un archivo con extensión .gcode que mayormente está definido por instrucciones sobre a dónde debe moverse, cuán rápido y qué trayectoria debe seguir la impresora. Cura fue el software libre seleccionado, dado que no solo cuenta con el generador gcode, sino que también provee la interface entre la computadora e impresora.

Paralelamente a las evaluaciones en cuanto al software, se debió definir si se iba a ensamblar una impresora 3D adquiriendo sus componentes por separado, realizar una compra de una impresora ya ensamblada o dar a imprimir los prototipos. Se consideró seguir el diseño de código abierto para crear una impresora modelo Prusa, pero, por cuestiones de costos, tiempos, y por no formar parte del objetivo general del proyecto, se acordó que los prototipos diseñados se darían a imprimir a terceros.

Sobre el material de impresión, resultó primordial que el mismo fuera hipoalergénico, dado que puede estar en contacto con la piel, además, se tuvo en cuenta el grado de rigidez/flexibilidad del mismo.

La impresión del primer prototipo se realiza con un filamento PET [6], material extremadamente resistente. Al PET se le añade otro material llamado glicol para una mayor durabilidad, haciéndolo casi irrompible, siendo la mezcla lo que en impresión 3d se denomina PET-G. Además de su dureza, el filamento PETG se caracteriza por una excelente adhesión de la capa de filamento y una mayor flexibilidad, lo que hace que al ser sometido a presión se doble ligeramente en vez de quebrarse, como ocurre con otros filamentos.

El prototipo inicial es una caja contenedora (de la plaqueta hardware), que permite en un futuro poder diseñar otras formas utilizando la misma como base, de forma tal que pueda ser adaptado según las necesidades o gustos de las personas que lo utilizarán. Las medidas mínimas establecidas quedaron condicionadas por el diseño enviado por hardware.

La mayor complejidad se presentó en el diseño del cierre de la caja, dado que debe ser lo suficientemente seguro como para evitar que se abra con facilidad cuando se lo está portando, y el desafío se encontraba en no utilizar ningún tipo de elemento adicional, como tornillos o imanes, de manera que no resulte necesario que los usuarios posean una herramienta especial en caso de tener que abrir el dispositivo para el reemplazo de alguno de sus componentes. La idea inicial era diseñar una caja que contara con bisagras impresas sobre el mismo material, pero el uso de estas resultaba poco fiable, ya que, podría abrirse con facilidad ante una caída, un golpe o algún movimiento inusual, además de aumentar su tamaño final. Luego de realizar varias búsquedas sobre cuáles eran

los cierres más eficientes se decidió utilizar un sistema de encastrés, de manera de no reducir el espacio para los componentes de hardware, que los mismos se encuentren seguros y no requiere utilizar elementos adicionales.

Algunas consideraciones técnicas que se evaluaron fueron la necesidad de algún tipo de ventilación para el hardware y tipo de aberturas para la carga de la batería del mismo. La creación del prototipo inicial se logró en base a los tutoriales encontrados en YouTube principalmente, donde se aprendió el uso de la herramienta Autodesk Fusion 360 [7].

Área Software

Área a cargo del manejo de los datos suministrados desde el área hardware (como la posición GPS) para implementarlos eficazmente en una aplicación fácil de usar, cómoda, y muy importante: útil y eficiente.

Definir cuántas personas podrían visualizar el mismo localizador o si una aplicación podría visualizar varios localizadores, se convirtió en un análisis detallado de varias opciones, lo que permitió determinar que varios usuarios de la aplicación (ejemplo papá y mamá) podrían ver la ubicación de un localizador, mediante el ingreso de un código único que identifique el dispositivo, con una clave de acceso seguro. Por otra parte, y basados en el mismo sistema de codificación se definió que una misma aplicación podrá identificar con diferentes claves varios localizadores (ejemplo hijo y abuelo).

Como funciones a programar para el correcto funcionamiento de la aplicación se trabajó sobre las notificaciones que

debería recibir el usuario de la misma y la representación de la ubicación del individuo. Entre ellas se definieron los siguientes requerimientos: Notificar porcentaje de batería (cuando el dispositivo tenga un porcentaje por bajo de un rango establecido), la señal de alerta (cuando el localizador envíe señales que representen movimiento a una velocidad fuera de un rango definido como parámetro). Representar un recorrido a partir de las coordenadas recibidas. Mostrar en un mapa la posición en tiempo real.

Los datos generados y capturados por el área de hardware serán explicados en detalle más adelante en el presente documento.

Con respecto al análisis de las coordenadas recibidas en concepto secuencial y consecutivo se comparará con un rango definido, estimado de tiempo promedio de recorrido normal, si el mismo es superado se pretende notificar que no es un avance de una persona que estaría caminando, lo cual generará una alerta porque el localizador se podría estar moviendo en un vehículo por ejemplo.

Por otra parte, esas mismas coordenadas dan la posibilidad de graficar un recorrido a medida que se reciben pares ordenados, la gráfica se actualizará cada vez que se reciban dado que dichos datos llegarán en intervalos de tiempos generados por el área hardware. La información se mostrará en un mapa de la misma forma que se visualizará la posición en tiempo real. Las coordenadas que no se utilizarán para mostrar en esta función se las elimina con el fin de agilizar el trabajo de back end.

Se bien todas las acciones son importantes, se considera que la función

principal de la aplicación, es la de mostrar la última coordenada recibida como posición actual del localizador en tiempo real.

Dentro de las tecnologías seleccionadas se decide utilizar tanto lo básico: HTML, CSS, Javascript y JQuery como frameworks o entornos que simplifiquen el desarrollo o agregen funcionalidades: Django, MySQL, Apache Cordova [8] y Materialize CSS [9].

Para realizar el diseño base y simulación de nuestra Interfaz de Usuario (UI) se utilizará una herramienta gratuita llamada “Marvel App”.

En lo que respecta al tratamiento de datos, se define que: Los datos generados y emitidos por el área hardware son: Coordenadas de Latitud y Longitud, porcentaje de batería restante, precisión de las coordenadas, hora, fecha e IMEI del dispositivo en cuestión. Los datos se reciben encriptados por el área hardware y el área software, dependiendo del IMEI del dispositivo en un orden decreciente según fecha y hora, los debe hacer públicos a los usuarios habilitados a dicho IMEI.

De cada usuario de la aplicación se registrará: usuario, contraseña, mail, ID e IMEI del dispositivo que puede visualizar.

Lo relativo a la tecnología para mostrar el mapa con la geolocalización, se usarán las funciones brindadas por Google Maps.

Como se puede observar, para lograr los objetivos del área se trabajó en el diseño back-end y front-end.

Resultados

Acorde al objetivo general planteado, en conjunto con los sub-objetivos de cada área, se proyecta el diseño y fabricación

del producto final que supla la necesidad identificada. Este producto se compone de dos partes: el dispositivo que portará la persona a rastrear, y la aplicación que mostrará los datos recibidos. A continuación se muestra, resumidamente, las características y funcionalidades del producto final

Dispositivo electrónico: Encargado del envío de la posición del usuario cada cierto intervalo de tiempo. En cada envío se empaquetarán como datos el ID del dispositivo, fecha y hora del envío, locación (coordenadas de latitud y longitud), precisión de la locación (radio en metros) y porcentaje de batería restante

A su vez, se podrán indicar diferentes modos de trabajo, donde cambiará el intervalo de tiempo de envío de datos y permitirá preservar batería gracias al comportamiento adaptativo.

Los modos serían indicados por la aplicación, permitiendo a quien esté a cargo de la persona cuya localización interesa poder definirlo. En esta primer etapa se identifican tres modos: Modo activo: se rastrea normalmente y se envía en el intervalo de tiempo indicado. Modo baja energía: se aumenta el intervalo de tiempo. Modo pasivo: se suspende la actividad de rastreo.

Caja contenedora: El dispositivo estará contenido por una caja de fabricación propia mediante impresión 3D. Para esto, se usará el filamento PET-G (PET + Glicol), con un sistema de encastres, y debida ventilación y entrada de carga de batería.

Aplicación android: Encargada de gestionar tanto la información recibida como los comandos a enviar al dispositivo.

Tendrá las siguientes funcionalidades: Última ubicación recibida (función principal). Representación del recorrido. Notificaciones de alerta para porcentaje de batería bajo y velocidad fuera de un rango predefinido. Cambio del modo de rastreo. Identificación mediante usuario y contraseña. Definir rutas conocidas

Seguridad: En consideración de que la localización de una persona en tiempo real es información sensible, se tomarán las siguientes medidas para asegurar un correcto manejo de datos: Cada dispositivo tendrá un código de identificación único. Cada persona que acceda a la aplicación lo hará con una cuenta propia, protegida por contraseña. Cada cuenta tendrá asociados los ID de dispositivos que le correspondan para que solo tenga accesos a esos datos. Los datos serán encriptados para su envío.

Conclusiones

La carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, brinda a los alumnos una capacitación técnico-académica sin límites de aplicación, donde las competencias adquiridas permiten mejorar, transformar y/o generar sistemas en los que se materializa toda idea.

Este enfoque social, objeto de estudio para el objetivo establecido, le dió al proyecto un accionar diferente a lo que se desarrolla cotidianamente en una carrera de ingeniería en sistemas.

El uso y la vinculación de 4 recursos tecnológicos para un fin específico -pero no limitado-, permitió un aprendizaje significativo desde el perfil profesional para los alumnos con colaboración de docentes, pero más aún, logra dar un aporte a la sociedad a un bajo costo de réplica, atendiendo los gustos personales con objetos de diseños exclusivos para ser

portados, y que pueden ser utilizados en su rutinas diarias -o en sus vacaciones por ejemplo-, dado que no dependen de ninguna empresa que le brinde el servicio por el diseño alcanzado en la aplicación móvil.

El trabajo en equipo, que en un principio se dudó de la integración y vinculación, resultó totalmente vinculada e integrada mediante reuniones periódicas presenciales y el uso de recursos compartidos para la documentación de las diferentes actividades.

Los logros alcanzados hasta el momento, permiten concluir que el proyecto ha avanzado y alcanzado los objetivos, en espera de poder hacer pruebas en casos reales, situación que aún no se ha llevado a cabo.

Llegada esta instancia, en un futuro desde el área de diseño, la idea es poder adaptar la caja básica contenedora del hardware en un dispositivo personalizado para cada usuario en base al tipo de discapacidad o necesidades especiales que posea, por ejemplo en el caso de niños con autismo, podría diseñarse un juguete o elemento puntual que dicho niño esté dispuesto a portar.

En lo que respecta al área de software, queda propuesto como desarrollo a futuro, la opción de que muchos usuarios tengan acceso a varios localizadores. También dicha área presenta detalles a mejorar e incorporar entre las que se destaca: forma de recuperación de contraseña y que el usuario principal (Administrador) pueda decidir e incorporar que otros usuarios están habilitados para acceder al mismo localizador.

Referencias

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[1] Anuario Estadístico Nacional - Estadísticas de personas con CUD (Certificado Único de Discapacidad)

<https://www.snr.gob.ar/wp-content/uploads/2017/08/Anuario-2016-FINALRE.pdf>

[2] Arias, F.G. El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica, Caracas, Venezuela, Episteme. 2012.

[3] Documentación de Arduino Nano.
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>

[4] EasyEDA: paquete de herramientas EDA basado en la web que permite a los ingenieros de hardware diseñar, simular y compartir, pública y privadamente, y analizar esquemas, simulaciones y placas de circuitos impresos.

[5] Guido Gentile, especialista y conferencista en Workshops de Impresión 3D.

[6] PET: tereftalato de polietileno, es una resina plástica derivada del petróleo que pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados Poliéster. Es un termoplástico lineal el cual fue desarrollado inicialmente para hacer fibras textiles.

[7] Fusión 360 - Curso 1:
https://www.youtube.com/watch?v=nf4B6sZ_u4o&feature=youtu.be

[8] Apache Cordova es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles, versión de código abierto, originalmente creado por Nitobi.

[9] Materializecss es un framework que simplifica el proceso de creación de diseños web.

Teresa Fernández Marina. Sistema de geolocalización SGPS en Arduino. Universidad Politécnica de Cartagena
https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25211/PFC_teresa_fernandez_marina_2015.pdf

Otras referencias bibliográficas que se recorrieron:

Gusqui Machado, S.P. Implementación de un prototipo de red inalámbrica para la identificación, supervisión y localización en tiempo real de personas con padecimiento de Alzheimer. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 2017.

Impresoras 3D. España. Recuperado de <https://www.impresoras3d.com>

J. D. Nieto, L. F. Santos, L. J. Vargas y S. A. Salinas. Geolocalización para pacientes con alzhéimer: una propuesta". Visión Electrónica, vol 11, no 1. 2017.

López Jiménez, Pedro Celestino. Desarrollo de un dispositivo de telemetría y geolocalización basado en la plataforma Arduino y Shield 3G+GPS. Universidad Carlos III de Madrid <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4593/tfg338.pdf>

Uso de IBM Watson en el Establecimiento de Rankings de Documentos para la Toma de Decisiones Estratégicas

Gabriel J. Candia, Gustavo F. Alegre

{candia.gabrielj, alegre.gustavof}@ugd.edu.ar

Universidad Gastón Dachary, Ingeniería en Informática

Abstract

La relevancia de la información contenida en los documentos web es un factor determinante en el proceso de toma de decisiones estratégicas en las organizaciones. El presente trabajo tuvo por objetivo utilizar los recursos disponibles de IBM® Watson para analizar el contenido de documentos extraídos de la Web, identificados por un Sistema de Búsqueda Lexicográfico y compararlo con el mismo. Se consideró la capacidad para determinar la relevancia de los mismos en relación al dominio del conocimiento correspondiente al Clúster del Té de Misiones¹. Para ello se entrenó un modelo de Machine Learning que permite identificar las entidades y relaciones relevantes del dominio, obteniendo como resultado un ranking de los documentos más representativos, a partir de un conjunto inicial. El despliegue del modelo de Machine Learning entrenado y aplicado sobre el conjunto de documentos, evidenció una mejora en la identificación de los documentos más relevantes del dominio, considerando la valoración establecida por los propios usuarios de la información.

Palabras Clave

Machine Learning, Minería Web, IBM® Watson, Toma de Decisiones, Inteligencia Competitiva.

1. Introducción

Debido al continuo cambio en el entorno del mercado, cada vez es más complejo tener en cuenta todos los aspectos de manera simultánea que permitan tomar buenas decisiones estratégicas en las empresas, en pos de obtener una mejor posición competitiva. A la vez, la cantidad de información desestructurada disponible en la Web constituye una fuente valiosa de datos que, reunidos y relacionados, pueden servir de sustento para alcanzar el conocimiento

suficiente para tomar decisiones estratégicas. Una forma de obtener ese conocimiento a partir de la información disponible, es a través de la Minería Web (MW), que cuenta con diversas técnicas para establecer la relevancia de determinados documentos disponibles en la Web en relación a un dominio de aplicación específico.

El presente artículo contiene un estudio exploratorio de la aplicabilidad de los Servicios Web de IBM® Watson utilizando un modelo entrenado de Machine Learning (ML) para el ranqueo de documentos contenidos en páginas web, en relación con el dominio referente al Clúster del Té de Misiones, y a la vez, establece un análisis comparativo con el Sistema de Búsqueda Lexicográfico (SBL) [1] [2] [3], que inicia obteniendo los primeros resultados devueltos por los motores de búsqueda tradicionales y luego explora de manera independiente los recursos enlazados a esos resultados.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2, se introducen los conceptos previos relacionados a la temática. En la Sección 3 se contextualiza el problema al dominio particular, comentando el estado actual y el origen de los datos utilizados. En la Sección 4 se explica la metodología, y se realiza la descripción de las herramientas utilizadas. En la Sección 5 se analizan los resultados obtenidos.

¹ Organización que agrupa la cadena de producción, elaboración y comercialización del té en la provincia de Misiones, Argentina.

Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones, mencionando además posibles vías de trabajos futuros.

2. Antecedentes

2.1. Minería web

Una de las principales características de la Web es que día a día continúa incorporando información heterogénea, con diversidad de orígenes y autores, donde incluso varias páginas pueden presentar la misma información con palabras y/o formatos diferentes. Por otro lado, la documentación contenida en la Web no tiene control sobre la calidad, lo cual significa que existe gran cantidad de información errónea y hasta engañosa [4].

La MW se puede definir como “el proceso global de descubrir información o conocimiento potencialmente útil y previamente desconocido a partir de datos de la Web” [5].

Por otro lado, esta metodología también tiene por objetivo el descubrir la información o conocimiento de la estructura de hipervínculos de la Web, el contenido de las páginas y los datos de uso [4]. De esta manera, constituye una fuente elemental para la obtención de datos cuyo análisis puede encausarse a diversos fines.

2.2. Inteligencia competitiva

El estudio de mercado tradicional estuvo basado en el análisis de los clientes, dado que la comprensión de sus actividades, requerimientos y expectativas, es y seguirá siendo una necesidad esencial para alcanzar estrategias de mercado. Sin embargo, una dedicación exclusivamente a satisfacer las necesidades de los clientes lleva a alcanzar las mismas estrategias que los demás competidores, hasta el punto de no poder brindar un valor agregado en el producto o servicio que se ofrece [6]. En este sentido, una ventaja competitiva más integral se relaciona con impulsar las capacidades propias de la empresa, en relación a las formas en que los competidores podrían impulsar las suyas. La Inteligencia Competitiva (IC) puede describirse como un

proceso sistemático de análisis y recuperación de información, en donde se transforma información sobre el mercado, los competidores y la tecnología, en una comprensión del ambiente corporativo para la toma de decisiones [7]. De esta manera se integra un conocimiento más abarcativo para tomar decisiones estratégicas que permitan alcanzar una ventaja competitiva.

3. Estado actual

En el contexto de este tema de investigación, se ha desarrollado un Sistema de Búsqueda Lexicográfico (SBL) [1] [2] [3] que comienza con los primeros resultados devueltos por los motores de búsqueda tradicionales y hace una exploración por niveles.

En [1] se describe una aplicación de la MW que recopila los requisitos de información del usuario, construye claves de búsqueda afines y las usa para buscar y analizar de forma continua (hasta que el usuario lo desactiva) resultados de diversos motores de búsqueda. A partir de las URLs devueltas, se obtienen los documentos HTML correspondientes a cada una, sobre los cuales se aplican técnicas de MW con el objetivo de alcanzar un ordenamiento (ranking) de dichas páginas. El trabajo mencionado forma parte del proyecto “Modelo de Análisis de Información Desestructurada Utilizando Técnicas de Recopilación y Minería Web”, cuyo contexto y objetivos se describen en [2].

En relación a la utilización de las herramientas de IBM® Watson, se puede mencionar un trabajo aplicado al ámbito médico, en donde se buscó establecer una relación entre síntomas y enfermedades cardíacas mediante la extracción de información de Historias Clínicas [8]. Por otro lado, actualmente existe en funcionamiento un servicio web que utiliza los Servicios Web de IBM® Watson junto a una implementación de SVM (Support Vector Machines, Máquina de Soportes Vectoriales) aplicados al ámbito jurídico buscando realizar una evaluación de las decisiones de la Corte alemana [9]. En

ambas aplicaciones se observa la disponibilidad de una gran cantidad de documentos referidos a cada dominio, lo cual permite alcanzar conclusiones más representativas de los datos.

Como punto de partida en el desarrollo de este trabajo, y a fin de alcanzar un análisis comparativo respecto del SBL, se considera una expresión utilizada como consulta de interés, cuya estructura se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de Búsqueda

Tema general	Tea physical-chemical properties
Características particulares del tema	Antioxidants, Minerals, Vitamins, Energizing
Ámbito	Global
Objetivo	Searching for analysis and studies in producing countries / search for research on tea properties
Fuentes de datos	Research papers, journal articles, conferences
Temas a excluir	buy, purchase, sale, advertising, offers

El estudio realizado en este trabajo parte de 50 URLs correspondientes a sitios online en idioma inglés obtenidas como resultado de la implementación de la consulta del SBL. Las URLs se encuentran ordenadas en un ranking según su relevancia en base a cómo el SBL aplica los criterios de búsqueda. Luego, el experto en el dominio realizó una valoración del contenido de cada URL con

puntajes de 0 a 5 según sean menos o más relevantes, teniendo en cuenta el objetivo inicial de la búsqueda. Dicha valoración es luego utilizada para medir el desempeño del ordenamiento establecido por la herramienta. Este conjunto de documentos conforma la base del corpus² a partir del cual se crea un etiquetador de ML³.

4. Metodología propuesta

La metodología utilizada se basa en la interacción de 3 componentes de los Servicios Web de IBM® Watson: (1) Watson Knowledge Studio (WKS) [10], (2) Watson Discovery Service (WDS) [11], y (3) Natural Language Understanding (NLU) [12], cuya relación se muestra en la Figura 1. En primer lugar, es necesario diseñar las características relevantes del dominio, a partir de las cuales realizar el entrenamiento del modelo de ML utilizando WKS, mediante el etiquetado de documentos de texto propios del dominio. Una vez realizado el entrenamiento, se crea una colección en WDS sobre la cual desplegar el modelo de ML entrenado, lo que permitirá enriquecer los documentos que se agreguen a dicha colección. Luego de esto, es posible realizar consultas (queries) sobre WDS para analizar el contenido de los documentos. En este sentido, WDS se vale de NLU, el cual utiliza el entrenamiento para identificar distintas características de los documentos. La implementación se basa en las prestaciones

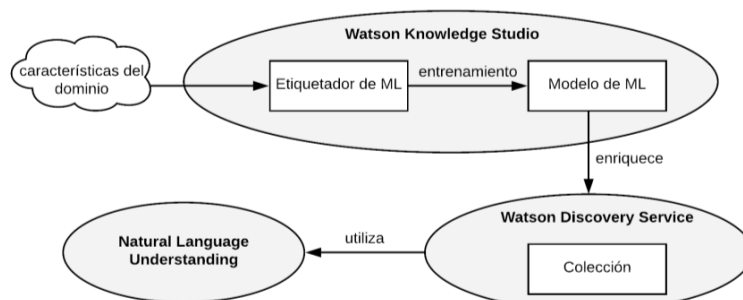


Figura 1. Relación entre los Servicios Web de Watson

² Denominación que recibe la colección de documentos subida a Watson Discovery Service.

³ A partir del etiquetador de ML (Machine Learning), el experto del dominio podrá marcar (etiquetar) sobre los

documentos, distintas relaciones de interés entre las palabras, en base a su conocimiento y experticia.

que brinda la plataforma para una cuenta de usuario educativa.

WKS - Creación del modelo de Machine Learning

El flujo genérico para construir un modelo de ML entrenado mediante WKS puede observarse en la Figura 2. El mismo define un ciclo iterativo e incremental en donde se realizan mejoras sucesivas al modelo mediante la evaluación de parámetros de performance (F1 Score, Precision, Recall, entre otros). Debido a su alcance, en este trabajo se realizan las tareas pertinentes a una sola iteración. En este punto, es necesario hacer una distinción entre un modelo y un anotador de ML. El primero refiere a un modelo entrenado y listo para su uso en otros servicios de Watson; en cambio, el segundo es un paso previo que trata sobre una herramienta para construir un modelo de ML mediante el etiquetado de documentos. En primer lugar, debe diseñarse el anotador de ML. Las características relevantes del dominio para el entrenamiento parten de los parámetros de búsqueda establecidos en la Tabla 1, dado que se deberá identificar la ocurrencia de dicha información en los documentos a fin de determinar la relevancia de cada uno.

Para lograr el diseño mencionado, deben considerarse tres elementos fundamentales en la creación del anotador de ML:

- El tipo de sistema (Type System) [14], que define las entidades y relaciones entre entidades importantes del dominio, de las cuales se desea extraer información. Aquí, las entidades

representan la forma en que se categorizan elementos del mundo real, mientras que las relaciones definen una correspondencia binaria y ordenada entre dichas entidades. Las relaciones deben estar explícitamente mencionadas en el texto. Las entidades y relaciones empleadas en el anotador son las que se presentan en la Tabla 2.

- El diccionario [15] que, si bien es optativo, permite agrupar las palabras y frases que deberían ser tratadas de manera equivalente por el modelo de ML, en una lista, ayudando de esta manera a que dicho modelo comprenda el lenguaje del dominio. Este diccionario se utiliza como herramienta de pre-etiquetado (o pre-entrenamiento) [16], que facilitará luego el propio entrenamiento. El diccionario utilizado en este dominio define acepciones equivalentes para dos de las entidades utilizadas: 'té' (tales como Green tea, Oolong tea y Black tea), y 'propiedad' (por ejemplo, Polysaccharide, L-arabinose, D-glucose, entre otras).

Tabla 2. Entidades y relaciones del modelo de ML diseñado

Relación	Entidades
TIENE	TE
	PROPIEDAD
USADO_PARA	TE
	USO
PROVIENE_DE	TE
	ORIGEN

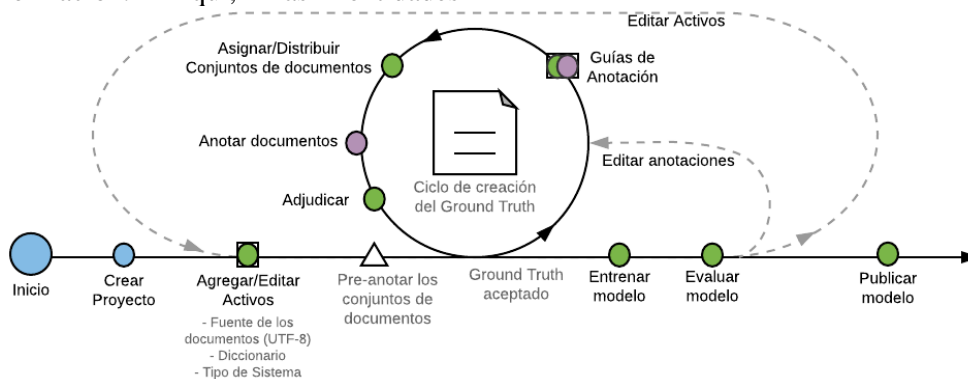


Figura 2. Flujo de Trabajo de la creación de un modelo de Machine Learning [13]



Figura 3. Entrenamiento del modelo de Machine Learning utilizando WKS

- Los documentos [17], que contienen conocimiento específico del dominio, pudiendo ser artículos periodísticos u otros textos referentes a la industria en particular. Para ello se realiza una selección de los documentos más representativos en cuanto a las entidades y relaciones necesarias para realizar el entrenamiento. En este caso se toma como muestra un documento referido a una publicación científica que hace mención a las entidades y relaciones diseñadas, con una extensión de 6 páginas (3.998 palabras). Luego se sube el documento al servicio web de WKS y se crean tareas de etiquetado para que anotadores humanos identifiquen las entidades y relaciones de los documentos. El proceso de etiquetado se realiza mediante la interfaz web propia de la plataforma, según se ilustra en la Figura 3 donde, a partir del texto del documento de entrenamiento, primero se cataloga cada término según la entidad a la que corresponde, y luego se establecen las relaciones entre las mismas.

Finalizado el etiquetado se procede a entrenar el modelo, obteniendo como resultado un modelo de ML listo para ser desplegado en WDS.

4.1. WDS - Creación de una colección

En WDS los documentos se organizan en colecciones, donde cada una permite definir tipos de enriquecimiento, los cuales determinarán luego la información a extraer de los mismos. En este caso se creó una colección utilizando un enriquecimiento que permite reconocer entidades y relaciones, con la adaptación de las mismas al modelo de ML entrenado, mediante la vinculación de los servicios WDS y WKS. A dicha colección se adjuntaron 50 documentos

HTML correspondientes a las 50 URLs obtenidas inicialmente, según se mencionó en la Sección 3. El texto de los mismos se obtuvo utilizando la herramienta cURL [18]. Una vez realizado esto, es posible efectuar consultas (queries) sobre la colección utilizando dos mecanismos: Discovery Query Language (DQL), o Natural Language (lenguaje natural, en este caso el inglés). Las consultas se realizaron en DQL dado que este permite especificar entidades y relaciones. La sintaxis en la escritura de estas consultas se estructura tal cual muestra la Figura 4.

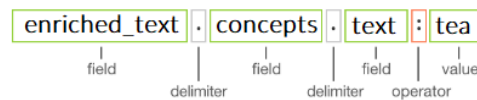


Figura 4. Sintaxis de consultas para WDS [19]

A partir del modelo de consulta indicado en dicha figura, y mediante el análisis de los parámetros de consulta original, buscando traducirlos de la manera más fiel posible, se alcanzó el formato de consulta indicado en la Figura 5.

```
(enriched_text.entities.type:"TE",
enriched_text.entities.type:"PROPIEDAD",
enriched_text.relations.type:"TIENE"),
((text:"Antioxidant" | "Mineral" | "Vitamin" |
"Energizing") | (text:"abstract" | text:"author") |
(text:! "buy", text:! "purchase", text:! "sale",
text:! "advertising", text:! "offers"))
```

Figura 5. Consulta en DQL utilizando el modelo de ML entrenado

Finalmente, para alcanzar un análisis comparativo entre la utilidad de realizar el entrenamiento de un modelo de ML personalizado para el dominio, y el uso del modelo por defecto, se replicó la consulta sin utilizar parámetros de entrenamiento (entidades y relaciones), reemplazándolos por ocurrencias de texto según se observa en la Figura 6.

```
(text:"tea", "properties") ,
((text:"Antioxidant" | "Mineral" | "Vitamin" | "Energizing") |
(text:"abstract" | text:"author") | (text:! "buy",
text:! "purchase", text:! "sale", text:! "advertising",
text:! "offers")) |
```

Figura 6. Consulta en DQL sin utilizar un modelo de ML

5. Resultados

Para cada una de las consultas mencionadas en la sección anterior, WDS devuelve como resultado un listado de documentos ordenados de manera descendente según la relevancia de los mismos en relación a los parámetros de consulta, el cual puede considerarse como un ranking.

Para el análisis comparativo de los resultados, en primer lugar se trasladan los listados obtenidos a una planilla de cálculo. Luego, y para cada listado, partiendo de las puntuaciones asignadas a los documentos por el experto del dominio, se ordena en forma descendente, y se calcula una media de la distancia entre la posición en el ranking de cada documento, y la que debería ocupar según dicha puntuación asignada. De esta forma, el ranking obtenido por cada consulta tiene asociada una distancia media, representativa de su precisión, que será mejor cuanto menor sea su valor nominal.

Tabla 3. Análisis comparativo de los rankings obtenidos utilizando Conjunción

	DQL con modelo ML	DQL sin modelo ML
Documentos Obtenidos	5	17
Distancia Promedio	0	2
Puntuación Promedio	5	3.94

Como se indicó en la Sección 3, el corpus original obtenido por SBL consta de 50 documentos, de los cuales 12 tienen una puntuación máxima (5) y los demás tienen una valoración entre 4 y 0; por lo que la distancia promedio para SBL, según el ranking obtenido es de 9.64. En la Tabla 3 se muestra la cantidad de documentos obtenidos, la distancia media y la puntuación promedio obtenida por (a) la consulta en DQL utilizando parámetros de

entrenamiento y (b) la consulta en DQL sin utilizar parámetros de entrenamiento; utilizando el operador AND (conjunción), para restringir los resultados obtenidos.

Con el uso del modelo de ML se obtiene como resultado 5 documentos, en este caso todos ellos tienen la puntuación superior (5), por lo que la distancia promedio es cero (0); lo cual indica que dicho modelo retorna documentos de buena calidad, en función a lo evaluado por el experto, pero de los mismos descarta 7 documentos con dicha valoración (además de los 38 documentos con calificación inferior). Por otro lado, la no utilización del entrenamiento (DQL sin modelo ML) devuelve una mayor cantidad de documentos (17), con una distancia promedio de 2, dado que se obtienen 11 de los 12 documentos con valoración 5, en su mayoría ubicados en las primeras posiciones; adicionalmente se incluyen documentos con valoraciones más bajas (entre 1 y 3).

Los resultados expuestos (Tabla 3) se encuentran ligados a las restricciones que conlleva el uso de los operadores lógicos de conjunción (AND), los cuales descartan los resultados en caso de no cumplir con todos los parámetros dados. En busca de una mejoría en la recuperación de documentos con buenas valoraciones, se utilizaron operadores de disyunción (OR), cuyos resultados se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4. Análisis comparativo de los rankings obtenidos con Disyunción

	DQL con modelo ML	DQL sin modelo ML
Documentos Obtenidos	20	22
Distancia Promedio	1.90	3.77
Puntuación Promedio	3.80	3.64

Como se puede observar (Tabla 4), la cantidad de documentos devueltos por DQL con y sin modelo ML aumentan al utilizar disyunción en los parámetros de búsqueda (20 y 22 documentos respectivamente); en este caso, de los 12 documentos con

valoración 5, se obtuvieron 11; los demás documentos cuentan con una valoración inferior, entre 4 y 1 respectivamente.

Finalmente, tomando en consideración los 18 documentos con valoraciones superiores (5, 4 y 3), al evaluar la inclusión y exclusión de documentos en DQL, sin considerar el orden dentro del ranking; se puede mencionar que empleando DQL con ML y conjunción, se seleccionan 5 documentos con valoración 5, mientras que para las demás pruebas se recuperan 11 de los 12, esto conlleva a una precisión del 41,67% y del 91,67% respectivamente. En el caso de documentos con puntuación 4, al utilizar disyunción con o sin ML no se incluyen resultados, y al utilizar conjunción en ambos casos se recuperan 1 de los 2 etiquetados con dicho valor. Por último, en el caso de documentos valorados con 3, el orden fue de manera creciente en los resultados: 0, 1, 2 y 3 respectivamente, de un total de 4 documentos esperados.

6. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se muestra la aplicabilidad de los recursos de IBM® Watson en la determinación de la relevancia de documentos web en el dominio de aplicación seleccionado (Clúster del Té de Misiones). Para ello se utilizaron parámetros de consulta específicos con el fin de establecer la calidad de los documentos al momento de realizar una extracción de información para ser usada en Inteligencia Competitiva como soporte a la toma de decisiones.

Además, se realizó una comparación de su eficacia respecto del Sistema de Búsqueda Lexicográfico, en donde se pudo apreciar una mejora en base a los parámetros contemplados, desde el punto de vista de la calidad de los documentos recuperados (valoración). Sin embargo, si bien el ranking obtenido utilizando un modelo de Machine Learning contiene documentos con la mayor valoración para el experto en el dominio, varios de los descartados por la herramienta poseen igualmente un puntaje alto.

Luego de analizar los documentos faltantes, se determinó que los mismos no figuran debido a que no cumplen del todo los parámetros de consulta; por ejemplo, ciertos documentos científicos tenían variaciones de términos como “sale” o “buy”, por lo cual son descartados de los resultados. En este sentido, sería deseable contar con un ranking que no descarte los resultados menos relevantes, sino que los posicione en una ubicación inferior respecto de los más relevantes, de modo que se brinde una relevancia sobre todos los documentos. Lo mencionado en cierta manera mejora al utilizar operadores de disyunción en vez de conjunción, igualmente no se incluyen todos los documentos valorados por el experto, incluso los de mejores valoraciones (5, 4 y 3); lo cual resulta en una pérdida de información que podría ser relevante al momento de tomar decisiones.

Por otro lado, para que los documentos no sean descartados, los parámetros de consulta deben establecer condiciones que requieran un alto puntaje asociado, según lo calificado por el experto del dominio. Por lo tanto, de contarse con una mayor cantidad de documentos con un alto puntaje, sería mayor la cantidad de documentos devueltos por la consulta. Sin embargo, ello representa una limitación dada la escasa disponibilidad de información en la Web sobre el dominio en particular. Debe considerarse que la aplicación de estas técnicas mejora con la utilización de grandes volúmenes de información, por lo que es de esperar que, al aumentar el tamaño de la base de documentos, las valoraciones se adecúen más al criterio del experto.

Como trabajo futuro se propone la posibilidad de desarrollar una API que sirva de nexo entre el SBL y los servicios de IBM® Watson, de forma que pueda automatizarse gran parte del trabajo, permitiendo utilizar una mayor cantidad de datos, de obtención continua y directa de la Web. Además, sería útil poder explotar los

resultados buscando presentar el conocimiento de forma clara, precisa y ordenada utilizando herramientas como la extracción de entidades y relaciones, análisis estadísticos y gráficos.

Agradecimientos

Este trabajo es parte del Proyecto “Modelo de Análisis de Información Desestructurada Utilizando Técnicas de Recopilación y Minería Web”, código A07002, desarrollado en la Universidad Gastón Dachary – Posadas, Misiones, Argentina.

Referencias

- [1] R. Montiel, L. Lezcano Airaldi, F. Favret y K. Eckert, «Web Information Retrieval System for Technological Forecasting,» *Journal of Computer Science & Technology*, vol. 17, n° 1, p. 49–58, 2017.
- [2] K. Eckert, F. Favret, M. Barboza, L. Witzke y V. Alvarenga, «Modelos de análisis de información para la toma de decisiones estratégicas del sector tealero,» *WICC*, p. 117–121, 2016.
- [3] K. Eckert, V. Alvarenga, M. Barboza, L. Witzke y L. Airaldi, «Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva basada en Técnicas de Minería de la Web,» *CACIC*, pp. 65-74, 2016.
- [4] L. Bing, *Web Data Mining*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
- [5] V. Heughes Jeria Escobar, *Minería Web de Uso y Perfiles de Usuario: Aplicaciones con Lógica Difusa*, Granada: Editorial de la Universidad de Granada, 2007.
- [6] C. West, «The Development of Competitive Intelligence,» de *Competitive Intelligence*, Palgrave Macmillan, London, 2001, pp. 24-32.
- [7] W. Katja, «Competitive Intelligence,» de *Application Management*, Gabler Verlag, 2011.
- [8] L. Tonin, *Annotating Mentions of Coronary Artery Disease in Medical Reports*, Suiza, 2017.
- [9] E. Ruppert, D. Hartung, P. Sittig, T. Gschwander, L. Rönneburg, T. Killing y C. Biemann, «LawStats – Large-Scale German Court Decision Evaluation Using Web Service Classifiers,» de *Machine Learning and Knowledge Extraction*, Springer International Publishing, 2018.
- [10] «Watson Knowledge Studio,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/watson/services/knowledge-studio/>.
- [11] «Watson Discovery,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/watson/services/discovery/>.
- [12] «Natural Language Understanding,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/watson/services/natural-language-understanding/>.
- [13] «Machine learning model creation workflow,» [En línea]. Available: https://console.bluemix.net/docs/services/watson-on-knowledge-studio/ml-annotator.html#ml_annotator.
- [14] «Establishing a type system,» IBM Watson™, 19 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://console.bluemix.net/docs/services/watson-on-knowledge-studio/typesystem.html#typesystem>. [Último acceso: 8 Septiembre 2018].
- [15] «Creating dictionaries,» IBM Watson™, 19 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://console.bluemix.net/docs/services/watson-on-knowledge-studio/dictionaries.html>. [Último acceso: 8 Septiembre 2018].
- [16] «Pre-annotating documents with the machine learning model,» IBM Watson™, 13 Agosto 2018. [En línea]. Available: https://console.bluemix.net/docs/services/watson-on-knowledge-studio/preannotation.html#wks_preannot. [Último acceso: 8 Septiembre 2018].
- [17] «Adding documents for annotation,» IBM Watson™, 19 Julio 2018. [En línea]. Available: https://console.bluemix.net/docs/services/watson-on-knowledge-studio/documents-for-annotation.html#wks_t_docs_intro. [Último acceso: 8 Septiembre 2018].
- [18] D. Stenberg, «curl,» [En línea]. Available: <https://curl.haxx.se/>. [Último acceso: 9 Septiembre 2018].
- [19] «Query concepts,» IBM Watson™, 9 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://console.bluemix.net/docs/services/discovery/using.html#query-concepts>. [Último acceso: 8 Septiembre 2018].

Análisis comparativo de Plataformas de Cloud Computing

Espeche, Florencia; Jornet, Pablo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

Resumen

El presente trabajo de investigación aborda el análisis de dos plataformas de Cloud Computing.

Es el caso de Microsoft Azure y Amazon Web Services, haciendo uso de versiones privadas de prueba en entornos educativos.

Teniendo en cuenta sus características principales, se procede a realizar una comparación de las plataformas mencionadas, con la finalidad de elaborar un compendio de parámetros a tener en cuenta a la hora de decidir por una u otra.

Palabras Claves

Nube o cloud computing

Introducción

En el marco de Cloud Computing la investigación se centra en el análisis de las características principales de plataformas como Amazon y Microsoft Azure.

En 2006, Amazon Web Services (AWS) comenzó a proporcionar servicios de infraestructura de TI para empresas en forma de servicios web, más conocido hoy como cloud computing. Uno de sus principales beneficios es la oportunidad de reemplazar importantes gastos anticipados en infraestructura con costos variables reducidos que se escalan con su negocio. Gracias a la Cloud Computing, las empresas ya no tienen que planificar ni adquirir servidores y otra infraestructura de TI con semanas o meses de antelación. [1]

Amazon Web Services ofrece herramientas en las siguientes categorías:

- **Cloud computing:** todo lo necesario para la creación de instancias y el mantenimiento o el escalado de las mismas.
- **Bases de datos:** distintos tipos de bases de datos pueden permanecer en la nube mediante el servicio Amazon RDS, que incluye distintos tipos a elegir como

MySQL, PostgreSQL, Oracle, SQL Server y Amazon Aurora, o Amazon DynamoDB para NoSQL.

- **Creación de redes virtuales:** permite la creación de redes privadas virtuales a través de la nube, gracias principalmente al servicio Amazon VPC.
- **Aplicaciones empresariales:** Amazon WorkMail es el servicio de correo empresarial que ofrece Amazon, al que pueden unirse otros servicios como Amazon WorkDocs y Amazon WorkSpaces.
- **Almacenamiento y gestores de contenido:** tipos de almacenamiento diferentes, tanto para archivos con acceso regular, poco frecuente o incluso como archivo. Amazon S3 es el servicio principal, aunque complementan la oferta otros como Amazon Glacier o Amazon EBS.
- **Inteligencia de negocios o Business Intelligence (BI):** sistemas para análisis de datos empresariales a gran escala y otros servicios para la gestión de flujos de datos.
- **Gestión de aplicaciones móviles:** herramientas como Amazon Mobile Hub permiten la gestión, creación, testeo y mantenimiento de aplicaciones móviles a través de la nube.
- **Internet de las cosas (Internet of Things):** para establecer conexiones y análisis de todos los dispositivos conectados a internet y los datos recogidos por los mismos.

- **Herramientas para desarrolladores:** para almacenar código, implementarlo automáticamente o incluso publicar software mediante un sistema de entrega continua.
 - **Seguridad y control de acceso:** se pueden establecer autenticaciones en varios pasos para poder proteger el acceso a sus sistemas internos, ya estén en la nube o instalados de forma local en sus instalaciones. [2]
- Microsoft Azure es la plataforma de computación en nube pública de Microsoft. Microsoft Azure se considera ampliamente como un servicio de plataforma como servicio (PaaS) e infraestructura como servicio (IaaS). Microsoft introdujo Azure en octubre de 2008. La plataforma de la nube se llamaba originalmente Windows Azure, pero fue cambiada de marca a Microsoft Azure en abril de 2014.
- Azure es una plataforma de servicios en la nube pública que admite una amplia selección de sistemas operativos, lenguajes de programación, plataformas, herramientas, bases de datos y dispositivos. Puede ejecutar contenedores de Linux con integración de Docker, compilar aplicaciones con JavaScript, Python, .NET, PHP, Java, Node.js y crear back-ends para dispositivos iOS, Android y Windows.[3]
- Para garantizar la disponibilidad, Microsoft tiene centros de datos de Azure ubicados en todo el mundo. A partir de enero de 2016, Microsoft dijo que los servicios de Azure están disponibles en 22 regiones de todo el mundo, incluyendo en los Estados Unidos, Europa, Asia, Australia y Brasil.
- Microsoft clasifica los servicios de Azure en 11 tipos principales de productos:
- **Cómputo:** Estos servicios proporcionan máquinas virtuales, contenedores, procesamiento por lotes y acceso a aplicaciones remotas.
 - **Web y móvil:** Estos servicios soportan el desarrollo y despliegue de aplicaciones web y móviles, y también ofrecen funciones para la administración, notificación y generación de informes de API.
 - **Almacenamiento de datos:** Esta categoría incluye las ofertas de base de datos como servicio para SQL y NoSQL, así como almacenamiento en la nube no estructurado y en caché.
 - **Analítica:** Estos servicios proporcionan análisis y almacenamiento distribuidos, así como analítica en tiempo real, análisis de Big Data, lagos de datos, aprendizaje automático y Data Warehousing.
 - **Redes:** Este grupo incluye redes virtuales, conexiones y pasarelas dedicadas, así como servicios para la administración del tráfico, el equilibrio de carga y el alojamiento del sistema de nombres de dominio (DNS).
 - **Red de entrega de contenido y medios (CDN):** Estos servicios incluyen streaming por demanda, codificación y reproducción e indexación de medios.
 - **Integración híbrida:** Son servicios para la copia de seguridad de servidores, la recuperación de sitios y la conexión de nubes privadas y públicas.
 - **Gestión de identidades y accesos (IAM):** Estas ofertas garantizan que solo los usuarios autorizados puedan utilizar los servicios de Azure, y ayudar a proteger las claves de cifrado y otra información confidencial.
 - **Internet de las cosas (IoT):** Estos servicios ayudan a los usuarios a capturar, monitorear y analizar los datos de IoT, de sensores y otros dispositivos.

- **Desarrollo:** Estos servicios ayudan a los desarrolladores de aplicaciones a compartir código, probar aplicaciones y rastrear posibles problemas. Azure soporta una variedad de lenguajes de programación de aplicaciones, incluyendo JavaScript, Python, .NET y Node.js.
- **Gestión y seguridad:** Estos productos ayudan a los administradores de nube a gestionar su implementación de Azure, a programar y ejecutar trabajos, y a crear automatización. Este grupo de productos también incluye capacidades para identificar y responder a amenazas de seguridad en la nube.[4]

Diferencias entre Microsoft Azure y Amazon Web Services (AWS)

- AWS está enfocado más en modelos serverless proporcionando herramientas completas para dejar aún lado el hardware, licenciamiento y administración costosa.
- Azure está enfocado en modelos de nubes híbridas con la ventaja de que los modelos on-premise conviven mejor por tener ya licenciamiento Microsoft. Permite una fácil integración con otras herramientas Microsoft y garantía seguridad con back up multi-nube.[5]
- AWS cuenta con escalabilidad y flexibilidad natural sin mínimos de consumo.
- Azure otorga paquetes de almacenamiento predeterminados.
- AWS cuenta ya con productos para soluciones de machine learning altamente automatizados sugiriendo el comportamiento de los algoritmos.
- Azure cuenta con también con productos para ML solo que menos

automatizados, es necesario más desarrollo y con ciertas limitantes para la operación y adaptabilidad.[6]

- AWS proporciona varias capacidades y servicios de seguridad para mejorar la privacidad y controlar el acceso de redes. Entre ellos se incluyen:
 1. Los firewalls de red integrados en Amazon VPC y las capacidades de firewall para aplicaciones web existentes en AWS WAF permiten crear redes privadas y controlar el acceso a las instancias y aplicaciones
 2. Cifrado en tránsito con TLS en todos los servicios
 3. Opciones de conectividad que permiten conexiones privadas o dedicadas desde la oficina o entorno on-premise [7]
- Azure ofrece una amplia gama de opciones de seguridad configurables, así como la capacidad de controlarlas, por lo que puede personalizar la seguridad para satisfacer los requisitos exclusivos de las implementaciones de su organización.[3]

Se pueden añadir opciones de autenticación para el uso de los servicios en la nube o el acceso a la información de la empresa.

Permite la creación de plataformas de nubes privadas para que los datos de sus aplicaciones locales tengan capas de seguridad añadidas. De esta forma le será más fácil tanto gestionar los datos de su empresa como evitar el acceso por parte de personas no autorizadas. [8]

Esta síntesis se muestra en la figura 1.

Plataformas	AWS	AZURE
Características		
Servicios de cómputo	Elastic Compute Cloud (EC2)	Virtual Machines (VMs)
App Hosting	Amazon Elastic Beanstalk	Cloud Services Azure Websites and Apps Azure Batch Azure Scheduler Logic Apps
Computación sin servidor	AWS Lambda	Azure Functions
Container Support	EC2 Container Service	Docker Virtual Machine Extension
App/Desktop Services	Amazon WorkSpaces Amazon AppStream	Azure RemoteApp
ALM & Code Editor	AWS CodeDeploy	Azure Visual Studio Online
Escalabilidad Automática (auto scaling)	Sí, Amazon CloudWatch .	Sí, Autoscaling application block y Windows Azure Fabric Controller
Blueprints / Imágenes para acelerar el aprovisionamiento	Sí, AMI: Imagen de máquina Amazon.	Sí, Imágenes provistas en una galería y también imágenes propias guardadas.
Soporta Sistema Operativo Windows	Sí, -Windows Server 2003 R2. -Windows Server 2008. -Windows Server 2008 R2. -Windows Server 2012.	Sí, -Windows Server 2012 Data Center. -Windows Server 2008 R2 SP1.
Soporta Sistema Operativo Linux	Sí, -SUSE Linux Enterprise Server. -Red Hat Enterprise Linux.	Sí, - OpenSUSE 12.3 . -SUSE Linux Enterprise Server 11 SP2. -Ubuntu Server 12.04 LTS. -Ubuntu Server 12.10. -Ubuntu Server 13.04. - OpenLogic CentOS 6.3 . -Ubuntu Server 12.10 DAILY.
Soporte para lenguajes	C++ -C# -Java -Perl -Python -Ruby	-.NET -Java -Node.js -Python
Soporte para almacenamiento de datos	-Amazon S3. -Amazon Relational DB Service . -Amazon SimpleDB . -SQL Server Express. -SQL Web. -SQL Server STD. -Amazon Redshift	-SQL Relacional. -Almacenes de tablas NoSQL . -Blob no estructurado. -Amazon Dynamo DB
Soporte para Colas	Amazon Simple Queue Service	-Windows Azure Service Bus . -Colas FIFO con protocolos REST, AMQP, WS.
Almacenamiento en caché	Amazon Elastic Cache	Azure Managed Cache (Redis Cache)
Orquestación de datos	AWS Data Pipeline	Azure Data Factory
Almacenamiento híbrido en la nube	AWS Storage Gateway	StorSimple
Copias de seguridad	Amazon Glacier	Azure Backup
Planificación de recuperación de desastres	None	Azure Site Recovery
Red de entrega de contenidos (CDN)	Amazon CloudFront	Azure CDN
Servidor Web	-Apache. -IIS. -Otros	IIS v7.5
Alternativas de Hipervisores	XEN y LXC (Linux Containers)	XEN y LXC (Linux Containers)

Figura 1. Comparación entre Azure y AWS [9][10]

Conclusión y trabajos futuros

Cloud Computing es una plataforma computacional de trabajo que ofrece recursos, tales como infraestructura, aplicaciones, procesamiento para ser consumidos bajo demanda como un servicio más en Internet.

Cloud computing es un modelo de computación que brinda grandes beneficios a sus usuarios finales como así también a organizaciones públicas y privadas.

En trabajos futuros nos centraremos en investigar el grado de seguridad y privacidad los datos en un entorno de Nube.

Referencias

- [1] <https://aws.amazon.com/es/about-aws/>
- [2] <https://www.ticportal.es/temas/cloud-computing/amazon-web-services>
- [3] <https://docs.microsoft.com/es-es/azure/security/azure-security>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[4] <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Microsoft-Azure-Windows-Azure>

[5] <https://www.inbest.cloud/comunidad/aw-s-vs.-azure-comparativo-general>

[6] <https://www.bravent.net/migrar-a-la-nube-azure-o-aws>

[7] <https://aws.amazon.com/es/security/>

[8] <https://www.ticportal.es/temas/cloud-computing/microsoft-cloud/microsoft-azure/seguridad-azure>

[9] <https://blog.apterainc.com/amazon-web-services-vs-microsoft-azure-the-real-difference>

[10] <https://stackify.com/microsoft-azure-vs-amazon-web-services-vs-google-compute-comparison/>

ARES GALAXY: Estudio de comportamiento y análisis forense

Amor, Matias Nicolas

Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería

Abstract

Se pretende con esta investigación comprender el funcionamiento de Ares Galaxy, teniendo en cuenta los cambios producidos en el registro de Windows, los archivos encriptados que genera, y como estos son modificados durante su uso.

El constante y creciente uso de software P2P como herramientas para el tráfico de pornografía infantil, hace que se considere necesario su investigación para brindar detalles de cómo hacer una investigación forense sobre computadoras que hayan realizado algún tipo de tráfico utilizando este software.

Palabras Claves

Ares, P2P, Forensia Digital, Pornografía Infantil

Introducción

Los programas de descarga de archivos son muy populares y fáciles de usar. Sin embargo, muchas veces los usuarios desconocen que este tipo de intercambio de información tiene riesgos, como, por ejemplo, favorecer el tráfico de pornografía infantil (P.I.). Ares Galaxy [1] es uno de los programas más conocidos y populares utilizados para la descarga de archivos de música y video, entre otros, por esta razón se analizará con la sospecha de que pudiera facilitar este tipo de delito.

Durante el proceso de instalación, Ares genera una serie de archivos .dat, algunos de los cuales fueron analizados con herramientas de Forensia digital.

Este trabajo continúa la línea de investigación sobre delitos informáticos y forma parte del proyecto de cátedra: "Ares Galaxy: estudio de comportamiento, análisis y traducción del código", llevado a cabo en la carrera de Ingeniería en

Informática, de la Universidad Católica de Salta (UCASAL).

Legislación sobre pornografía infantil

En los últimos años, la legislación argentina, tuvo dos cambios importantes en referencia a la pornografía infantil:

- El 15 de diciembre del 2017, mediante la sanción de la Ley 27.411 [2] Argentina adhiere al convenio de Budapest¹, cuyo objetivo es buscar, a través de la estandarización de conceptos y formas de actuar, la cooperación internacional para combatir los delitos informáticos, como estafas, pornografía infantil, y todo tipo de acción vinculada a la propiedad intelectual.
- En el mes de marzo del 2018, el senado de la Nación promulgó la ley 27436 [3], que modifica algunas partes del artículo 128 del Código Penal [4], incorporando un notable cambio en pos de mejorar la seguridad en los derechos de menores de 18 años. Sanciona con prisión a quien realice alguna actividad de comercialización, distribución, publicación o producción de actividades sexuales con menores.

Desde el punto de vista tecnológico, la labor del perito informático forense se ve facilitada con estas modificaciones de las leyes, ya que es suficiente verificar la tenencia de material P.I. para demostrar un delito de pornografía infantil.

¹ Convenio que entra en vigencia el 23 de noviembre del 2001, en la ciudad de Budapest, Hungría. [5]

Intercambio de archivos

Existen diversas formas de compartir información en Internet, pero una de las más utilizadas es mediante el uso de redes peer-to-peer (P2P). En una red P2P todas las computadoras conectadas funcionan como clientes y como servidores. Este tipo de redes hace un buen uso del ancho de banda disponible entre los usuarios para el intercambio de archivos, lo que implica una mejor velocidad de transferencias [6].

Típicamente los programas de descarga P2P funcionan de la siguiente manera: cuando un usuario descarga un archivo, normalmente lo descarga en varias partes desde diferentes usuarios, para que la descarga se realice rápidamente. A su vez, las partes descargadas pueden ser compartidas con otros usuarios de la red.

Al ser Ares un de los programas más utilizados para compartir archivos buscamos entender y comprender su funcionamiento, desde dos enfoques:

- Análisis del proceso de instalación de Ares
- Análisis durante la ejecución de Ares y descarga de archivos

Proceso de Instalación

Al iniciar el proceso de instalación de Ares se deben aceptar las condiciones de uso [1]. En este documento se advierte que el uso del software para actividades ilegales está prohibido, incluso la infracción de las leyes de propiedad intelectual, y que el usuario puede ser objeto de sanciones civiles y/o penales.

También señala que algunos archivos descargados podrían contener virus o spyware, y que las “carpetas compartidas” permiten que otros usuarios accedan a la información contenida en ellas, por lo cual sugiere no tener información personal. Respecto a la pornografía se menciona que algunos archivos de contenido

pornográfico podrían ser deliberadamente mal etiquetados y atraer a personas jóvenes o desprevenidas, y que los usuarios cuyas carpetas compartidas tuviesen material pornográfico ilegal, en particular pornografía infantil, podrían sufrir enjuiciamiento penal.

Las pruebas de instalación y captura de archivos generados en este proceso se realizaron sobre un sistema operativo Windows 7 Pro de 32 bits, montado en una máquina virtual, utilizando VMware como herramienta de virtualización.

Para identificar los cambios producidos en el registro de Windows durante la instalación de Ares, se utilizó el software RegShot. RegShot es una utilidad de comparación de registros de código abierto (LGPL) que permite tomar rápidamente una instantánea del registro y luego compararla con una segunda, hecha después de hacer cambios en el sistema o instalar un nuevo producto de software².

Los registros se obtuvieron utilizando el RegShot y siguiendo el siguiente proceso (Figura 1):

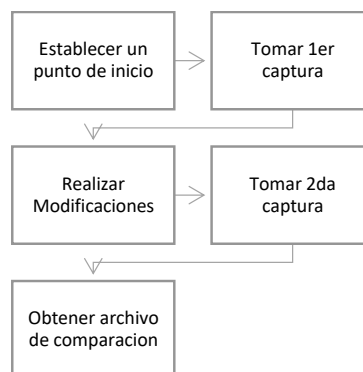


Figura 1. Proceso de obtención de registros modificados

- Establecer un punto de inicio: En este punto se dejó lista la máquina virtual para hacer el análisis, es decir que el Sistema Operativo (SO) no iba a tener otros cambios que los provocados por

² <https://code.google.com/archive/p/regshot>

la instalación de Ares, o los realizados como prueba de procesos para entender el comportamiento del software.

- Tomar primera captura: Mediante el uso del software RegShot, se obtiene la primera captura de los registros (Figura 2). En este punto el software obtiene una foto estática, permitiendo luego de la segunda foto la comparación.



Figura 2. Primera captura

- Realizar modificaciones: En este punto, se realizaron todas las acciones que serían objetos de posterior análisis. Podemos incluir desde una instalación, un cambio en algún parámetro, o cualquier acción que genere una reacción de estudio.
- Tomar segunda captura: Al igual que en la primera captura, con el software tomamos una segunda foto estática de los registros, luego de realizar los puntos de cambios necesarios. (Figura 3)
- Obtener archivo de comparación: Ya obtenida las dos fotos procedemos a “compararlas” para obtener el archivo final. El cual nos brinda un informe

sobre las diferentes modificaciones que sufrió el sistema a nivel de registros (Figura 4).



Figura 3. Segunda captura



Figura 4. Comparación

El resultado es un archivo de texto plano que nos muestra los cambios que se detectaron. Podemos observar en la Tabla 1, un resumen de los diferentes cambios que se produjeron durante la instalación, ordenados según la categoría de cada colmena³ del registro.

³ “El Registro puede ser visto como un ‘sistema de archivos’ unificado. El panel izquierdo, también conocido

Tabla 1 Resultado comparación

Tipo de Modificación	Cantidad
Carpeta Borradas	2
Carpetas Añadidas	12
Archivos Borrados	2
Archivos Añadidos	96
Valores Modificados	31
Valores Añadidos	256
Valores Borrados	21
Atributos de Archivos Mod	18
Claves Añadidas	106
Claves Borradas	3

De todas las modificaciones observadas, un total de 547, solo una cuantas son relevantes para el proposito de este trabajo, y son:

- Archivos Añadidos: Este conjunto de datos, tiene 96 modificaciones. Son importantes, para esta investigación solo se analizaron algunos de los archivos generados y son:
 - FailedSNodes.dat
 - ShareH.dat
 - ShareL.dat
 - SNodes.dat
 - DHTnodes.dat
 - ChatroomIPs.dat
- Carpetas creadas: En este conjunto observamos la carpeta “My Shared Folder” que es la carpeta por defecto que Ares toma para la descarga de archivos, y misma ruta donde son puestos los archivos que se quieren compartir.

El resto de los valores observados no dejan de ser importantes para el análisis forense,

como panel de teclas, contiene una lista organizada de lo que parecen ser carpetas. Las cinco carpetas más jerárquicas se llaman 'colmenas' y comienzan con 'HKEY' (abreviatura de Handle to a Key)" [7].

pero no son relevantes para este trabajo, ya que describe atributos cambiados, permisos agregados, parámetros nuevos y carpetas y archivos generados durante la instalación.

Ares

Accediendo a la carpeta AppData\Local, podemos encontrar archivos que contienen información importante para ser analizada, ya que guardan muchos datos en archivos encriptados por Ares.

Los archivos .dat contienen datos genéricos que pueden ser utilizados por cualquier programa es decir que su extensión no está asociada a un programa específico como si lo están los .docx, .xlsx, .rar. Si bien pueden, entonces, abrirse con cualquier programa, no están diseñados para que se abran de forma manual, generalmente son archivos que sirven como parámetros de configuración, o información para aplicativos.

Es importante, saber que para abrir un archivo .dat es necesario saber con qué programa se creó. Esto se debe a que generalmente los archivos .dat están encriptados.

En el caso de Ares, los archivos generados no se pueden abrir con cualquier programa que desencripte ya que tienen un algoritmo único de Ares. Para poder leer estos archivos y comprender cuál es su función se utilizaron dos programas de carácter forense: Magnet Axiom y Ares Decrypter.

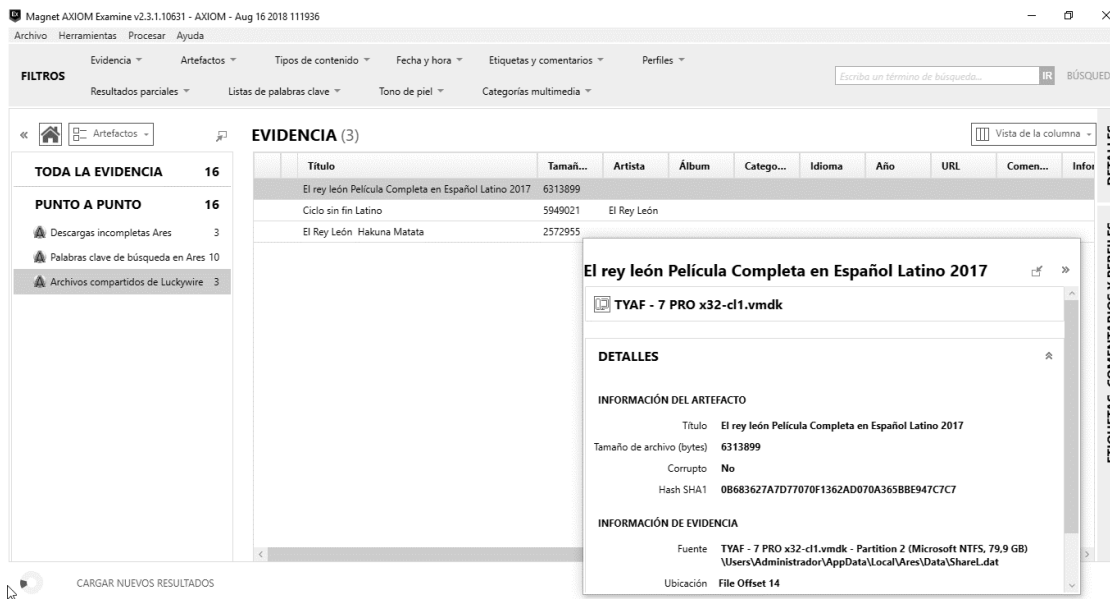


Figura 5. Archivos compartidos - Axiom

Magnet Axiom

Magnet Axiom es un software forense que permite el análisis de artefactos⁴, y con el cual se examinó la máquina virtual que donde se encontraba instalado Ares.

Antes de realizar la segunda captura con RegShot se realizaron varias acciones en Ares: búsqueda de archivos, descargas, carga de archivos para compartir, etc. con el fin de observar luego si estos cambios impactaban en los archivos .dat que serían analizados. Se utilizaron búsquedas relativas a películas de Disney.

Los archivos claves para la investigación son: ShareH.dat y ShareL.dat, que almacenan información relacionada con lo que se están compartiendo o descargando actualmente. En la Figura 5 se puede observar los tres archivos que se estaban compartiendo a la hora de hacer el análisis, y se ve que utiliza como fuente de obtención de los datos el archivo .dat

⁴Los SO cuentan con procesos o mecanismos que dejan algún rastro del uso de aplicaciones, de la conexión, de los accesos por parte de los usuarios, descargas, etc. Esto es lo que se conoce como artefactos.

mencionado (Fuente en la sección Información de Evidencia).

Ares Decrypter

Otro software utilizado para comprender el contenido de los archivos DAT, es AresDecrypter, un programa desarrollado por Fekruna Forensic (Figura 6), con el cual se pudo explorar más a fondo el contenido de los archivos sharel.dat, shareh.dat, ntuser.dat, y los registros propios de Ares.

El archivo shareh.dat guarda un registro por cada archivo descargado de Ares, que a su vez es compartido desde el software. A diferencia del archivo sharel.dat (que también guarda un registro por cada archivo descargado y compartido), los registros del primero no son eliminados cuando el archivo es eliminado de la carpeta de descarga (por default MySharedFolder).

Se puede deducir, que el significado de la H, es "History", ósea entenderlo como el historial de archivos compartidos, lo cual

The screenshot shows the Ares Decrypter 1.3 application window. The 'Decrypt datfiles' section is active, showing a list of files. Below it, there are two tables: 'ShareH.dat records: 1' and 'ShareL.dat records: 5'. The 'ShareL.dat records: 5' table contains the following data:

File	Size	Hash_sha1	Sha1_b32	Title	Artist
C:\Users\Administrador\AppData\Local\Ares\My Shared Fol\6313899		0B683627A7D770F1362AD070A365B8E947C7C7	BNUDMJ5H25V	El rey leñ PeLá-cula Completa en Espaã	
C:\Users\Administrador\AppData\Local\Ares\My Shared Fol\845941		30420D1A9AFB2BCB60335812569AF4435A59CE17	GBBA2GU27M	Desert	
C:\Users\Administrador\AppData\Local\Ares\My Shared Fol\5949021		5584E9D103CE500A6EC5452D958104B3CC6943A8	KWCOTUIDZZI	Ciclo sin fin Latino	El Rey Leñ
C:\Users\Administrador\AppData\Local\Ares\My Shared Fol\231638632		692D5128E871022037812065C11A8DC3ACF5482	NEWVCK7LOEI	El Anillo Unico - Libro del Aventurero	
C:\Users\Administrador\AppData\Local\Ares\My Shared Fol\4030600		35AA5EC478DBCC9CE887772E23C3C910FDD88AA2	GWV5FRD33PG	Parte de tu Mundo La Sirenita	

Figura 6. Ares Decrypter - ShareH.dat - ShareL.dat

hace que sea muy importante para el análisis forense.

Durante las pruebas se observó que si bien todos los archivos descargados o agregados a la biblioteca generaban registros en el sharel, no siempre lo hacían en el shareh; y que para que el archivo genere un registro en el shareh, debía contener algo de metadata de Ares. Aquellos archivos descargados y pertenecientes a Ares, si generan registros, pero aquellos archivos agregados manualmente, había que modificarles la metadata desde la biblioteca para que se graben en el ShareH. Otro detalle, no menor, es que ShareH guarda un registro único por cada tipo archivo, y se estima que esta basado en el valor del hash_sha1⁵ (Valor que se puede observar en la Figura 6).

Trabajos Relacionados

Muchos autores se han involucrado en la investigación de concepto o teorías relacionadas con la pornografía infantil, el tráfico de archivos, la profundización en tecnologías de redes y en la forensia. No

⁵ Algoritmo matemático que, a partir de una entrada, genera una salida alfanumérica de longitud fija que representa toda la información de entrada.

son temas ajenos a una realidad que preocupa y requiere atención.

Kolenbrander [8] a través de un desarrollo propio, permite la lectura de los archivos encriptados de Ares.

Farmer [9] hace una muy buena introducción a los conceptos de los registros de Microsoft Windows, permitiendo entender cómo funcionan los sistemas operativos, definiendo según palabras de Farmer, que: *“El Registro es el corazón y el alma del sistema operativo”*

Conclusión y Trabajos Futuros

Los tres programas utilizados durante el proceso de investigación permitieron entender el comportamiento del Ares, dando lugar a comprender que es posible determinar el historial del uso del mismo en la computadora. Utilizando los descriptores correctos, se puede determinar el historial, las descargas, los archivos compartidos, y los valores de los campos que se pueden configurar en Ares, como ser usuario, primera vez que se inició ares, entre otros.

A partir del estudio, pudieron responderse las dudas planteadas, sobre el contenido de los archivos generados, y el funcionamiento el mismo, y a medida que se fue profundizando en el tema fueron

surgiendo mayores planteos que dejan un camino para seguir investigando y profundizando aún más en esta herramienta de descarga.

Tomando lo inicialmente planteado, se pretende generar a futuro un protocolo que sirva como base de apoyo para el correcto manejo de una muestra de casos ligados a la pornografía infantil donde se encuentren involucrados dispositivos digitales, relacionados con la descarga de material a través de Ares Galaxy, teniendo como ejes importantes el paradigma judicial, y el control técnico de la informática forense, de manera de reflejar confiabilidad y validez. Dentro de este documento, se incluirá una guía que favorezca el entendimiento rápido y efectivo de cómo funciona Ares, y cuáles son los puntos clave en donde se debe buscar información para que cualquier interesado, pueda utilizarla como referencia a la hora de analizar si hay evidencia de tráfico o tenencia de pornografía infantil, teniendo en cuenta valores hash, información contenida en los archivos .dat, y resultados de la lectura de registros de Windows.

Agradecimientos

- A las profesoras que guiaron y acompañaron este proyecto de investigación de cátedra: Ing. Carolina Cardoso y Lic. Lorena Tálame.
- A los profesores que guían y acompañan el proyecto de investigación: Ing. Sergio Appendino e Ing. Carlos Pastrana.
- A Frank Kolenbrander, con quien pude intercambiar información y experiencias mediante emails.

Referencias

- [1] ares.com.es. (n.d.). Ares | Descargar gratis. [online] Available at: <https://www.ares.com.es/>
- [2] Boletín oficial.gob.ar. (n.d.). [online] Available at: <https://www.boletinoficial.gob.ar/pdf/pdfAnexoPrimera/5446875A01.pdf/20171215/0>
- [3] Servicios.infoleg.gob.ar. (2018). InfoLEG - Ministerio de Justicia y Derechos Humanos - Argentina. [online] Available at: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/nexos/305000-309999/309201/norma.htm>
- [4] Servicios.infoleg.gob.ar. (n.d.). CÓDIGO PENAL DE LA NACION ARGENTINA. [online] Available at: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/nexos/15000-19999/16546/texact.htm#17>
- [5] Oas.org. (2018). Convenio Budapest. [online] Available at: https://www.oas.org/juridico/english/cyb_pry_convenio.pdf
- [6] R. Millán Tejedor, Domine las Redes P2P. Mexico: Creaciones Copyright S.L. Coeditado con Alfaomega Grupo Editor S.A. en Latinoamérica, 2006.
- [7] Hurley, R. and Prusty, S. (2012). Measurement and analysis of child pornography trafficking on Gnutella and eMule.
- [8] Kolenbrander, F. (n.d.). Forensic analysis of Ares galaxy peer-to-peer network.
- [9] Farmer, D. (n.d.). A Forensic Analysis of The Windows Registry. Burlington, Vermont.
- [10] Amor, M. (2016). Pornografía infantil: Marco legal y herramientas peer to peer. Salta.
- [11] El Rastro Digital del Delito: Aspectos técnicos, legales y estratégicos de la informática forense. (2017). Mar del Plata: Info-Lab.
- [12] J. ARES and E. AIBAR2, "The evolution of p2p networks for file exchange: the interaction between social controversy and technical change", [Online]. Available: <https://publicacions.iec.cat/repository/pdf/0000187/00000013.pdf>
- [13] M. McFadden, Ares and Lime(wire) ProPeer-to-Peer Software Analysis – Notes. Dulles, Virginia, 2015.
- [14] Ares Galaxy", Es.wikipedia.org. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Ares_Galaxy
- [15] "Todo lo que hay que saber del Ares", Informatica-hoy.com.ar. [Online]. Available: <https://www.informatica-hoy.com.ar/programas-p2p/Todo-Ares.php>
- [16] "Todo sobre P2P - ElOtroLado", Elotrolado.net, 2018. [Online]. Available: https://www.elotrolado.net/wiki/Todo_sobre_P2P
- [17] S. Coto & O. Tarragó, "Flujo de material pornográfico infantil online. estudio exploratorio en 10 países de américa latina con foco en Uruguay". Uruguay, 2014.

Datos de contacto

Matias Nicolas Amor
Universidad Católica de Salta
Luis María Campos 2941, Salta, Salta – Argentina
matiasnicolasamor@gmail.com

Importación de datos en bases de datos NoSQL orientadas a grafos: Arango, Neo4j, OrientDB y GraphDB

Sandoval, Iván L. Pérez, Ricardo D. Quispe, Jairo J. Rodriguez, Cintia S. Tolaba, Ana C. Cáceres, Nélide R.

Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería
ivansandoval3128@gmail.com

Abstract

Las bases de datos NoSQL orientada a grafos (BDOG) se caracterizan por representar la información mediante grafos, de esta forma posibilita el tratamiento de gran cantidad y diversidad de datos existentes en la actualidad. En el presente trabajo se estudia el proceso de importación de datos que es utilizado por estas bases de datos, con el fin de analizar las acciones que se llevaron a cabo para que dicho proceso concluya de forma exitosa. Por este motivo se realizó la importación de un dataset a diferentes BDOG, considerando la forma de importación provista por el propio motor de la base de datos y en algunos casos fue complementada con APIs que facilitaron el proceso de importación.

Palabras Clave

NoSQL, grafos, importación, bases de datos, Arango DB, Neo4J, OrientDB, GraphDB

1. Introducción

En la actualidad existen dos tipos de bases de datos. Por un lado están las bases de datos relacionales tales como *MySQL* [1], *SQL Server* [2] y *Oracle* [3] que utilizan el modelo relacional; y por otro lado existen también las bases de datos no relacionales conocidas también como bases de datos NoSQL (No Only SQL) [4]. Este término abarca todas las bases de datos y almacenes de datos que no sigan los principios populares y bien establecidos de un Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacionales (RDBMS). Esto significa que NoSQL no es un producto único o incluso una sola tecnología.

En el mismo conjunto de las bases de datos NoSQL, se distinguen las Bases de Datos Orientadas a Grafos (BDOG). Una BDOG es aquella que permite almacenar la información como nodos de un grafo y sus

respectivas relaciones con otros nodos, permitiendo así aplicar la teoría de grafos para recorrer la base de datos [5]. Ejemplo de este tipo de bases de datos son ArangoDB, Neo4J, OrientDB, GraphDB, entre otras.

Las BDOG resultan útiles para guardar información con muchas relaciones, por ejemplo la información asociada a una red social. Sin embargo, la aplicación de este tipo de bases de datos, y sobre todo para aprovechar su potencial, depende fundamentalmente de la lógica de negocio en la que se halle involucrada la información a almacenar, es decir, podría ser conveniente aplicarlas solo en algunos escenarios o contextos.

El presente trabajo surge del desarrollo de un proyecto de investigación sobre el empleo que tienen las bases de datos NoSQL orientada a grafos en la actualidad. Uno de los aspectos importantes a considerar que surgió del desarrollo de la investigación, es el estudio de la importación de datos ya que representa el pasaje y adaptación de los datos a las nuevas estructuras de datos con los que trabajan las BDOG.

2. Bases de Datos Orientadas a Grafos

En el presente trabajo se estudió el proceso de importación de datos en cuatro BDOG: Arango DB, Neo4J, OrientDB y GraphDB.

- **Arango DB:** o Arango, es un sistema de base de datos multimodelo que combina los modelos Clave/Valor, Documentos y Grafos en un solo núcleo desarrollado en C++ [1]. Hace uso de un solo lenguaje

de consulta, AQL (ArangoDB Query Language); permitiendo realizar consultas entre los diferentes modelos de datos indistintamente [6].

- **Neo4J:** es un sistema de base de datos orientada a grafos nativa, desarrollado en Java y Scala. Utiliza Cypher como lenguaje de consulta declarativo similar a SQL pero optimizado para grafos [7].
- **OrientDB:** es una base de datos multi modelo (grafos, documentos, claves/valores y objetos) [8], que entre sus características admite transacciones ACID que garantizan que todas las transacciones se procesen de manera confiable y en caso de fallas se recuperen todos los documentos pendientes [9]. Además admite consultas con el lenguaje de consulta Gremlin junto con SQL extendido para cruce de gráficos [10].
- **GraphDB:** es una BDOG que cumple con los estándares de la W3C, modelando sus datos en RDF, el cual consiste en una tripleta basada en un modelo Entidad de Valor de Atributo (EAV). Utiliza SPARQL como lenguaje de consulta [11].

3. Proceso para la Importación de Datos

El proceso de importación de datos en cada una de las BDOG mencionadas anteriormente presentan algunas particularidades. Sin embargo, a nivel general el proceso se puede desglosar en tres etapas.

- **Identificación del set de datos:** Es el primer paso del proceso de importación el cual consiste en seleccionar un set de datos adecuado. Por adecuado se entiende que el set de datos sea representativo de un grafo dirigido y etiquetado. Además, se debe considerar que el tamaño del grafo sea lo suficientemente grande para garantizar un entorno de operación de importación lo más representativo a la realidad.
- **Creación de la estructura del grafo:** Una vez seleccionado el set de datos, el

segundo paso consiste en la creación de la estructura (o esquema) del grafo asociado al set de datos. Es decir, la creación de las estructuras de datos, propias de cada BDOG, contenedoras de los vértices y las aristas del grafo.

- **Poblado del grafo:** Teniendo ya creada la estructura del grafo y el set de datos en un formato compatible para cada BDOG correspondiente, se procede al poblado del grafo. Este último paso consiste en la importación y almacenamiento efectivo de los datos en cada BDOG.

4. Aplicación del Proceso de Importación

Se utilizó un dataset común para esta experiencia, a partir del cual las BDOG realizaron la importación. El set de datos seleccionado es de la red social Pokec (una red social muy popular en Eslovaquia), que se encuentra disponible para su descarga en Network Repository [12]. El set de datos contiene una lista de relaciones de amistad entre los usuarios de la red social; representado por un grafo de 1,6 Millones de vértices (nodos) y 22,3 Millones de aristas. Cada línea (o fila) de la lista se constituye por dos columnas separadas por un carácter espacio; la primera columna es el identificador (ID) del nodo origen y la segunda columna es el identificador (ID) del nodo destino, Figura 1. En la figura anterior también se puede apreciar la relación dirigida, es amigo, entre el usuario de ID:11 y el usuario de ID:1.

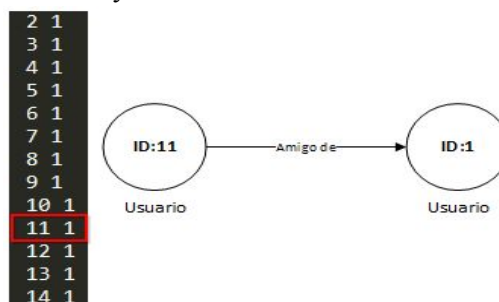


Figura 1. Formato del Set de datos.

A continuación se describe el proceso de importación llevado a cabo con cada una de

las BDOG mencionadas y descritas anteriormente.

4.1. Arango DB

Arango, admite únicamente el formato de datos CSV (Comma Separated Values) en la importación de cualquier set de datos. Claramente el set de datos seleccionado (Figura 1) no responde a dicho formato, por lo que se realizó una serie de transformaciones sobre el mismo para alcanzar el formato objetivo.

4.1.1. Set de datos para las aristas

Se obtuvo simplemente a partir de la transformación al formato CSV del set de datos. Para ello se realizaron los siguientes pasos:

1. En la primera línea del set de datos se agregaron los atributos *from* y *to*. Esta modificación se realizó mediante un editor de texto.
2. Posteriormente se reemplazó el separador (carácter) espacio por el separador coma por cada línea del archivo del set de datos. En un primer intento se trató reemplazar el separador espacio con algún editor de texto, sin embargo, los mismos tendían a no responder debido a cantidad de datos que se quería leer en memoria. Ante este inconveniente se optó por el desarrollo de un programa en lenguaje Java capaz de realizar dicha transformación. El programa se ejecuta desde cualquier consola Windows y se compone de tres elementos (archivos) para su ejecución:
 - a. *FileToCSV.jar* es el ejecutable Java que realiza la operación de reemplazo del separador espacio por el separador coma.
 - b. *FileToCSVCommands.bat* es un archivo batch, de procesamiento de lotes, que ejecuta los comandos necesarios y ejecuta el programa *FileToCSV.jar*.
 - c. *friends.txt* es el archivo del set de datos de la red social.

Para realizar la transformación se ejecutó el archivo *FileToCSVCommands.bat*, obteniendo el archivo *friends.csv* correspondiente al set de datos de las aristas del grafo.

4.1.2. Set de datos para los vértices

Se generó con el software Spawner Data Generator [13], ya que permite generarlo directamente en formato CSV. Cada vértice generado representa una instancia de un usuario particular de la red social, con los siguientes atributos: identificador (ID), nombre (*first_name*), apellido (*last_name*) y fecha de nacimiento (*birthdate*). Así, se obtuvo el archivo *users.csv* correspondiente a los vértices (nodos) del grafo.

4.1.3. Creación de la estructura del grafo

Antes de realizar cualquier importación de los sets de datos, Arango exige que primero se cree la estructura del grafo. Para ello se realizó lo siguiente:

- Desde la Shell de Arango se cargó a la memoria de trabajo el archivo JavaScript *ArangoDBCCode.js* [14], mediante el siguiente comando:

```
require("internal").load("C:/Users/sanex/ArangoDBResource/ArangoDBCCode.js")
```

ArangoDBCCode.js es un archivo JavaScript en el cual se programó una serie de funciones para facilitar la tarea de creación de la estructura del grafo en Arango. Al método *load* se le indica como argumento la ruta del archivo JavaScript a ejecutar.

- Luego, desde la misma Shell, se hizo una llamada a la función *loadGraph*, mediante el siguiente comando:

```
loadGraph("gidisunju",  
"myGraph",           [{edgeName:  
"friends",           collectionsFrom:  
["users"],           collectionsTo:  
["users"]}]);
```

El grafo está almacenado en la base de datos *gidisunju* bajo el nombre *myGraph* y está formado por dos colecciones, una del

tipo vértice de nombre *users* y otra del tipo arista de nombre *friends*. Cada fila de la colección *friends* es una relación dirigida desde un documento de la colección *users* hacia otro documento.

4.1.4 Poblado del grafo con datos

Para facilitar la importación y poblado del grafo se desarrolló un archivo ejecutable batch, de procesamiento de lotes, de nombre *ArangoDBCommands.bat* [15] compatible únicamente en la plataforma Windows. En la Figura 2 se muestra una porción del grafo obtenido.

4.2. NEO4J

Neo4j realiza la importación de dos formas distintas. Una es a través del uso de su lenguaje de consulta Cypher [16]. La otra, implica el uso de una herramienta incorporada en la instalación de Neo4j, denominada 'neo4j-admin import'.

La principal diferencia entre estas dos herramientas es la eficiencia de carga. Si bien se pueden importar datos masivos con comandos de Cypher, su rendimiento es muy lento comparado con la herramienta 'neo4j-admin import'. Los comandos Cypher pueden ser útiles para importar cantidades de datos más modestas pero a la vez de forma más personalizada (mediante algún criterio de selección).

4.2.1. Set de Datos para los vértices y aristas

Neo4j toma para la importación los set de datos para vértices y aristas generados en formato CSV desde la base de datos de ArangoDB.

4.2.2. Creación de la estructura y poblado del grafo

Los comandos de Cypher permiten llevar a cabo la creación de la estructura y poblado del grafo de manera simultánea.

El comando 'load csv' [17] permite importar datos desde un archivo en formato CSV que se encuentra en una cierta ubicación. Como ventaja se pueden filtrar los datos deseados para importarlos mediante algún criterio y como desventaja sólo se pueden cargar datos desde un archivo a la vez. Los comandos para importar datos desde el archivo son los siguientes, Figura 3.

```
USING PERIODIC COMMIT 5000
LOAD CSV WITH HEADERS FROM
"file:/home/user/Proyecto_NoSQL/ArangoDBResource/
users.csv" AS line #alias del archivo
CREATE:USER {id: line.id, first_name:
line.first_name, last_name:
line.last_name, birthdate: line.birthdate});
```

Figura 3. Comandos para importar nodos

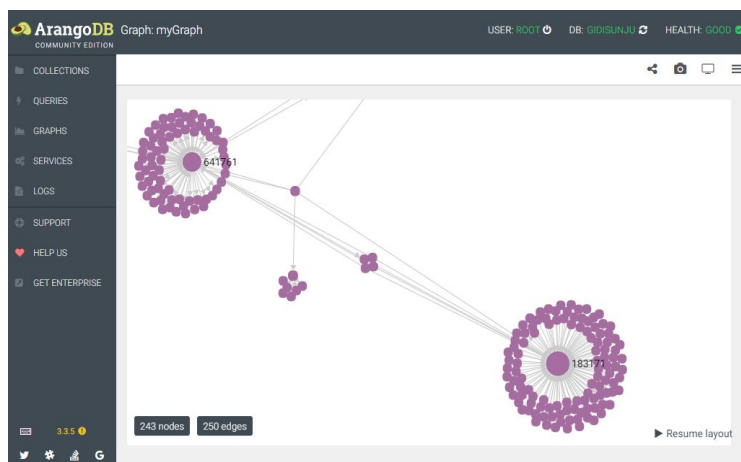


Figura 2. Grafo parcial de la red social.

El comando ‘commit’ confirma la carga de datos cada cierto número de líneas. Para la carga de las relaciones, se emplean comandos similares, Figura 4.

```
USING PERIODIC COMMIT 5000
LOAD CSV WITH HEADERS FROM
"file:/home/topomix/Proyecto_NoSQL/ArangoDBResou
rce/friends.csv" AS line #alias del archivo
MATCH (p {id:line.to}), (q {id:line.from})
CREATE (p)-[:FRIENDS]->(q);
```

Figura 4. Comandos para importar aristas

La herramienta ‘neo4j-admin import’ [17] permite realizar importaciones de datos masivos de forma más rápida y eficaz, pero los archivos CSV deben tener una estructura específica.

Para el archivo de nodos (users.csv), se tiene un campo obligatorio y un campo opcional:

- ID: campo obligatorio. Identificador único que debe tener cada fila del archivo, la cual debe estar en la cabecera de dicho id de la forma ‘<name>:ID’.
- LABEL: campo opcional, se identifican una o más etiquetas que definen el tipo/subtipo de nodo. El tipo y el(los) subtipo(s) están delimitados por un ‘;’ o por un delimitador opcional definido por el comando ‘--array-delemiter’. En este caso se agrega una columna con el campo ‘USER’ para todos los nodos.

Para el archivo de aristas (friends.csv), se deben tener tres campos obligatorios:

- TYPE: tipo de relación a usar para esta relación. En este caso, se agrega una columna con ‘FRIENDS’ como campo para todos los nodos.
- START_ID: es el id del nodo inicio para esta relación (campo ‘to’ del archivo).
- END_ID: es el id del nodo final para esta relación (campo ‘from’ del archivo).

Con las modificaciones anteriores, se obtienen las siguientes cabeceras, Figura 5.

```
[id,first_name,last_name,birthdate]→[id:ID,first
_name,last_name,birthdate,:LABEL]
[to,from] →[:START_ID,:END_ID,:TYPE]
```

Figura 5. Cabeceras con las modificaciones

Luego se emplea el siguiente comando para la importación de los datos, Figura 6.

```
sudo /usr/bin/neo4j-admin import --nodes
~/Escritorio/users.csv --relationships
~/Escritorio/friends.csv --database test
```

Figura 6. Comando para importar

Resultados:

- Tiempo de Ejecución : 2 min, 6s, 565 ms

4.3. OrientDB

OrientDB realiza la importación principalmente mediante el módulo ETL (Extractor-Transformador-Cargador) pero existen otras formas como el desarrollo de una API. Por simplicidad se toma la primera opción con dos posibles soluciones. Y en segundo lugar se realiza un pequeño experimento con una API en Java.

4.3.1 Set de Datos para los vértices y aristas

OrientDB toma para la configuración del módulo ETL y desarrollo de la API Java los set de datos para vértices y aristas generados en formato CSV desde la base de datos de ArangoDB.

4.3.2. Creación de la estructura y poblado del grafo

El módulo ETL permite llevar a cabo la creación de la estructura y poblado del grafo de manera simultánea. Para usarlo se ejecuta el script “oetl.bat” con un archivo de configuración en formato JSON dado como argumento desde la consola.

Una forma de crear la base de datos y su respectiva estructura es tener a disposición un archivo que defina la información de la base de datos, es decir, todos los registros que la componen y otro archivo para establecer la relación entre esos registros. Para este caso se tiene dos archivos CSV:

- users.csv: contiene la información de la base de datos.
- friends.csv: contiene la relación entre los registros de la base de datos.

Para empezar se crea la base de datos ejecutando el script “console.bat”. Una vez creada la base de datos se desconecta de la

misma para ejecutar luego los archivos de configuración JSON.

El archivo JSON correspondiente a *user.csv* es el primero en ejecutarse para importar la información en forma de nodos, en este punto solo existen de forma aislada sin ningún tipo de conexión. En segundo lugar se ejecuta el archivo JSON para *friends.csv* para establecer las aristas entre los nodos.

La diferencia entre las dos configuraciones propuestas como soluciones radica para el archivo *friends.csv*, en donde la primera opción establece una relación entre la clave primaria del archivo *user.csv* y el campo “from” del archivo *friends.csv*. En la segunda opción se trabaja mediante la ejecución de un comando en SQL para poder crear las aristas, Figura 7.

```
{ "config": {"parallel": true},
  "source": { "file": { "path":
    "/orientdb/datasets/friends.csv" } },
  "extractor": { "csv": {"separator": ";" } },
  "transformers": [ { "vertex": {"class": "User",
    "skipDuplicates": true} }, {"command": {
    "command": "create edge HasFriends from (select
    from User where id = ${input.from}) to (select from
    User where id = ${input.to})",
    "output": "edge" } } ], "loader": {
  "orientdb": {"dbURL": "plocal:/orientdb/databases/pru
  eba_c", "dbType": "graph", "wal": false,
  "classes": [ {"name": "HasFriends", "extends":
  "E"} ], "indexes": [ {"class": "User", "fields": ["id:integer"],
  "type": "UNIQUE" }, {"class": "HasFriends",
  "fields": ["from:integer"], "type": "NOTUNIQUE" },
  {"class": "HasFriends", "fields": ["to:integer"],
  "type": "NOTUNIQUE" } ] } }
```

Figura 7. Segunda configuración para el ETL

La operación de carga en la base de datos es por defecto “No Transaccional”.

Los resultados obtenidos para el tiempo de ejecución son:

- Para *users.json*: 50275 ms [50,275 s]
- Para *friends.json* de la primera configuración: 7865834 ms [131,09 min]
- Para *friends.json* de la segunda configuración: 13025164 ms [217,08 min]

Se ejecuta el script *server.bat* para visualizar el gráfico, Figura 8.

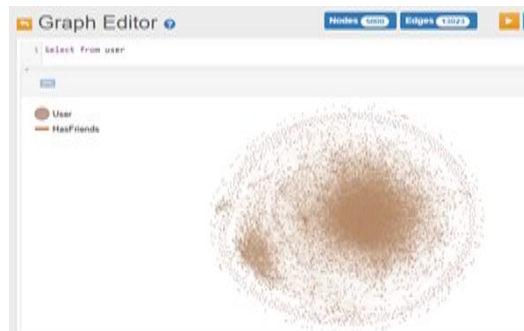


Figura 8. Grafo con 5000 nodos de la Red Social

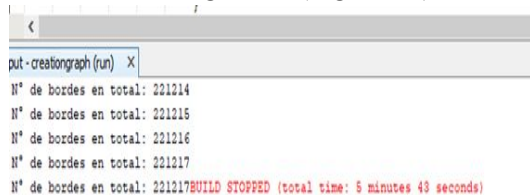
Para el experimento se crea los nodos con una de las configuraciones anteriores y para la creación de las aristas se desarrolló un pequeño programa en java. La Figura 9 muestra la API diseñada.

```
public class Creationgraph {
  public static void main (String args[]) {
    String nameYourDb = "prueba_java";
    OrientGraphNoTx g = new OrientGraphNoTx
    ("plocal:/orientdb/databases/"+nameYourDb,"admin",
    "admin");
    try { g.declareIntent( new OIntentMassiveInsert() );
    String csvFile = "/orientdb/datasets/friends.csv";
    BufferedReader br = null;
    String line = ""; String cvsSplitBy = ",";
    try { br = new BufferedReader(new
    FileReader(csvFile)); int index=0;
    while ((line = br.readLine()) != null) {
    if(index==0){ index=1;
    } else{ String[] ids = line.split(cvsSplitBy);
    String userFrom="(SELECT FROM user WHERE
    id="+ids[0]+")"; String userTo="(SELECT FROM
    user WHERE id="+ids[1]+")";
    String query="CREATE EDGE HasFriends from
    "+userFrom+" to "+userTo;
    g.command(new OCommandSQL(query)).execute();
    System.out.print("N° de bordes en total:
    "+g.countEdges()+"\n"); } }
    } catch (FileNotFoundException e) {
    e.printStackTrace();
    } catch (IOException e) {
    e.printStackTrace();
    } finally { if (br != null) { br.close(); } }
    } catch (IOException e) { e.printStackTrace();
    } finally {g.declareIntent( null ); g.shutdown(); } }
```

Figura 9. Código de la Api

En resumen se realiza una conexión a la base de datos mediante la clase “OrientGraphNoTx”. Luego se ejecuta las tareas en la instancia de la base de datos con la clase “OcommandSQL” hasta finalizar el bucle while. En este caso no se termina de realizar la importación sino que se ejecutan unos 222.000 registros para

calcular un tiempo de ejecución aproximado para todo el experimento y el resultado es el siguiente (Figura 10):



```
<
put-creaiongraph (run) X
N° de bordes en total: 221214
N° de bordes en total: 221215
N° de bordes en total: 221216
N° de bordes en total: 221217
N° de bordes en total: 221217BUILD STOPPED (total time: 5 minutos 48 seconds)
```

Figura 10. Tiempo de ejecución en API java

El tipo de operación de carga en la base de datos es “No Transaccional” con la clase “OrientGraphNoTx”.

- Tiempo de ejecución 604 minutos.

4.4. GraphDB

GraphDB modela los datos con RDF, por lo tanto es necesario que los ficheros a trabajar se encuentren representados en tal formato. La importación en GraphDB se puede realizar de tres maneras diferentes [18]:

1. Utilizando el Workbench GraphDB.
2. Utilizando la herramienta LoadRDF.
3. Utilizando OntoRefine.

Para las dos primeras opciones, se requiere que los archivos se encuentren representados en RDF previamente para importarlos, con lo cual, no se podrían emplear en primera instancia estas opciones ya que el dataset para el caso de estudio propuesto se encuentra en un formato CSV.

4.4.1. Importación utilizando OntoRefine

OntoRefine es una herramienta de transformación de datos [11], basada en OpenRefine e integrada en GraphDB Workbench. Admite la importación de archivos en formato de: TSV, CSV, *SV, XLS, XLSX, JSON, XML, RDF; tal como XML y hojas de Google. Permite subir archivos de datos en algunos de los formatos ya mencionados, crear un proyecto en RDF y realizar las consultas mediante SPARQL.

Se procede entonces a utilizar esta alternativa ya que permite trabajar con el dataset propuesto. El primer paso consiste en trabajar los archivos friend.csv y

user.csv, para relacionarlos entre sí y trabajarlo como uno solo, el resultado es un fichero en formato CSV. Luego se debe proceder a convertirlo en un RDF, lo cual se logra mediante OpenRefine [19], que permite la creación del RDF, a partir del fichero en csv importado.

4.4.2. Creación de la estructura del Grafo

Para el caso de estudio aplicado, se considera que cada ID es tomado como un nodo (nodo origen, denominado sujeto) que se relaciona con otro ID (nodo destino, denominado objeto) y las relaciones son representadas como URIS.

OpenRefine facilita el proceso de importar un dataset en formato CSV y realizar alteraciones necesarias usando funciones para que la conversión a un RDF sea intuitiva. Sin embargo, este proceso no se puede automatizar, por lo tanto la transformación de los datos, teniendo en cuenta las URIS a usar para designar las relaciones entre los sujetos y objetos, se tendría que hacer repitiendo el proceso paso a paso, es decir manualmente. Para el caso del dataset propuesto, el cual consiste en datos masivos, resultaría ser un trabajo tedioso y complejo de realizar. Sumado a eso, se tendría que continuar con la validación del RDF, que consiste en la definición de algunas reglas específicas que se debe cumplir para las normas de la W3C. Por lo tanto, considerando la complejidad que eso conlleva y que la documentación para realizar este tipo de transformaciones es escasa, no se pudo lograr el objetivo de poner a prueba la base de datos, con el caso de estudio propuesto.

5. Conclusión

En este trabajo se realizó el proceso de importación en los sistemas de BDOG: ArangoDB, Neo4J, OrientDB y GraphDB, a partir del set de datos “friends.txt”. Es importante destacar que los resultados obtenidos ponen en evidencia facilidades, complicaciones, y acciones que fueron

llevadas a cabo para que la importación sea exitosa. Para dos de las BDOG se desarrollaron APIs en Java, que complementaron y facilitaron el proceso de importación. Cabe destacar que en cada una de las BDOG se observaron puntos a favor y en contra a considerar cuando se realiza la importación, los cuales se detallan a continuación:

Arango. Cuenta con la herramienta *arangoinport* para importar datos ya sea en formato CSV o JSON (JavaScript Object Notation). Sin embargo, la herramienta presenta algunas carencias, por ejemplo no presenta en pantalla un resumen del tiempo que se requirió para realizar determina importación. Dicha funcionalidad hay que programarla por separado.

Neo4j. Cuenta con dos herramientas de importación. El comando 'LOAD CSV' permite importar datos por medio de consultas Cypher, permitiendo personalizar la importación de los datos. La herramienta 'neo4j-admin import' permite la importación de datos masivos. Ambas herramientas permiten importar datos desde archivos CSV.

GraphDB. Cuenta con tres herramientas para la importación:

- Workbrench, importa archivos locales, en el servidor, desde una URL remota o usando el lenguaje de consulta SPARQL.
- LOADRDF, diseñada para la carga de conjuntos de datos sin conexión.
- Ontorefine, permite la importación de archivos en varios formatos incluyendo CSV y JSON.

OrientDB. Cuenta con una herramienta propia para la importación. El módulo ETL ya sea para importar datos en formato CSV o JSON. Tiene la suficiente flexibilidad para llegar al mismo resultado mediante distintas configuraciones. No necesariamente es la forma más óptima de importación. También cuenta con opciones extras para la importación. Al estar escrito en java se puede usar la API Java mediante la utilización de las librerías disponibles en la instalación de OrientDB.

Referencias

- [1] MySQL, A. B. *MySQL*. 2001
- [2] Server, S. Q. L. *Microsoft SQL Server*. Retrieved August 1st. 2010
- [3] Oracle, <https://www.oracle.com/ar/index.html>. Acceso Julio 2018
- [4] TIWARI, S. *Professional NoSQL*. John Wiley & Sons, 2011.
- [5] Álvarez, C. C. P., Pinilla, C., & Bello, M. (2017). *Bases de datos orientadas a grafos*. Tecnología Investigación y Academia, 5(2), 153-160.
- [6] Concepts, <https://docs.arangodb.com/3.3/Manual/DataModeling/Concepts.html>. Acceso Septiembre 2018.
- [7] Neo4j: What is a Graph Database?, <https://neo4j.com/developer/get-started/>, Acceso Septiembre 2018.
- [8] "Document-and-graph-model", <https://orientdb.com/docs/last/Tutorial-Document-and-graph-model.html>. Acceso Septiembre 2018
- [9] "Transactions", <https://orientdb.com/docs/2.2.x/Transactions.html>. Acceso Septiembre 2018.
- [10] Console-Command-Gremlin", <https://orientdb.com/docs/2.1.x/Console-Command-Gremlin.html>. Acceso Septiembre 2018.
- [11] "GraphDB 8.6 Free Documentation", <http://graphdb.ontotext.com/documentation/free/>. Acceso Agosto 2018.
- [12] "SOC-POKEC", <http://networkrepository.com/soc-pokec.php>. Acceso Septiembre 2018.
- [13] "Spawner Data Generator", <https://sourceforge.net/projects/spawner/>. Acceso Septiembre 2018.
- [14] "ArangoDBCode", <https://github.com/sanexto/ArangoDBCode>. Acceso Agosto 2018.
- [15] "ArangoDBCommands", <https://github.com/sanexto/ArangoDBCommands>. Acceso Agosto 2018.
- [16] Holzschuher, F., & Peinl, R. (2013, March). *Performance of graph query languages: comparison of cypher, gremlin and native access in Neo4j*. Proceedings of the Joint EDBT/ICDT.pp. 195-204. ACM. 2013.
- [17] "Neo4j Docs" <https://neo4j.com/docs/operations-manual/3.4/>, Acceso Julio 2018.
- [18] "Load your data" <http://graphdb.ontotext.com/documentation/free/quick-start-guide.html#load-your-data>, Acceso Agosto 2018
- [19] Ham, K. *OpenRefine (version 2.5). Free, open-source tool for cleaning and transforming data*. Journal of the Medical Library Association: JMLA, 101(3), 233. 2013

Documentación de escenarios de calidad empleando una wiki semántica

Novillo Saravia, Pilar
Universidad Tecnológica Nacional

Abstract

En la actualidad la documentación de arquitecturas de software basada en archivos de texto presenta varias limitaciones debido a la organización lineal de sus contenidos, lo cual brinda una perspectiva unidimensional del conocimiento arquitectónico que mantienen. Este tipo de documentación conlleva dificultades para la recuperación del conocimiento, ya que generalmente el conocimiento buscado se encuentra documentado en forma redundante, y fragmentado en varias vistas, secciones y documentos, lo cual hace más difícil su mantenimiento, acceso y recuperación. El objetivo de este trabajo es superar tales limitaciones, utilizando una ontología junto a una wiki semántica para recuperar conocimiento relativo a los requerimientos de calidad de una arquitectura de software y a los escenarios de calidad que han sido especificados para refinar y evaluar la arquitectura. Esta propuesta permite vincular documentación textual con instancias de conceptos arquitectónicos y establecer las relaciones y anotaciones semánticas adecuadas, y facilitando con ello la recuperación de conocimiento arquitectónico mediante consultas SPARQL que materializan las necesidades de conocimiento de los stakeholders.

Palabras Clave

Arquitecturas de Software, Documentos Basados en Texto, Ontología, Wiki semántica, Escenarios de Calidad, Recuperación de Conocimiento.

Introducción

El diseño de arquitecturas de software es uno de los primeros procesos que se lleva a cabo para el desarrollo de un sistema. Bass y colab. [1] definen este término de la siguiente manera: “la arquitectura del software de un programa o sistema de cómputo es la estructura o estructuras del sistema, lo que comprende a los componentes del software, sus propiedades visibles externamente y las relaciones entre ellos”. Esta definición implica que, durante este proceso, el sistema se descompone en partes que interactúan para identificar requerimientos funcionales y no

funcionales, limitaciones del entorno, presupuestos y reutilización de componentes [2].

Documentar el proceso de diseño de arquitecturas de software busca mejorar la comunicación entre todos los stakeholders, facilitando la toma de decisiones no solo en las etapas iniciales sino que durante todo el desarrollo del sistema. Generalmente, todas las decisiones tomadas durante el diseño, los elementos arquitectónicos definidos, comportamientos deseados, requerimientos que se desean satisfacer, etc., se encuentran dentro de documentos de arquitectura de software basados en texto. A todo este conocimiento documentado, se lo denomina conocimiento arquitectónico. Se puede definir al conocimiento arquitectónico como “la representación integrada de la arquitectura de software de un sistema (o una familia de sistemas), las decisiones de diseño arquitectónico y el contexto/entorno externo” [3].

Bass y Clements [4] afirman que si una arquitectura de software no puede ser comprendida es inútil; una adecuada documentación debe contener suficientes detalles, no ser ambigua, y estar organizada de forma que los usuarios puedan encontrar rápidamente la información necesaria para responder sus preguntas [5].

En la industria del software, es una práctica común capturar el conocimiento arquitectónico en documentos como los archivos de texto o diagramas [6]. Es importante que dicho conocimiento pueda ser accedido de manera eficiente y efectiva, para evitar pérdidas de tiempo y errores que afecten la calidad del software.

Sin embargo, la documentación basada en archivos de texto tiene una organización

lineal de sus contenidos. Esta forma limitada de estructurar e indexar los contenidos resulta en documentos que proveen una perspectiva unidimensional del conocimiento arquitectónico. Esto conlleva dificultades para encontrar fácilmente el conocimiento buscado, para lograr la trazabilidad de conocimiento a través de referencias cruzadas entre diferentes secciones de documentos, y documentación difícil de mantener. En consecuencia, el conocimiento termina siendo documentado en forma redundante, y se encuentra fragmentado en varias vistas, secciones y documentos.

El objetivo de este trabajo es superar las limitaciones mencionadas que tiene la documentación de arquitecturas de software basada en texto, utilizando una ontología junto a una wiki semántica para recuperar conocimiento relativo a los requerimientos de calidad de una arquitectura de software y los escenarios de calidad que han sido especificados para éstos.

Con este enfoque se pretende responder en forma eficiente a diversas preguntas formuladas por los profesionales del software [7] que desean acceder y recuperar ese conocimiento, tales como:

- ¿Cuáles son los escenarios de calidad afectados luego de modificar, reemplazar o eliminar un elemento de la arquitectura de software?
- Dado un escenario de calidad, ¿Cuáles son los elementos arquitectónicos que deberán analizarse o evaluarse para verificar la satisfacción de dicho escenario?
- ¿En qué documentos podemos encontrar información sobre un determinado requerimiento no funcional?
- ¿Qué escenarios de calidad no han sido considerados en el diseño arquitectónico?
- ¿Qué escenarios de calidad se definieron para determinado requerimiento no funcional?

En las siguientes secciones se describen la herramienta utilizada, la ontología definida para la representación del conocimiento de requerimientos de calidad y escenarios, y los casos de estudio que se desarrollaron.

Ontología propuesta

Una ontología especifica explícitamente la conceptualización de un dominio [8], es decir, una ontología se refiere a un modelo de dominio formal en el que se describen conceptos y las relaciones entre ellos [9]. Su propósito es capturar conocimiento consensuado de forma genérica, el cual posiblemente sea reutilizado y compartido entre aplicaciones de software y por grupos de personas [10].

Por otro lado, el uso de una wiki semántica permite la navegación y presentación de clases y relaciones semánticas de una ontología. Una wiki semántica es una wiki, sitio donde los usuarios pueden contribuir o modificar su contenido, que almacena una parte de sus datos de manera que puede ser consultada en otra parte [11].

En este trabajo se utilizó la herramienta Archimind [7], la cual emplea una ontología de conocimiento de arquitecturas de software. Dicha ontología se encuentra ilustrada en la Figura 1. Esta ontología permite representar conocimiento explícito que se encuentra en documentos de proyectos de software, y conocimiento implícito de los expertos que no se encuentra documentado. La misma fue extendida para representar conocimiento sobre atributos y escenarios de calidad. Estos conceptos son introducidos a continuación.

En una etapa temprana de la definición de una arquitectura de software, los requerimientos más relevantes son aquellos asociados con la calidad del sistema de software a diseñar, los cuales son conocidos como requerimientos de calidad. Un requerimiento de calidad describe alguna característica o atributo de calidad que la

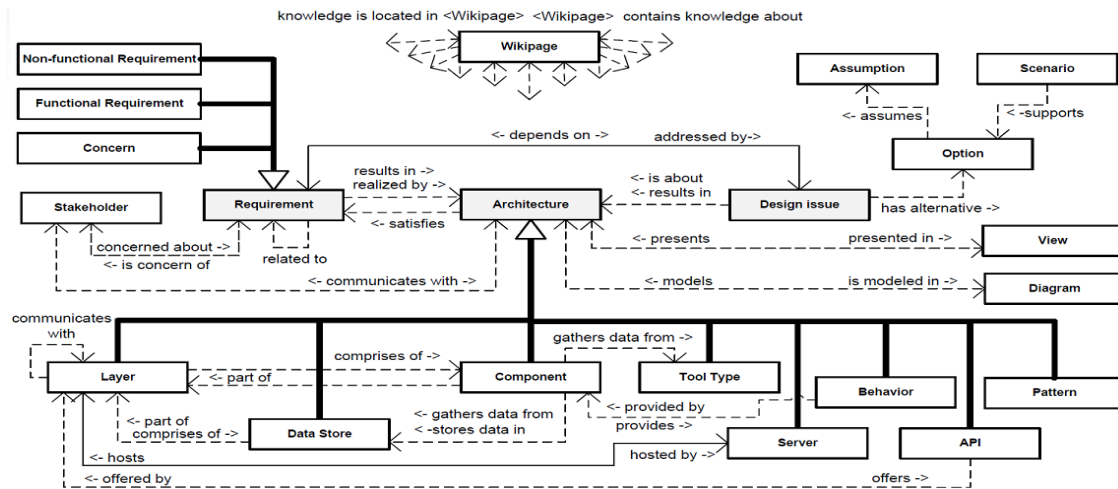


Figura 1: Ontología de conocimiento de arquitecturas de software utilizada por Archimind

solución de software debe poseer, como ser tiempo de respuesta rápido, facilidad de uso o alta confiabilidad [12].

Una representación más estructurada y precisa de los requerimientos de calidad de un sistema puede obtenerse utilizando el concepto de *escenarios de atributos de calidad*.

Un escenario de atributo de calidad comprende seis partes [1]:

- *Origen del estímulo*: Entidad (humana, sistema de información u otra) que genera el estímulo;
- *Estímulo*: Condición que requiere ser considerada cuando arriba al sistema;

- *Entorno*: Condición en la que se encuentra el entorno cuando un estímulo arriba;
- *Artefacto*: Parte del sistema que es estimulada;
- *Respuesta*: Actividad realizada luego de que el estímulo arriba al sistema;
- *Medida de la respuesta*: Medida considerada para evaluar si el requerimiento es satisfecho luego de que la respuesta es generada por el sistema.

En la Figura 2 se presenta la extensión de la ontología original, para representar los conceptos introducidos. De esta manera, se definieron los conceptos de *proyecto*, para

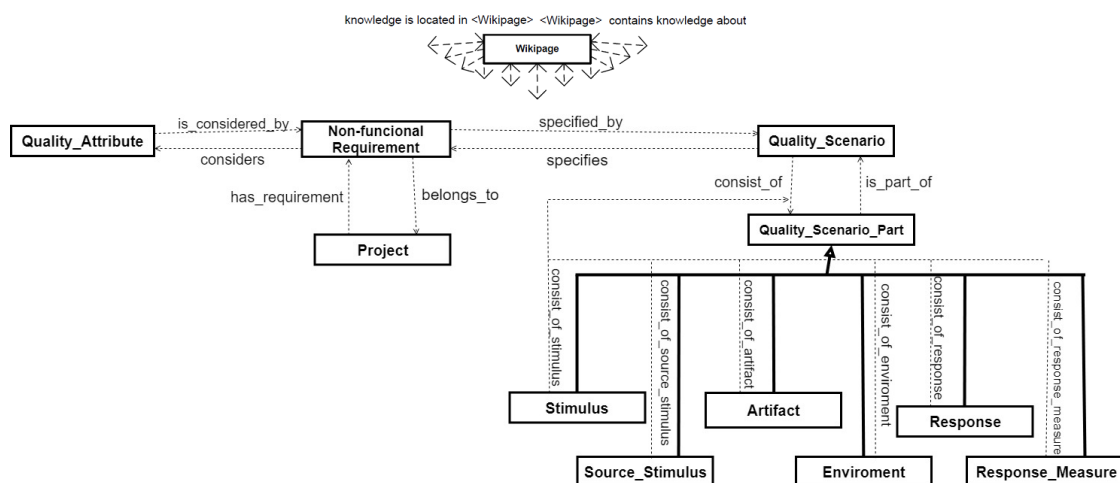


Figura 2: Ontología extendida para representar conocimiento sobre escenarios de calidad

poder crear instancias de los proyectos de software que se quieren documentar; *atributo de calidad*, permitiendo instanciar todos aquellos atributos que representan el objetivo de todo diseño de software, tales como *funcionabilidad*, *usabilidad*, *confiabilidad*, *rendimiento*, entre otros; y *escenario de calidad*, y cada una de sus *partes* mencionadas anteriormente. Para estos conceptos se definieron las respectivas propiedades de objeto que permiten establecer las relaciones semánticas entre ellos. Estas relaciones son fundamentales para que los stakeholders puedan obtener respuestas a preguntas como las planteadas en la introducción, y conocer qué y cómo las instancias de conocimiento arquitectónico están interrelacionadas [8].

Esta ontología fue incorporada en la herramienta Archimind, la cual cuenta con un editor WYSIWYG, con funciones para subir texto e imágenes, permitiéndole a los usuarios incorporar en la herramienta documentación sobre arquitecturas de software realizada con diversos editores de textos. Las especificaciones de arquitecturas de software son almacenadas como HTML en instancias de la clase 'Wikipage' de la ontología descrita anteriormente (ver Figura 1). Las instancias de 'Wikipage' tienen una propiedad *content* que es la que

específicamente conserva esta porción de documentación.

Las *wiki pages* de documentación de arquitecturas software pueden ser "anotadas semánticamente" indexando a cierto texto contenido por la misma con una instancia de algún elemento arquitectónico definido en la ontología. Al ver una wiki page, el texto que se ha indexado se resalta en amarillo. Al hacer clic en el texto resaltado se mostrarán los detalles de las instancias de conocimiento de arquitecturas de software a las que el texto está indexado como se muestra en la Figura 3. Estas anotaciones semánticas evitan problemas de ambigüedad, sinónimos, homónimos, errores ortográficos, abreviaturas e interpretación dependiente del contexto del conocimiento arquitectónico [7].

Para poder hacer uso de la herramienta, se tomó como casos de estudio dos proyectos disponibles públicamente, Observaterra11 [13] y Train Control System [14]. El primer sistema busca actuar como observatorio de los datos de la tierra, permitiendo comparar y contrastar gráficamente datos obtenidos de cada país, con la idea de que personas colaboradoras de diferentes países aporten información a dicho observatorio para la posterior visualización de otros usuarios.

The screenshot shows the Archimind tool interface. On the left, there are navigation panels for 'OntoWiki (Iroldan)', 'Knowledge Bases', and 'Navigation: Classes'. The main area displays the 'Properties of Non-functional Requirements-1' page. The content includes a table of Non-functional Requirements (NFR1, NFR2, NFR3) and a 'Details on knowledge' panel showing semantic relationships like 'knowledge is located in', 'qs considers', 'type', and 'label'.

ID	Description	Comments	Metric
NFR1	Concurrent Users The system shall support up to 20 concurrent METRACK users accessing the system to perform train monitoring function	This number of users should be able to manage the entire State Rail Network (both suburban and county)	For every 5 additional users in excess of 20 the system response times should degrade by no more than 5%
NFR2	Ease of Use The system must be easy to operate, mistakes made.	The system must be easy to operate. No user's mistakes can be made.	Normal users must be able to operate the system. Mistakes must be zero percent.
NFR3	Ease of learning The system must be easy to learn quickly.	This will help to reduce staff training time.	A general system training course must be completed within one day. The training time required for each system's functionalities must take no more than one hour.

Details on knowledge

- knowledge is located in: Non-functional Requirements-1
- qs considers: Usabilidad
- type: Non-Functional Requirement
- label: The system must be easy to operate. No user's mistakes can be made.

Figura 3: Wikipage 'Non-functional Requirements-1' junto a sus anotaciones semánticas

En cuanto al proyecto Train Control System, tiene como principal objetivo reemplazar el sistema actual encargado del seguimiento de los trenes, mejorando el nivel de precisión donde se encuentran los mismos en cualquier momento dado. Para ambos sistemas se crearon las instancias correspondientes de requerimientos, escenarios y atributos de calidad, y otros aspectos de la arquitectura, que fueron obtenidos de los documentos originales. Los documentos fueron almacenados en instancias de "wikipages". Además, se realizaron las anotaciones a dichas "wikipages" logrando así representar las relaciones semánticas de la ontología utilizada. En el caso del proyecto ObservaTerra11 documentamos los requerimientos no funcionales a partir de escenarios de calidad, por lo que, mediante la utilización de la herramienta solo se indexo dicha información para que esté disponible al momento de recuperarla. Mientras que en el proyecto Train Control System, los requerimientos de calidad se documentaron de forma textual, por lo tanto, se utilizó la herramienta para anotar las partes de escenarios que se identificaron en dicha descripción textual, aunque en algunos casos no llegaron a conformar descripciones

de escenarios de calidad completas, pero brindaron información de utilidad desde el punto de vista de las preguntas de competencia.

Considerando el proyecto 'Observaterra11' se describe un ejemplo de definición de un escenario de calidad y la anotación de esta instancia (y todas las relacionadas) en un documento del proyecto (Figura 4).

Sea el **escenario de calidad** 'usuarios novatos usan por primera vez el sistema'. Éste está *conformado por* el **origen del estímulo** 'usuario', el **estímulo** 'usar el sistema', el **entorno** 'sistema finalizado y operativo', el **artefacto** 'sistema', la **respuesta** 'el sistema presentara una estructura simple y fácil de utilizar' y la **medida de respuesta** 'el usuario debe aprender a utilizar el sistema en el menor tiempo posible'. A su vez, dicho escenario, *especifica* al **requerimiento no funcional** 'el sistema debe ser intuitivo', el cual *considera* el **atributo de calidad** 'usabilidad'. Todas estas instancias son anotadas en una **wiki** que *contiene conocimiento* sobre cada uno de los conceptos mencionados.

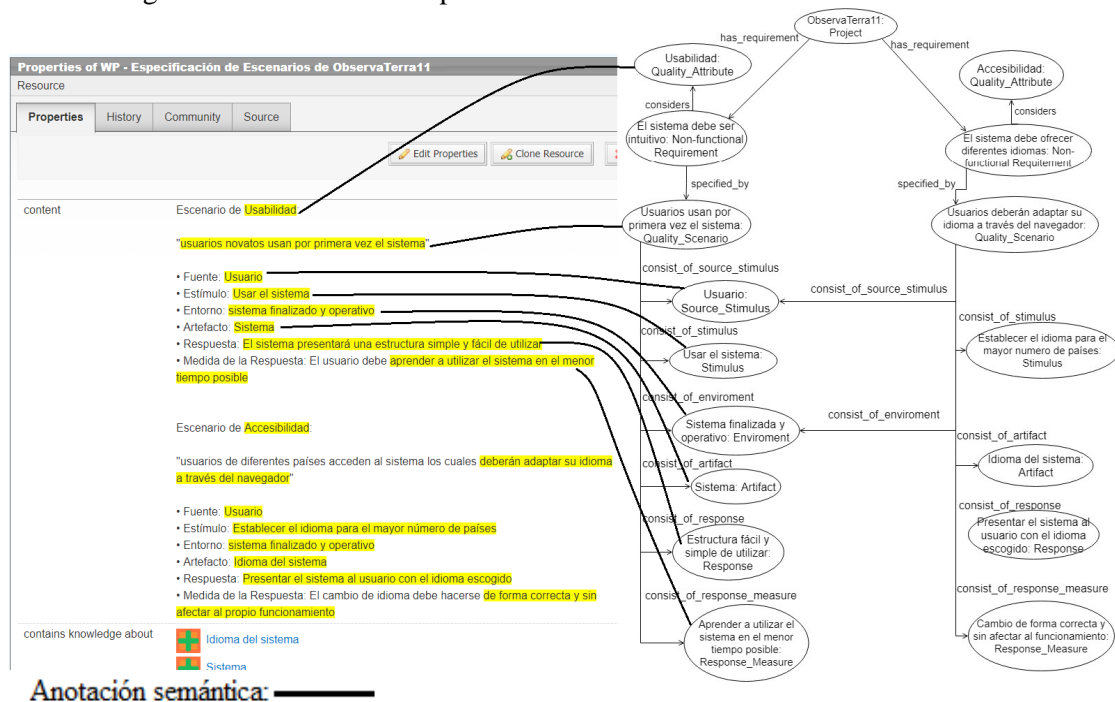


Figura 4: Diagrama de instancias

Recuperación del conocimiento

Archimind también permite realizar consultas SPARQL. Este lenguaje de consultas brinda los elementos necesarios para formular preguntas como las planteadas en la introducción, de modo tal que la ontología pueda comprenderlas y brindar las respuestas, según el conocimiento que posee.

Por ejemplo, contando con el fragmento de conocimiento arquitectónico que se observa en la Figura 4, el cual se encuentra documentado y anotado semánticamente en Archimind, es posible responder a las siguientes consultas, las cuales pueden

materializarse en consultas SPARQL, que ejecutadas en Archimind retornan las instancias listadas:

- ¿En qué documentos (wikipages) podemos encontrar información sobre el atributo de calidad “Usabilidad”? (Figura 5)
- ¿Qué escenarios de calidad se especificaron para el atributo de calidad “Usabilidad”? (Figura 6)

SPARQL Query editor:

```

PREFIX AKontology: <http://www.semanticweb.org/ontologies/2011/5/Ontology1308582601209.owl#>
PREFIX uva-sa-ontology: <http://www.archimind.org/archimind/UvA-SA-ontology.owl#>
PREFIX RDF: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX RDFS: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX qs: <http://www.utn-frsf.edu/2018/QualityScenarios#>

SELECT DISTINCT ?wikipage ?qa
WHERE {
  ?project RDFS:label "ObservaTerra11" .
  ?project qs:has_requirement ?nfr .
  ?nfr qs:considers ?qa .
  ?qa RDFS:label "Usabilidad".
  ?nfr qs:specified_by ?qsc .
  ?wikipage uva-sa-ontology:contains_knowledge_about ?qsc .
}
LIMIT 2000
    
```

wikipage	qa
http://www.utn-frsf.edu/2018/QualityScenarios/WikiPage/WP_Especificacin_de_Escenarios_	http://www.utn-frsf.edu/2018/QualityScenarios/qsQuality_Attribute/Usabilidad

Figura 5: Consulta SPARQL junto a las instancias resultantes

SPARQL Query editor:

```

PREFIX AKontology: <http://www.semanticweb.org/ontologies/2011/5/Ontology1308582601209.owl#>
PREFIX uva-sa-ontology: <http://www.archimind.org/archimind/UvA-SA-ontology.owl#>
PREFIX RDF: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX RDFS: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX qs: <http://www.utn-frsf.edu/2018/QualityScenarios#>

SELECT DISTINCT ?qsce ?project
WHERE {
  ?wikipage uva-sa-ontology:contains_knowledge_about ?project .
  ?project RDFS:label "ObservaTerra11" .
  ?project qs:has_requirement ?nfr .
  ?nfr qs:considers ?qa .
  ?qa RDFS:label "Usabilidad" .
  ?nfr qs:specified_by ?qsce
}
LIMIT 2000
    
```

qsce	project
http://www.utn-frsf.edu/2018/QualityScenarios/qsQuality_Scenario/Usuarios_novatos_usan_por_primer	http://www.utn-frsf.edu/2018/QualityScenarios/qsProject/ObservaTerra

Figura 6: Consulta SPARQL junto a las instancias resultantes

Trabajos Relacionados

Existen varias herramientas para administrar conocimiento arquitectónico tales como AREL [15], PAKME [16] y Archimind [7]. Dichas herramientas fueron desarrolladas con el objetivo de almacenar, analizar y recuperar conocimiento de los documentos de arquitectura de software. Archimind es la única que utiliza un enfoque basado en ontología, el cual está demostrado [17] que mejora la comprensión y recuperación del conocimiento arquitectónico en términos de una mejor eficiencia y calidad de los comentarios durante la revisión arquitectónica. Sin embargo, su ontología de conocimiento de arquitecturas de software no permite documentar los requerimientos de calidad de forma detallada.

Conclusión y Trabajos Futuros

En este trabajo se presentó una descripción sobre cómo el uso de una ontología junto a una wiki semántica, pueden ayudar a la organización y estructuración de la documentación de los requerimientos y los escenarios de calidad de una arquitectura de software. Esta forma de documentación facilita no solo la recuperación del conocimiento arquitectónico a partir de consultas similares a las de una base de datos, sino que también evita información redundante y la necesidad de fragmentar los documentos en varias vistas o secciones. Además, las relaciones y anotaciones semánticas evitan problemas de ambigüedad y conducen a una mejor comprensión de la arquitectura, lo que resulta en una mayor calidad general del software.

Si bien para llevar a cabo este trabajo no se desarrolló una herramienta propia, sino que se hizo uso de Archimind, el enfoque se mantuvo principalmente en extender la ontología brindada por la herramienta para abarcar los conceptos de escenarios de calidad de los proyectos de software y sus partes, permitiendo así documentar todos los aspectos de la arquitectura de software lo más detalladamente posible.

Diseñar y desarrollar una herramienta propia basada en el uso de una ontología con una

wiki semántica para almacenar, analizar y recuperar conocimiento de los documentos de software junto a un estudio que demuestre las ventajas de su utilización será un trabajo futuro.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Tecnológica Nacional (Proyecto EIIANFE0004486 “Herramientas de soporte al proceso de diseño de arquitecturas de software enfocadas en la captura y recuperación del conocimiento de razonamiento”). Se agradece el apoyo brindado.

Referencias

- [1] Bass, L., P. Clements y R. Kazman, Software Architecture in Practice, 2a. ed., Addison-Wesley, 2003.
- [2] Hans van Vliet. Software engineering - principles and practice. Wiley, third edition, 2008.
- [3] Patricia Lago and Paris Avgeriou. First workshop on sharing and reusing architectural knowledge. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 31(5):32–36, 2006.
- [4] Len Bass, Paul Clements, and Rick Kazman. Software Architecture in Practice. Addison-Wesley, third edition, 2012.
- [5] David Lorge Parnas. Precise Documentation: The Key to Better Software. In The Future of Software Engineering, chapter 8, pages 125–148. Springer, 2011.
- [6] Dominik Rost, Matthias Naab, Crescencio Lima, and Christina von Flach Garcia Chavez. Software architecture documentation for developers: A survey. In European Conference on Software Architecture (ECSA), pages 72–88. Springer LNCS, 2013.
- [7] Klaas Andries de Graaf. Ontology-based Software Architecture Documentation, 2015.
- [8] Thomas R. Gruber. A translation approach to portable ontology specifications. Knowledge Acquisition, 5(2):199 – 220, 1993.
- [9] Claudia López, Pablo Inostroza, Luiz Marcio Cysneiros, and Hernán Astudillo. Visualization and comparison of architecture rationale with semantic web technologies. J. Syst. Softw., 82(8):1198–1210, August 2009
- [10] Asunción Gómez-Pérez, Mariano Fernández-López and Oscar Corcho. Ontological Engineering, 2004.
- [11] http://semanticweb.org/wiki/Semantic_wiki
- [12] Shari Pfleeger and Joanne Atlee. Software Engineering: Theory and Practice. Prentice Hall, 2009.
- [13] <https://github.com/Arquisoft/ObservaTerra11> (Disponible 05/09/18)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[14] <https://github.com/RMIT/System-Architecture/tree/master/documents> (Disponible 30/07/2018)

[15] A. Tang, Y. Jin J. Han. A rationale-based architecture model for design traceability and reasoning. *J. Syst. Softw.*, 2007.

[16] M.A. Babar, I. Gorton, A tool for managing software architecture knowledge, in: Workshop on SHaring and Reusing Architectural Knowledge Architecture, Rationale, and Design Intent, SHARKADI, IEEE, 2007.

[17] A. Jansen, P. Avgeriou, J.S. van der Ven, Enriching software architecture documentation, *J. Syst. Softw.* 2009.

Datos de Contacto:

Pilar Novillo Saravia. Universidad Tecnológica Nacional Regional Santa Fe. 3000. pilar.novillosaravia@gmail.com.

Desarrollo de un Material de Trabajo para aprender a programar con un Robot Arduino y RoboMind

Hauque, Federico Gabriel Mandrachia, Alexis David
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Abstract

Este trabajo presenta los desarrollos realizados en el marco de la cátedra de Algoritmos y Estructuras de Datos para incorporar un robot Arduino a las clases prácticas de las primeras semanas de cursado. El principal objetivo de esta propuesta es brindar a los alumnos un mecanismo que permita probar en un robot real los algoritmos desarrollados en el entorno de simulación RoboMind. La incompatibilidad entre estos dos entornos y el elevado número de conocimientos previos necesarios para operar el robot físico fueron los principales obstáculos que se propuso sortear. Todas las instrucciones electrónicas requeridas para que el robot se desplace en un entorno real se ocultan en la implementación de los métodos de una librería, brindando a los alumnos un set de instrucciones que esconden todas las dificultades técnicas. Adicionalmente, se construyó una herramienta de software que transforma automáticamente códigos del robot virtual a códigos del robot real, facilitando en gran medida el proceso de ejecución de los códigos en el robot físico. El desarrollo de estos componentes, su funcionamiento y limitaciones son los principales temas abordados.

Palabras Clave

Robot Arduino, RoboMind, Programación, Herramienta para primer año.

1. Introducción

Los alumnos que comienzan sus estudios universitarios se enfrentan al desafío de una nueva etapa de aprendizaje. El desconcierto con el que se arriba a la educación superior muchas veces se ve reflejado en las tasas de deserción temprana, lo cual se convirtió últimamente en un tema de creciente importancia para las instituciones [1]. Esta realidad requiere que los docentes amplíen el conjunto de recursos básicos con los que habitualmente trabajan, generando nuevas propuestas que apoyen tanto el aprendizaje como las competencias de los estudiantes. En el contexto de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, la cátedra de

Algoritmos y Estructuras de Datos (AEDD) es la encargada de introducir a los alumnos en una disciplina que muchos ingresantes no suelen haber visto con antelación: la programación. Encarar esta tarea es un reto para los docentes que deben esforzarse por mantener motivados a los alumnos con diversas intervenciones didácticas destinadas a estimular a los estudiantes exhibiendo distintas actividades en las que la programación es una herramienta vital.

En los últimos años, el interés de la industria y el público en general respecto a los avances en robótica ha crecido de una forma muy significativa [2] y se ha instalado como un tema de análisis en la sociedad. La programación del software que forma parte de estos artefactos es un componente esencial, sin el cual las capacidades de estos elementos se verían limitadas. Es por esto que desde la asignatura AEDD se planteó la idea de motivar a sus alumnos permitiéndoles operar un robot real por medio de instrucciones simples que son estudiadas en las primeras semanas de cursado.

El objetivo de este trabajo consiste en la implementación de un programa que, sustentado en las instrucciones implementadas en una librería, permita ejecutar en un robot físico instrucciones sencillas que no son compatibles con el mismo en forma nativa. De esta manera, los alumnos podrían programar un robot sin que exista necesidad de incursionar en conocimientos de electrónica que deberán aprender más adelante en su carrera.

En las siguientes secciones se detallan los desarrollos y actividades que se llevaron adelante para permitir a los estudiantes recién ingresados operar un robot Arduino.

2. Contexto de aprendizaje

La cátedra de AEDD desarrolla sus contenidos de programación trabajando con el paradigma procedural y el lenguaje C++. Sin embargo, las primeras semanas de cursado, el docente se enfoca en la resolución de problemas cotidianos que conducen a la ejecución de algoritmos simples. Luego, se procede a familiarizar al estudiante con el uso de instrucciones sencillas y estructuras de control básicas empleando el entorno Robomind [3]. Dicha herramienta permite a los alumnos programar un robot virtual que se desplaza por un mapa (a modo de grilla) interactuando con diversos objetos que se encuentran en su entorno. De esta manera, los alumnos primero aprenden a estructurar y codificar algoritmos simples para luego realizar la transición a un lenguaje más complejo como C++.

Darle instrucciones a un robot para que las ejecute en una pantalla permite a los recién ingresados dar sus primeros pasos en esta nueva disciplina. Sin embargo, esta ejecución de instrucciones no trasciende los límites de la pantalla, dado que no se cuenta con los recursos necesarios para trasladar el comportamiento virtual a comportamiento de un robot real.

En este contexto, a fines del ciclo lectivo 2016, la cátedra AEDD recibió dos robots móviles "Rover RM-2" basados en Arduino NANO V3.0. [4] Aunque estas placas fueron diseñadas exclusivamente con fines educativos y su funcionamiento es de los más sencillos que existe en el mercado, sigue requiriendo conocimientos previos que exceden las capacidades de los alumnos de primer año (como por ejemplo nociones básicas de electrónica y programación orientada a objetos).

Debido a estas dificultades, se requirió del desarrollo de distintos componentes que conforman un material didáctico. Dicho material permite ejecutar las instrucciones de RoboMind en los robots Arduino disponibles con el menor esfuerzo posible. Docentes, ayudantes y becarios trabajaron en el diseño, implementación y guía de uso

de este material. El desarrollo del mismo se realizó utilizando la metodología, el lenguaje y los contenidos que se trabajan durante el curso, por lo que además se lo documentó de manera tal que pueda ser utilizado como caso de estudio o ejemplo a presentar a los alumnos en distintas instancias del cursado de la asignatura.

3. Materiales de trabajo

3.1 Robomind

RoboMind es un entorno de programación sencillo creado con fines pedagógicos. Permite a los alumnos que dan sus primeros pasos en programación familiarizarse con las reglas básicas de las ciencias de la computación, programando (por medio de instrucciones elementales) las acciones que lleva adelante un robot virtual dentro de un entorno controlado. Las actividades que el autómata puede llevar adelante no solo permiten desplazarlo libremente en un mapa, sino que también posibilitan el detectar e interactuar con otros objetos u obstáculos presentes en el entorno.

La herramienta provee un conjunto de mapas predefinidos que incluyen paredes, arboles, balizas y otros objetos que condicionan los movimientos del robot. El lenguaje empleado para indicar instrucciones al robot se denomina ROBO y permite emplear estructuras de control similares a las que se dictan durante el cursado de AEDD.

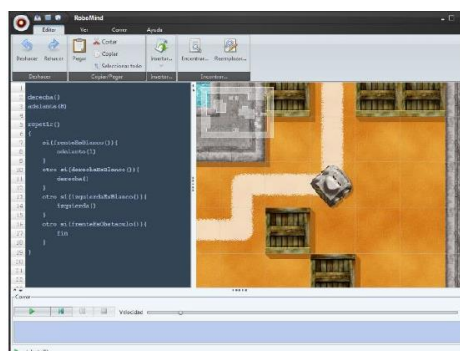


Figura 1: Ventana de RoboMind.

En la Figura 1 se presenta una captura de pantalla de la herramienta. Como puede

observarse, el usuario posee un panel editor de código fuente en el cual se indican las instrucciones a ser ejecutadas por el robot (lado izquierdo de la ventana) y una vista del mapa actual en la que se puede observar al robot ejecutando dichas instrucciones (lado derecho de la ventana).

El conjunto de instrucciones primitivas del lenguaje de programación ROBO se divide en tres categorías diferentes:

- i) Instrucciones de movimiento: Permiten desplazar al robot brindándole indicaciones absolutas (según puntos cardinales) o relativas (adelante, atrás, giro a la izquierda o derecha).
- ii) Instrucciones de evaluación: Permiten al robot interactuar con el mundo exterior a fin de verificar una condición sobre el entorno que lo rodea.
- iii) Instrucciones de modificación: Permiten al robot interactuar con su entorno a fin de modificarlo y/o adaptarlo a nuevas condiciones.

3.2 Robot Movil Arduino Rover RM-2

El robot Rover RM-2 es controlado por un Arduino Nano V3.0 con microprocesador ATmega 328. Incluye 14 pines de E/S digitales, 8 pines para sensores analógicos, memoria flash de 32 KB, SRAM de 2KB y EEPROM de 1KB. Su fuente de alimentación son 4 pilas AA. Posee además dos sensores jumpers, un sensor de ultrasonido HSR04, dos servomotores (que le permiten desplazarse en el espacio) y un LED externo (que fue incorporado a la placa de un kit adquirido). Para más información sobre sus especificaciones técnicas puede referirse a [5].

3.3 El entorno de desarrollo Arduino

El desarrollo de programas y la programación en sí de los dispositivos Arduino se realizan a través de su propio entorno de desarrollo denominado Arduino IDE (Figura 2). Este IDE posee un propio lenguaje de programación que es una variante de C/C++.

El Arduino IDE es libre y de código abierto y de fácil uso, donde el usuario codifica sus programas, el IDE los compila y, como resultado, programa las placas Arduino vía cable USB. Se ejecuta en las PC con Sistemas Operativos Windows, Linux y Mac OS X.

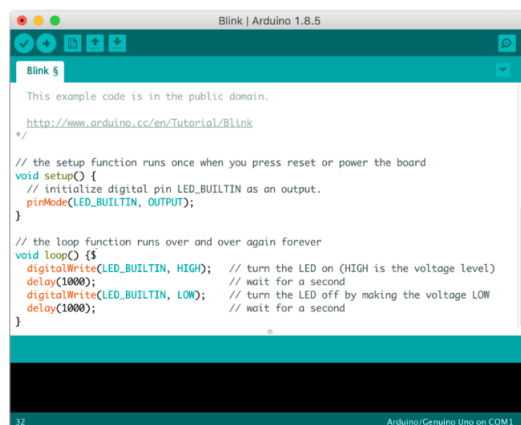


Figura 2: Entorno de desarrollo Arduino.

4. Material didáctico desarrollado

Como hemos descrito hasta ahora, se dispone de un robot que consta de varios componentes, entre ellos, dos servomotores y un sensor de ultrasonido. Los primeros le permiten al robot desplazarse libremente por su entorno, mientras que los sensores son capaces de detectar aproximadamente la cercanía de ciertos obstáculos. Estas aptitudes resultan muy similares a las instrucciones que se pueden proporcionar al robot virtual de RoboMind. En este contexto, se comenzó a pensar en la posibilidad de que los alumnos vean sus desarrollos RoboMind funcionando en el robot físico sin necesidad de aprender el lenguaje Arduino.

RoboMind posee una función propia para exportar sus instrucciones a código para ejecutar en robots LEGO, pero los mismos no son compatibles con los robots Arduino que tiene la cátedra. Luego, era necesario desarrollar un material propio que transforme los mismos códigos ROBO en archivos Arduino que se puedan ejecutar en el robot físico. En las siguientes secciones se detallan los desarrollos realizados para

construir un conjunto de herramientas que automaticen este proceso de transformación de instrucciones.

4.1 Creación de la librería de instrucciones

En el mundo del software, una librería o biblioteca es una colección de programas que facilita la ejecución de una serie de funciones relacionadas entre sí [6].

Para poder imitar las instrucciones de RoboMind o simplemente indicar al robot que avance una distancia determinada hacia adelante, se requiere de una serie complejas de instrucciones en Arduino para poder accionar los motores en una dirección por una cantidad de tiempo o distancia determinada. Para ello, se propuso diseñar e implementar estas instrucciones como parte de una biblioteca del lenguaje Arduino. De esta manera, las características propias de la electrónica requerida para realizar los movimientos físicos del robot quedan enmascaradas en la definición de las funciones, brindando al usuario la posibilidad de utilizar métodos sin preocuparse por los aspectos técnicos involucrados en su accionar.

La librería implementada se denominó Robomind. Se compone de un archivo cabecera (extensión “.h”) y un archivo de código fuente (extensión “.cpp”). En el archivo cabecera se encuentran definidos todos los parámetros, constantes y métodos públicos y privados disponibles para manipular el robot. Por su parte, en el archivo de código fuente se desarrollan los comportamientos asociados a cada uno de los métodos previamente definidos (es decir, el comportamiento que realiza el robot internamente para lograr una funcionalidad).

Como parte de la librería, se define un método constructor llamado “Robomind()” que tiene como objetivo crear un objeto sobre el cual el conjunto de métodos disponibles podrá ser aplicado. A continuación se define un método público “void inicializarEstado()” donde se especifican todos los parámetros y configuraciones requeridas al momento de iniciar la ejecución del robot.

Las acciones que realiza el robot Arduino deben ser sencillas como las propuestas en RoboMind. Por ejemplo:

- “adelante(5)” implica que el robot avance cinco casilleros.
- “oeste(3)” implica que el robot se oriente hacia el oeste y, luego, avance tres casilleros.
- “derecha” implica que el robot gire 90° a la derecha en base a su orientación actual.

Para poder indicar estas mismas instrucciones al robot Arduino, es necesario definir múltiples métodos a fin de dejar disponible el mismo conjunto de instrucciones (con la misma sintaxis que la original, a fin de no complejizar su entendimiento).

Sin embargo, en la codificación de estos métodos se requiere utilizar funciones precisas y complejas, ya que se debe manipular los servomotores (para poder mover el robot), el sensor de ultrasonido (para detectar un objeto a una distancia) y el encendido/apagado de un led. Por este motivo, el comportamiento de los métodos públicos se “enmascaró” utilizando un conjunto de métodos privados (Figura 3).

```
void adelanteUnaUnidad();  
void atrasUnaUnidad();  
void ubicarAlNorte();  
void ubicarAlSur();  
void ubicarAlEste();  
void ubicarAlOeste();  
bool detectarElemento();  
void prenderLed();  
void apagarLed();
```

Figura 3: Métodos privados para manipular el robot Arduino con los métodos de RoboMind.

Tómese como ejemplo el método público “void adelante(int N)”. Tal como se ha definido, este método debe avanzar N celdas de acuerdo a la celda actual del robot. Sin embargo, el avance de una única posición implica accionar los servomotores a fin de que recorran una distancia igual a la dimensión de una celda. Este

comportamiento se codificó en el método privado “void adelanteUnaUnidad()”. Dicho método es invocado N veces en el método “void adelante(int N)”. Siguiendo este lineamiento, de forma similar se implementaron los métodos restantes.

4.2 Herramienta de transformación

Si bien la librería desarrollada ocultó gran parte de la complejidad de la operación del robot físico, el proceso de transformación de los códigos RoboMind a Arduino todavía debía realizarse en forma manual. El problema fue que las instrucciones que se ejecutan en el robot Arduino deben poseer una rigurosa estructura de código similar a la de un programa orientado a objetos. Sin embargo, los códigos de RoboMind son simples secuencias de instrucciones, acompañadas de algunas estructuras de control. La importación de la librería, la instanciación de los objetos requeridos y la implementación del programa a ejecutar aún debía redactarse manualmente.

En este contexto, la estructura de código que se debe respetar es siempre la misma (Figura 4). Se divide en tres partes. En la parte superior incluye el conjunto de librerías Arduino que proporcionan las llamadas a métodos que ejecutan los movimientos y demás funciones propias del robot físico. Luego, se crea el objeto “robot” sobre el cual se realizan las invocaciones a los métodos “setup()” y “loop()”. Ambos métodos son propios del funcionamiento de Arduino, por lo que debemos implementarlos siempre que programemos en este lenguaje [7]. En el procedimiento “setup()” se establecen los parámetros asociados a las condiciones iniciales de ejecución del robot (como es el caso de indicarle al robot en cuáles pines están conectados los distintos componentes del robot). Gracias a la librería que importamos previamente (descrita en la sección previa), este procedimiento ya se encuentra implementado (solamente se debe invocar a la función inicializarEstado() para dejar el robot listo para ejecutar otras

instrucciones). Por su parte, la función “loop()” invoca a los métodos de la librería que deben imitar las instrucciones de RoboMind. Como bien lo indica su nombre, “loop()” es un método que se ejecuta en forma repetitiva. Para evitar esta repetición, se finaliza el bloque de la implementación con una instrucción de “while(TRUE);”

```

1 #include <Robomind.h>
2 #include <Servo.h>
3
4 Robomind robot;
5
6 void setup() {
7     robot.inicializarEstado();
8 }
9
10 void loop() {
11
12     // En el cuerpo de éste método se invocan
13     // las instrucciones de la librería que
14     // imitan las acciones de RoboMind
15
16     while(true);
17 }
    
```

Figura 4: Estructura de código Arduino.

Tabla 1: Ejemplos de instrucciones RoboMind traducidas en Arduino.

RoboMind	Arduino
adelante(n)	robot.adelante(n)
atras(n)	robot.atras(n)
izquierda	robot.izquierda()
derecha	robot.derecha()
pintarBlanco	robot.pintarBlanco()
detenerPintar	robot.detenerPintar()

Dado que la librería desarrollada fue diseñada de modo que los nombres de métodos respeten las denominaciones de sus pares en RoboMind, la traducción de instrucciones implicó simplemente el agregado de la referencia al objeto “robot” y el operador “.” que permite llamar a los métodos homónimos de RoboMind. En la Tabla 1 se pueden observar ejemplos de transformación de algunas de las principales instrucciones.

Ahora bien, los códigos RoboMind no consisten únicamente en una secuencia de instrucciones atómicas, sino que también involucran ciertas estructuras de control que regulan el flujo de ejecución. Algunas tienen un funcionamiento muy similar a las que propone el lenguaje Arduino. Es así que

podimos establecer un paralelismo entre las estructuras de control de ambos lenguajes para finalmente definir reglas de transformación que aseguren un flujo de ejecución idéntico en ambos lenguajes. Pueden verse tales reglas en la Tabla 2.

Tabla 2: Conversión de estructuras de control.

<i>Robomind</i>	<i>Arduino</i>
si (condición){...} otro si (condicion2){...} otro{...}	if (condición){...} else (condicion2){...} else{...} if
repetir{ ... truncar }	while(true){ ... break; }
repetir(n){...}	for(int i=0; i<n; i++)
repetirMientras(condicion){...}	while(condicion){...}

Gracias a las facilidades de la librería implementada y las reglas de conversión propuestas, la traducción de un archivo ROBO a Arduino podía ser automatizada. Es así que se propuso el desarrollo de una herramienta de transformación al que se le brinde como entrada el archivo ROBO y, luego de procesarlo, produzca como salida el archivo Arduino correspondiente. Esta transformación se ilustra en el esquema de la Figura 5.

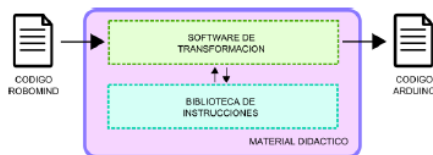


Figura 5: Esquema de la transformación de archivos ROBO a Arduino.

```
repetirMientras (frenteEsClaro) {
    adelante (1)
}
izquierda
adelante (1)
derecha
adelante (2)
derecha
adelante (1)
izquierda
```

Figura 6: Ejemplo de código RoboMind.

5. Caso de aplicación

Para ejemplificar una transformación de código ROBO a Arduino, se plantea en la Figura 6 un código de ejemplo cuya ejecución en RoboMind puede observarse en [8].

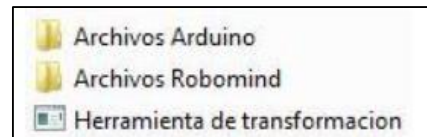


Figura 7: Estructura de carpetas de la herramienta de transformación.

Para transformar este código a un archivo ejecutable en Arduino basta con dirigirse al directorio donde se encuentra la herramienta de transformación. En ella se ve una estructura de directorios (Figura 7). La carpeta “Archivos Robomind” es aquella donde se deben almacenar los archivos ROBO de modo que la herramienta pueda accederlos para traducirlos.

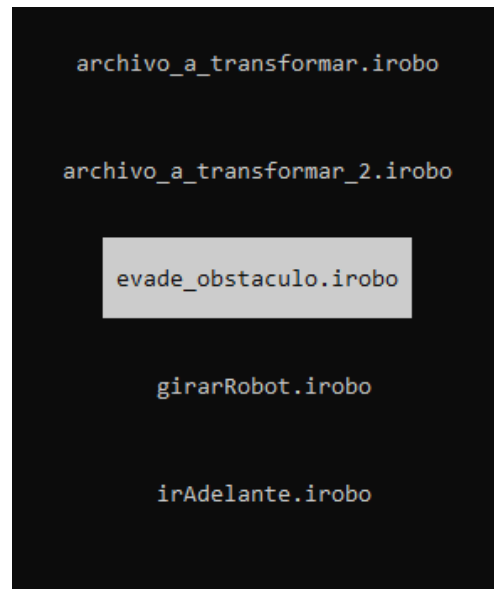


Figura 8: Selección de archivos ROBO a transformar.

Una vez que se hayan guardado en la carpeta correspondiente los archivos a transformar, ya se puede iniciar la herramienta. Al elegir la opción de

transformar un archivo, se muestra al usuario un listado de archivos ROBO almacenados en la carpeta “Archivos RoboMind” (Figura 8). Si elegimos aquel que deseamos transformar, se pide un nombre para el nuevo archivo Arduino que se generará (Figura 9) y finalmente se solicita al usuario que confirme si desea traducir el archivo.

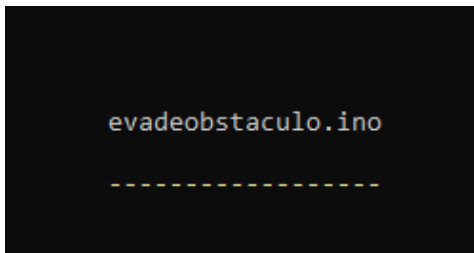


Figura 9: Asignación de nombre al archivo Arduino.

Finalizado este paso, ya contamos con el archivo de código traducido en la carpeta “Archivos Arduino” que también acompaña a la herramienta de transformación. El código Arduino resultante puede observarse en la Figura 10, así como también su ejecución en el robot físico puede verse en el video [9] (donde el robot avanza hasta detectar y evadir un cubo de cartón).

```

5
6 #include <Robomind.h>
7 #include <Servo.h>
8
9 Robomind robot;
10
11 void setup() {
12     robot.inicializarEstado();
13 }
14
15 void loop() {
16     while(robot.frenteEsClaro()) {
17         robot.adelante(1);
18     }
19     robot.izquierda();
20     robot.adelante(1);
21     robot.derecha();
22     robot.adelante(2);
23     robot.derecha();
24     robot.adelante(1);
25     robot.izquierda();
26
27     while(true);
28 }
    
```

Figura 10: Código traducido a Arduino.

5. Discusión

La librería de instrucciones supone una distribución de las conexiones de los sensores, servomotores, led, entre otros a la placa Arduino Nano. Si se intentase ejecutar instrucciones de esta librería en otra placa cuyas conexiones estén dadas de forma diferente, no podrá esperarse un funcionamiento correcto. Las conexiones que propusimos para nuestra placa pueden observarse en la Figura 11.

Por supuesto, la librería es editable y puede modificarse para adaptarla a otras placas Arduino o alterar el lugar de las conexiones de los sensores. Incluso se le pueden agregar más componentes. Sin embargo, esta tarea todavía debe hacerse en forma manual.

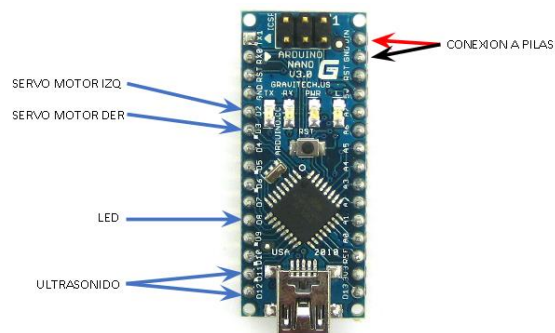


Figura 11. Diagrama de conexiones.

Queda en evidencia entonces una de las limitaciones de este proyecto: es estricto en cuanto a los sensores, sus conexiones y el modelo de la placa Arduino; así como también en el conjunto de instrucciones que puede realizar el robot. Pero, de otro modo, puede ser adaptable a nuevos modelos de placa Arduino, agregar otros sensores o modificar ciertas conexiones.

Dichas modificaciones requieren de una persona con conocimientos en el ámbito de la programación en Arduino para que pueda realizar los cambios necesarios en la librería. Sin embargo, mientras los cambios realizados se limiten a la implementación de los métodos de la librería y no se alteren los nombres de los mismos, la herramienta de transformación sería capaz de seguir

funcionando correctamente sin necesidad de modificarla, puesto que solo está atada a los nombres de métodos provistos por la librería.

6. Conclusión y trabajos futuros

Proponerles a los ingresantes de la carrera el desafío de operar un robot físico por medio de las sencillas instrucciones que aprendieron en sus primeras clases era una idea que, desde sus inicios, resultaba muy prometedora. Por supuesto que, para ejecutarla, era necesario previamente llevar adelante el desarrollo tanto de la librería como de la herramienta complementaria expuesta en este trabajo.

A pesar de las limitaciones que restringen la reutilización de la librería en otros robots, quienes tengan conocimientos de programación Arduino pueden adaptarla para que funcione con otros componentes o disposición de conexiones, evitándose así tener que redactar la librería entera.

El material didáctico ya fue empleado como parte de secuencias didácticas en reiteradas oportunidades en el contexto de la cátedra AEDD. En ellas se invitó a un grupo de alumnos a resolver problemas de RoboMind para luego probar sus soluciones en el robot físico. La primera experiencia se llevó a cabo durante el segundo cuatrimestre de 2017, en el horario de clases de dos cursos de 34 y 37 alumnos respectivamente. Sin embargo, como solo se trabaja con RoboMind los primeros días del primer cuatrimestre, decidimos repetir la experiencia al inicio del ciclo lectivo 2018, momento en el que los alumnos recuerdan mejor cómo funciona RoboMind y sus instrucciones. Más del 90% de los asistentes a esta última experiencia decidieron anotarse para continuar

trabajando con la propuesta de operar robots físicos.

En efecto, podemos notar que el interés que se generó en los alumnos nos motiva a continuar trabajando en esta propuesta incorporando más componentes al robot, cuyas funcionalidades deberán ser incorporadas a la implementación tanto de la librería como la herramienta de transformación.

Cada uno de estos agregados pretende despertar el interés de más ingresantes motivándolos a profundizar su estudio de la programación, instándolos a continuar en el camino de aprendizaje que la universidad le esta proponiendo.

Referencias.

- [1] De Vries, W., León, P., Romero, J., Hernández, L., "¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios", Revista de la Educación Superior, 40, 2011, pp. 29-49.
- [2] International Federation of Robotics, "Executive Summary of World Robotics in Industrial Robots", 2017, link: <https://bit.ly/2y83d5C>
- [3] "Robomind Overview" <https://bit.ly/2pyUOXj>
- [4] "Arduino Project" <https://bit.ly/1ThOjzl>
- [5] "Tech Specs of Arduino Nano V3.0" Arduino - <https://bit.ly/2vWhztC>
- [6] "Guía a la programación de Arduino – Librerías" <https://bit.ly/2MVL6aE>
- [7] "Programing structure reference for Arduino codes" Arduino - <https://bit.ly/2NradHo>
- [8] Video de la Ejecución del código en RoboMind: https://youtu.be/1I3GAS_ffSQ
- [9] Video de la ejecución del Robot físico: <https://youtu.be/ilAigtMU-2Y>

Datos de Contacto

Hauque, Federico Gabriel. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe. CP 3000. fghauque@gmail.com.

Mandrachia, Alexis David. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe. CP 3000. pochidavid@gmail.com.

Categorization of text-based forum posts using neural networks

Cardona Ruiz, Joaquin
Delmonti, Agustin
Sanchez, Joaquin

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario

Abstract

Nowadays, online forums represent one of the largest repositories of user generated content on the Internet, thus one of the main sources of information. Categorizing this information within a topic hierarchy in a forum is essential to enable fast access for users to useful information. This task is performed by human users based on their knowledge on the topics. However, sometimes posts are submitted to the wrong category, which requires an amount of time to manually classify these posts in the right category. Current literature shows how to classify content in categories, but using limited amounts of data and applying a clustering based approach. In this paper we propose an automatic model for assessing categories for posts based on their content within an online discussion forum. This task is performed using a deep learning approach. This is a novel approach compared to those used in the current literature. We have found promising results on large real datasets. Therefore, future applications of this method can be studied for automatic post categorization in online forums. Some experimental results are shown to validate the proposed learning algorithm, and to demonstrate its generalization capabilities.

Keywords

Forum classification, Supervised Learning, Deep Learning

Introduction

Online forum boards are spaces of discussion hosted in the Web (such as Reddit or Stack Exchange) where people can hold conversations in the form of posted messages. These forum boards, although different in structure, are primarily divided into a finite

set of generic categories of forums. Each category has several relevant threads where members can start discussing a topic related to the corresponding category. A group of users known as moderators have the task of supervising the threads and categories¹.

Forum moderation is an important task because of the great amount of discussions that are created. In these discussions, users can degenerate the main point of a topic, produce content that causes lower ranks on search engines, or discourage users from returning to the forum. These are examples of scenarios that need to be moderated to preserve the quality of the forum. A moderator also contributes with useful and user centered content, publishes, teaches and helps other users to follow the rules. Therefore, moderation is an expensive and time consuming task that can be improved with the support of a text analysis method.

Different categories are inherently targeted to certain groups of topics. This contributes to the organization of the information within the forum hierarchy enhancing the overall user experience with the platform.

However, posts are sometimes submitted to the wrong forum. Therefore, human intervention is required to manually classify these posts in the right category. Predicting whether a post is being published in the cor-

¹In this work, to avoid confusion, we will use the term “forum board” to refer to the entire online discussion platform, and the terms “categories” and “forums” interchangeably to refer to the different topics that are treated in that platform.

rect forum instead of its actual location contributes to the auto-moderation of the forum.

Some authors, such as [1] and [2], already tackle the problem of classifying posts within the hierarchy of a forum by reorganizing the posts in clusters and then assigning the topic labels according to a probability matrix. However, this approach uses vector space metrics—such as the cosine similarity—which are computationally expensive for obtaining predictions.

Using text analysis techniques, a recent study addresses another related discussion forum problem that is the inappropriate content, i.e. messages that do not follow the forum rules. They create a model employing partially labeled comments which execute classification tasks determining whether the content is improper or not [3].

Another approach is the analysis of tools for the automatic generation of spam content—spontaneous messages with the aim of gaining new users to their sites—in order to classify new content as genuine or spam, and block the latter [4].

Forums that are well organized, without content regarded as spam and, most importantly, with posts in the right categories, obtain better scores in search engines. Webmasters should consider this point as modern search engines take into account the underlying structure of web pages in order to show more and better information in their results, giving the site owner the advantage of having a website that is easier to find [5].

In this work, we propose an automatic classification method for assessing the most appropriate category in which posts should be submitted based on their content. This task is a sentence classification problem, similar in nature to that of sentence sentiment classification. The general approach for our method is to use word embeddings as an input for a deep learning model that classifies text content with satisfying success rates.

This work is organized as follows. In the Methodology section we show our approach

for preparing the input data, train the model and validate it. In the Experiments section we describe in detail the tools used for applying our method. Finally we draw the conclusions reached in this paper and possible lines of work for future research.

Methodology

In this section we present an automatic method for the classification of posts into appropriate forum categories within a forum board. This method processes the text contained in thousands of online posts in order to create a model that classifies new posts into the appropriate forum board category.

This method consists of four steps as shown in Figure 1:

Step 1: Parsing. The words from each post of every forum are extracted, counted, and posts are stored as a list of words.

Step 2: Filtering. Non-representative words from the forums are discarded.

Step 3: Embedding. Posts are converted into a vector representation.

Step 4: Training. the neural network is training using the processed data.

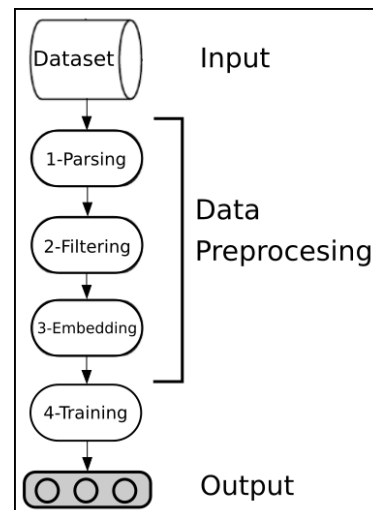


Figure 1: Workflow for the proposed method.

These steps are organized in two stages, data preprocessing and model training. The complete workflow is explained below.

Data preprocessing

In this stage, a simple bag-of-words (BoW)[12] method is used to represent the words of a post in a higher-dimensional, uniform space. This is done in order to transform the posts into a consistent and numeric input for a neural network. The assumption behind this is that two posts are likely to belong in the same category if they have similar content.

The first step in preprocessing the data to make it usable by a neural network consists on parsing the posts contained in each forum, as shown in Step 1 of the method. This is done in order to isolate the words, and eliminate text considered irrelevant like html tags and punctuation marks. During this parsing a *word dictionary* is generated. This is a list which contains every word appearing in the entire dataset, and an integer indicating the number of occurrences of the word in the corpus.

The dataset is processed to determine the vocabulary, and then a filtering process is applied, as shown on Step 2 of the method. This is performed in order to avoid words considered as non-representative of their respective forums either because they are too frequent in the corpus —words like “the”, “a” and “I” which are considered too generic to be used in classifying a post to a forum— or because they are too infrequent, and can be considered either spelling mistakes, errors that were made during processing of the dataset or statistical outliers that do not reliably represent the forum from which they were taken.

After the filtering process, an embedding process is applied as shown on Step 3 of the method. This process involves converting posts from their original representation —a list of words stored as binary strings— to a numeric representation that can be used as an input for a neural network. This is done by representing each post as a multi-hot vector $\mathbf{X}_{D \times 1}$, where D is the size of the word dictionary. The vector consists of values 0 where the corresponding entry in the word dictio-

nary is not present in the post, and values 1 where the entry is present, as shown in the example presented in Figure 2.

Similarly, a one-hot vector $\mathbf{Y}_{C \times 1}$ is generated for each post, where C is the total number of forums. This vector indicates the source forum from which the post was retrieved. The result of this process is the input dataset $\{X, Y\}_N$, where X is the high-dimensional representation of the post and Y is the target category label.

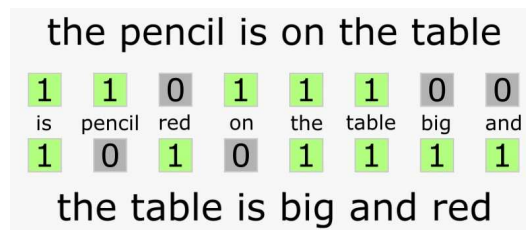


Figure 2: Vector representation of two phrases.

Model training

In this stage, a neural network is trained using the input dataset previously obtained through the Data Preprocessing stage. This neural network is able to perform classification of new forum posts. For each post, the classifier maps each category to a probability, which indicates the likelihood of a post belonging to a that category. The model then yields the labels ordered by their probability. An example is shown in Table 1 with an input post from the Fitness forum category: “*how would dividing interval training into multiple workouts actually affect fitness gains lets assume that the time spent in the training zones remains the same*”.

Forum	Probability
Fitness	0.17
Robotics	0.14
Esperanto	0.13

Table 1: Example of model training output for a post from the Fitness forum category.

Therefore, an effective assessment of categories can be performed on the posts through our method, in order to provide

an automatic means of organizing content within a forum board.

Experiments

We used a dataset made available by Stack-Exchange [6], consisting of posts from 347 different forums stored in XML format. A total of 15 forum categories were randomly selected, consisting of a total of 52500 posts.

The following forum categories were selected: 3d Printing, Chess, Esperanto, Fitness, Freelancing, Health, Law, Pets, Robotics, RPG, Sports, Startups, Vi, Windows Phone and Wood working.

Data preprocessing was performed as follows. For Step 1 or our method, the first 3500 posts of each forum were selected from the input files and the <body> attribute of the text was parsed. Then, every punctuation mark and special character was removed. At the same time, a word dictionary was created for each category, which contained a list of every word on the forum, and the number of times it appeared. Then, the information was stored in two binary files per forum using a Python library called *MessagePack* [7]. Then, we merged every word dictionary into a single dictionary which contained the words from the 15 selected forum categories and their corresponding occurrences.

Once the word dictionary was unified, for Step 2 of our method, non-representative words were filtered. First, we analyzed the data and found a highly biased distribution with mean in 28, but a standard deviation of 1228, as shown in Figure 3.

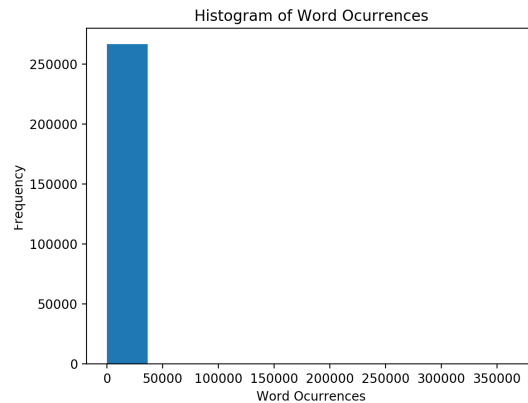


Figure 3: Histogram of word occurrences for the 15 forums.

We observed that the least frequent words—less than 3 occurrences, mostly spelling mistakes—represented more than the 84% of total amount of words. Therefore, these words were removed from the training set.

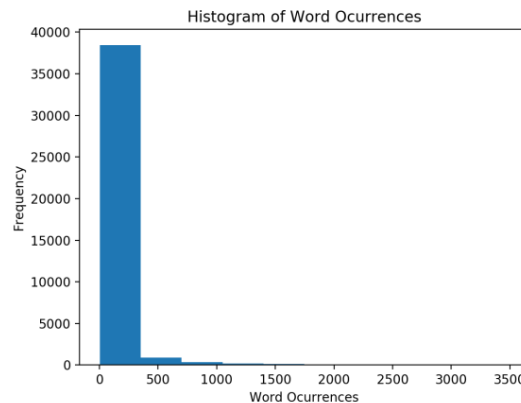


Figure 4: Relative frequency of words in the corpus.

After this first filter, the resultant word frequencies were evaluated and an upper boundary was defined to eliminate the most frequent words, such as prepositions or articles. This chart is shown in Figure 4. We obtained a less biased distribution, with a mean of 61 and a standard deviation of 241. The final dictionary consists of 50376 words.

For Step 3 of our method, being the final step of the data preprocessing stage, we created, using the BoW model from the previously described files, the input data used for training the model. Following a classical machine learning approach, the data was di-

vided via cross-validation into 90% for training and 10% for testing.

In order to classify a post into a certain discussion category, we created an artificial neural network and trained it using the previously processed data. We used Tensorflow, an open source library for Machine Learning [8]. The model consisted of a simple sequential neural network architecture as shown in Figure 5.

The architecture of the network consist in 1 fully-connected ReLu hidden layer of 500 neurons and a Softmax output layer of 15 neurons. The ReLu activation function improves training performance for large and complex datasets and reduces drastically the possibility of gradient vanishing [9]. Predictions were optimized using Adam optimization, due to its high effectiveness in the update of sparse gradients with minimal memory requirement as discussed in [10]. We chose Softmax, a cross-entropy based algorithm, as the loss function because of the probabilistic nature of the classification problem.

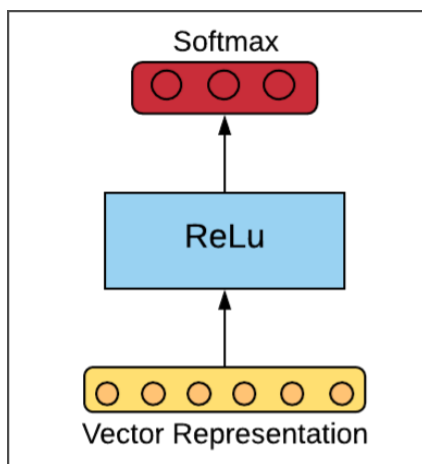


Figure 5: Neural network architecture.

The weights and biases of the network were initialized using random values from a normal distribution with mean 0 and standard deviation 1 [11].

We performed the entire data preprocessing and the neural network training with a computer running 16GB of DDR4 RAM, an Intel® Core™ i7-6700 processing unit at

3.40GHz and a NVIDIA® GeForce GTX 1050 GPU with 2GB of VRAM.

In our experiments, we found that increasing the batch size reduces the overall training time, but reduces the final accuracy during training, despite the loss decline. The batch size was tested with values between 10 and 100 with a step of 10, as shown in Figure 6. Each configuration was ran by training for 100 epochs. The figure shows that as the batch size is increased, the accuracy of the model decreases.

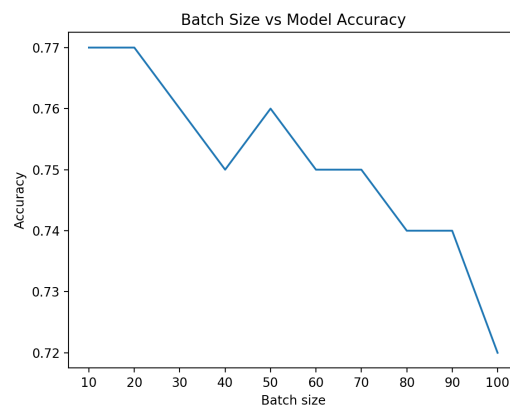


Figure 6: Batch size vs Accuracy of the model.

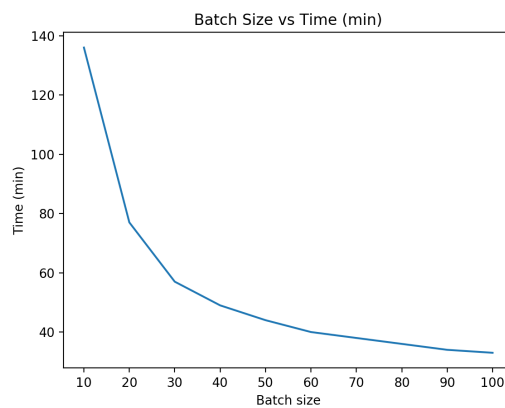


Figure 7: Batch size vs Training time in minutes.

Training time was also measured with every batch configuration tested, as shown in Figure 7. As the batch size was incremented from 0 to 100, the training time was reduced from 136 minutes to 33 minutes. Regarding accuracy, in our particular case, as we increased the number of epochs and the batch size, the prediction accuracy did not exceed

79.9%, which was achieved with 20 epochs and a batch size of 1 in 5 hours of training. However an accuracy of 77% was obtained using a batch size of 10 in more appropriate training time. These results are shown in Table 2.

Batch size	Execution time (H:M:S)	Accuracy
1	4:43:15	0.791
2	1:53:50	0.799
4	1:04:25	0.785
6	0:48:00	0.779
8	0:32:21	0.786
10	0:27:55	0.773
12	0:23:23	0.765
14	0:20:36	0.776
16	0:18:31	0.769
18	0:16:59	0.768

Table 2: Batch size effect in execution time and accuracy.

In the table, the second and third columns show the training time and the obtained accuracy for each batch size in the rows, respectively. In this set of runs the number of epochs was maintained fixed with a value of 20.

Taking into account this information, we selected a batch size of 14 samples, given the excellent combination of accuracy (77.6%) and training time (20.36 minutes). With this configuration, we achieved a training time improvement of 93% while lowering the accuracy by 3%, in comparison to the non-batched execution.

Using the selected batch size, a series of experiments were conducted as shown in Figure 8. Epoch values higher than 16 lead to little or no improvement in the accuracy. Therefore, we selected 16 as the optimal number of epochs.

With this combination of batch size and number of epochs, we ran the model 100 times obtaining an average accuracy of 77%. This is shown in Figure 9. Accuracy values vary between 0.768 and 0.772 along the 100 runs, with a mean of 0.771.

We also discovered that the amount of data used per category is critical for increasing the accuracy of the predictions. In our experiments we started with an initial

amount of data consisting of 2 forums with 1000 posts each, and increased its size gradually up to 15 forums with 3500 posts each. In each experiment, we kept the same neural network architecture. The results of the testing is summarized in Table 3. Different datasets and the accuracies they produced when training the model are represented in each row. Compared to the first configuration, the prediction capability of the model was improved by 11%.

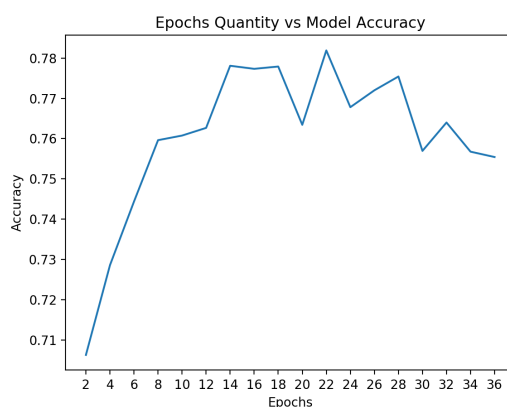


Figure 8: Number of epochs vs. accuracy of the model.

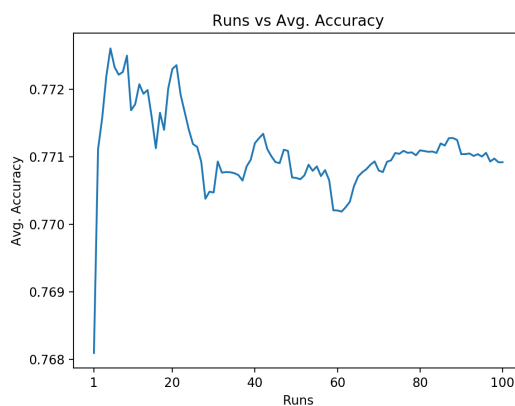


Figure 9: Averaged accuracy of 100 trainings.

Configuration	Accuracy
5 forums 625 posts	0.66
10 forums 1250 posts	0.66
15 forums 1825 posts	0.73
15 forums 3500 posts	0.77

Table 3: Impact of dataset size in model accuracy.

We compared these results with a random based classification, which used the same input data used for training the neural network model but assigned forums taken from a uniform probability distribution. It successfully categorized 6% of the posts into the correct forum. We performed an analysis of variance test (ANOVA) between the residuals of the neural network model and the ones of the random model. Our null hypothesis was that for both models the means were equal, and that they were different as the alternative hypothesis. The ANOVA test yielded results for the p-value of less than 0.001. Therefore we accepted the alternative hypothesis that there is effectively a 400% difference between the means of the models, as shown in Figure 10.

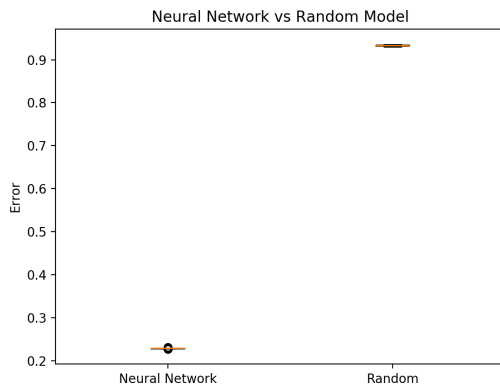


Figure 10: Error means comparison between both models.

We started this work facing the preprocessing of the initial dataset in order to get a clean input for a neural network. We experimented with many types of configurations and different data amounts, and found appropriate parameters through a series of experiments. These were used on a simple neural network architecture which successfully performed classification tasks due to the adequate preprocessing of the dataset and the effective definition of its parameters.

Related work

This work was developed within the project "Minería de Datos aplicada a problemáticas de Big Data". In this context, two other researches have been published. They are "Un Nuevo Método para Clustering de Tweets Basado en Métodos de Ensamblados y Técnicas de Hashing" and "Comparative Analysis on Text Distance Measures Applied to Community Question Answering Data".

Conclusions and future work

In this work we presented a method for classifying publications into discussion forum categories based on a deep learning approach. Our method achieved excellent accuracies in a considerably short training time, without the need for large computational capabilities.

For future work we would like to test different neural network architectures, which are very prominent in the text classification field, for example Recurrent Neural Networks with Long-Short Term Memory (RNN LSTM).

We also would like to test this same structure in a Big Data environment, using cluster-computing techniques and an architecture which may allow to reach more accurate results by utilizing higher magnitudes of data.

References

- [1] Cerulo, L., & Distante, D. (2013, March). Topic-driven semi-automatic reorganization of online discussion forums: a case study in an e-learning context. In Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2013 IEEE (pp. 303-310). IEEE.
- [2] Distante, D., Fernandez, A., Cerulo, L., & Vissaggio, A. (2014, October). Enhancing online discussion forums with topic-driven content search and assisted posting. In International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering, and Knowledge Management (pp. 161-180). Springer, Cham.
- [3] Delort, J. Y., Arunasalam, B., & Paris, C. (2011). Automatic moderation of online

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- discussion sites. International Journal of Electronic Commerce, 15(3), 9-30.
- [4] Shin, Y., Gupta, M., & Myers, S. A. (2011, March). The Nuts and Bolts of a Forum Spam Automator. In LEET.
- [5] Lieke, K. Search Engine Optimization. Henry Joutsijoki (toim.), 32.
- [6] Stack Exchange (September 2018). Files for stackexchange.<https://archive.org/download/stackexchange>
- [7] Sadayuki Furuhashi (September 2018). MessagePack: It's like JSON, but fast and small.<https://msgpack.org>
- [8] Tensorflow (September 2018). An open source machine learning framework for everyone.<https://www.tensorflow.org>
- [9] Srivastava, R; Masci, J; Gomez, F; Schmidhuber, J.(2014) Understanding Locally Competitive Networks. arXiv eprint arXiv:1410.1165
- [10] Kingma, Diederik P.; Ba, J.(2014). Adam: A Method for Stochastic Optimization. arXiv eprint arXiv:1412.6980
- [11] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In Advances in neural information processing systems (pp. 1097-1105).
- [12] McTear, M., Callejas, Z., & Griol, D. (2016). The conversational interface: Talking to smart devices. Springer.

Prototipo de Valoración para la Calificación de Clientes en el Área de Soporte

Melfi, Lucía Amanda

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario, Departamento de Sistemas

Abstract

Actualmente las empresas tienden a contratar servicios de Tecnología de la Información (TI) a las empresas desarrolladoras de software. Esta situación se ve influenciada por la vorágine del mercado y la constante actualización tecnológica. Es por ello que, las empresas desarrolladoras de software observan como un nicho de mercado el ofrecer servicios TI a sus clientes. Estos servicios incluyen asesoramiento funcional, gestión de incidencias, gestión de peticiones entre otros servicios. Además, la interacción del cliente con el área de soporte de la empresa desarrolladora es influyente para futuras negociaciones y acuerdos de servicio con el mismo. Es importante considerar las cuestiones que enriquezcan la calidad del servicio TI ofrecido. En el marco del Proyecto de Investigación "Nombre" se intentará validar mediante las buenas prácticas recomendadas por ITIL v3 (Information Technology Infrastructure Library) un prototipo de valoración propuesto para la calificación del cliente según el área de soporte.

Palabras Clave

Prototipo, Valoración, Calificación, Clientes, Soporte, Mesa de Ayuda, ITIL, Service Operation.

Introducción

Este trabajo propone una validación del cuestionario de valoración del cliente desde el punto de vista del Área de Soporte o Mesa de Ayuda, aportando valor a una herramienta de calificación y priorización de nuevos requerimientos de software [1][2]. En dicha metodología se contempla una calificación de clientes [3] para la priorización de los requerimientos, y de esa forma mejorar el rendimiento de las empresas desarrolladoras de software [4].

El objetivo de utilización e implementación de una Mesa de Ayuda es proporcionar una administración centralizada de todos los requerimientos y problemas con disponibilidad constante de soporte. Este punto de contacto está a cargo de responder, materializar y registrar de una manera

oportuna, ágil, eficiente y con alto grado de calidad las peticiones, quejas y recursos que sean realizados por los usuarios, que con frecuencia se realizan vía telefónica, por interfaz web o a través de eventos de infraestructura automáticamente reportados [5].

La metodología ITIL está basada en la administración de servicios desde el punto de vista del negocio, y ha crecido en popularidad en la medida que los negocios dependen de la tecnología y buscan la mejor forma de aprovechar sus recursos humanos y tecnológicos [6].

La Mesa de Ayuda es una función que ocupa una posición relevante en los procesos de ITIL, y representa, en gran medida, el punto de contacto de los usuarios con la Organización y el departamento de Servicios Informáticos o Área de Soporte [7].

Elementos del Trabajo y Metodología

Para elaborar este trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica de la metodología ITIL v3. De acuerdo a esta metodología, se analizaron las buenas prácticas sugeridas para la gestión de soporte de servicios TI. Luego se efectuó un control punto a punto del cuestionario de valoración del cliente según el Área de Soporte, confeccionado en el marco del Proyecto de Investigación, para garantizar su adaptación a las prácticas propuestas por ITIL v3.

Cuestionario de Valoración del Cliente en el Área de Soporte

Es importante obtener toda la información posible del cliente para obtener una valoración representativa del mismo. Las valoraciones profundizan el conocimiento que la empresa posee de los clientes, pudiendo de esta forma mejorar su gestión

de negocio ofreciendo mayor calidad, y una atención personalizada en su servicio de soporte. Este incremento en la calidad se logra entendiendo las necesidades de los clientes y administrando de manera eficiente los recursos humanos y tecnológicos propios. Para ello, el estudio de investigación propone para el Área de Soporte una interfaz que posibilita la valoración del cliente de una manera ágil. A su vez esta interfaz debe proveer el acceso a los datos actuales del cliente para su reconocimiento y análisis, y también a sus registros históricos disponibles en caso de ser necesario. En la Figura 1 se observa el prototipo del Área de Soporte provisto por el estudio de investigación [8].

Figura 1. Prototipo previo de Valoración del Cliente según Área Soporte.

	Mala	Regular	Buena	Excelente
Trato al Personal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comunicación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nivel de Ansiedad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Accesibilidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mediación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apreciación Personal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Las características a evaluar son:

- **Colaboración:** colaboración del cliente con el personal encargado de brindar soporte a las necesidades que surgen en el software implementado.
- **Comunicación:** interpretación oportuna de las necesidades del cliente y de las soluciones o procedimientos efectuados por el personal de soporte.
- **Nivel de ansiedad:** nivel de ansiedad reflejado por el cliente que pudiera afectar la eficiencia de las soluciones propuestas por el personal del soporte.
- **Accesibilidad:** accesibilidad al conocimiento y herramientas que el cliente debe asegurar para la

ejecución de las tareas a realizar por el personal de soporte.

- **Modificaciones en los requerimientos:** cambios en las solicitudes originales por parte del cliente.
- **Mediación:** intervención de personal autorizado por parte del cliente para encontrar una solución adecuada en caso de discrepancias.
- **Apreciación personal:** opinión basada en la experiencia de la persona que completa el cuestionario, con respecto a la interacción general con el cliente.

A fin de obtener valoraciones representativas de los clientes en el Área de Soporte, surge la necesidad de analizar las características aplicando un marco de trabajo apropiado.

ITIL v3 es un marco de trabajo que propone prácticas consistentes para todos los aspectos del ciclo de vida del servicio de TI. Este estándar, impulsado por el gobierno de Reino Unido, surgió a principio de la década de 1980 en respuesta a los inconvenientes en la aplicación de procesos para la entrega y soporte de tecnología debido al crecimiento del procesamiento distribuido en las organizaciones. Su enfoque práctico para la identificación, planificación, la entrega y soporte de servicios de TI a las empresas lo ha convertido en un mecanismo exitoso para generar coherencia, eficiencia y excelencia en el negocio de la administración de servicios de TI [9].

En las secciones siguientes se estudiará el estándar ITIL v3 para adecuar el prototipo de valoración de clientes.

Gestión de Servicios de TI Usando ITIL v3

La gestión del conocimiento tiene un rol importante en la investigación de la prestación de servicios TI. El marco de trabajo de ITIL v3 conecta la gestión del conocimiento con los procesos del servicio de soporte introduciendo el concepto Service Knowledge Management System (SKMS). SKMS provee información para mejorar la

calidad del servicio prestado por la organización, utilizando varios aplicativos software y repositorios de conocimiento y [10]. Los aplicativos que se pueden enumerar son herramientas para el registro de la Mesa de Ayuda, paneles de control y herramientas de comunicación. Los repositorios de conocimiento pueden ser documentación del negocio y/o técnica y repositorios sobre incidentes y problemas conocidos y cambios solicitados. En la Figura 2 se resume la composición de SKMS:

Figura 2. Componentes del Service Knowledge Management System.



Debido a la necesidad de mejora en los procesos de gestión de servicios de TI que realiza la Mesa de Ayuda, se elige ITIL v3 como el mejor marco de trabajo ya que este enfoque permitirá estandarizar los procesos actuales, mejorar la organización y distribución del recurso humano, así también los recursos de TI y establecer acuerdos de servicio con los clientes más apropiados [12].

Conceptos básicos de ITIL v3

ITIL v3 es un marco de referencia que ofrece una serie de buenas prácticas a aplicar en la gestión de servicios TI. A continuación en la Tabla 1, se definirán algunos de los principales conceptos que maneja ITIL v3 [12] [14] [15].

Tabla 1. Conceptos usados en ITIL v3.

Concepto	Definición
<i>ITIL v3</i>	Conjunto de lineamientos sobre mejores prácticas para la administración de servicios de tecnología de información.
<i>Incidente</i>	Interrupción no planeada de un servicio de TI o la reducción en la calidad de un servicio de TI. También, es un incidente la falla de un elemento de configuración que aún no impacta el servicio.
<i>Problema</i>	Causa desconocida de uno o más Incidentes. Por lo regular, se desconoce la causa al momento de crear un registro de problema y el proceso de la gestión de problemas es responsable de continuar con la investigación.
<i>Solución temporal</i>	Técnica que reduce o elimina el impacto de un incidente o problema para el cual aún no hay disponible una solución completa.
<i>Error conocido</i>	Problema que se tiene identificada la causa raíz y la solución temporal.
<i>Evento</i>	Hecho detectable por una herramienta que interviene en el sistema de información y que tiene un significado para la gestión de la infraestructura o para el suministro de los servicios ofrecidos.
<i>Petición</i>	Solicitud de información, asesoramiento, cambio estándar, o acceso a un servicio por parte de un usuario.

Operación del Servicio (Service Operation)

Se focalizará el estudio en los lineamientos de la Operación del Servicio debido a que la nueva metodología propuesta de priorización de requerimientos software, considera el software en etapa de mantenimiento [13].

La Operación del Servicio proporciona guías sobre la consecución de los niveles de calidad acordados para el servicio entregado. Incluye los procesos de [12]:

1. Gestión de Eventos.
2. Gestión de Incidencias.
3. Gestión de Peticiones.
4. Gestión de Problemas.
5. Gestión de Acceso.
6. Gestión de Operaciones de TI.

En las secciones siguientes se evaluarán los indicadores cualitativos utilizados para

calificar los clientes, considerando las etapas de los procesos incluidos en la Operación del Servicio.

Gestión de Eventos según ITIL v3

En la figura 3 se muestra el flujo del proceso de Gestión de Eventos.

Figura 3. Proceso Gestión de Eventos.



Las actividades del proceso de Gestión de Eventos son [14]:

1. Notificación del evento
2. Registro del evento
3. Análisis del tipo de evento
4. Correlación: permite relacionar los eventos según su categoría.
5. Registro de Alerta: se guarda la información de notificación.
6. Intervención aplicada al evento
7. Cierre: se cierra el ticket de alerta añadiendo información sobre las acciones realizadas, el nombre de las personas que han intervenido, entre otros datos pertinentes.

Gestión de Incidencias según ITIL v3

En la figura 4 se muestra el flujo del proceso de Gestión de Incidencias.

Figura 4. Proceso Gestión de Incidencias.



Las actividades principales de la Gestión de Incidencias son [12]:

1. Detección temprana del incidente
2. Registro de Incidentes.
3. Clasificación el incidente: Según ITIL, hay tres clasificaciones básicas de tipo: Falla, Solicitud de Servicio y Asistencia.
4. Especificación del detalle de clasificación del incidente: ITIL

describe las siguientes categorías: hardware, software, redes, personas, procesos, alojamiento y documentación.

5. Modelización de incidentes para optimizar el proceso de resolución: Existen incidencias que no son nuevas, sino que ya se han producido anteriormente y que se volverán a producir en el futuro.
 - a. Indicar prioridad del incidente.
 - b. Dar un diagnóstico inicial al incidente.
 - c. Dar un tipo de escalado al incidente.
6. Encuestas de satisfacción a usuarios.

Gestión de Peticiones según ITIL v3

En la figura 5 se muestra el flujo del proceso de Gestión de Peticiones.

Figura 5. Proceso Gestión de Peticiones.



La Gestión de Peticiones consta de las siguientes actividades, métodos y técnicas [15] [16]:

1. Selección de posibles peticiones de un menú
2. Aprobación financiera
3. Tramitación
4. Cierre: se cierra la petición una vez que se comprueba la satisfacción del cliente por la solución brindada.

Gestión de Problemas según ITIL v3

En la figura 6 se muestra el flujo del proceso de Gestión de Problemas.

Figura 6. Proceso Gestión de Problemas.



Las actividades principales de la Gestión de Problemas son [12]:

1. Diagnosticar la causa raíz de las incidencias y determinar la solución de los problemas asociados.
2. Proporcionar soluciones temporales a la gestión de incidencias de forma que se minimice el impacto de las incidencias en el Servicio.
3. Asegurar que la solución proporcionada se implanta siguiendo a través de los procedimientos de control establecidos.
4. Realizar la Revisión Post Implantación (PIR) para asegurar que los cambios han solucionado los problemas existentes sin introducir nuevos problemas.
5. Mantener la información asociada a los problemas, incluyendo y las soluciones proporcionadas.
6. Alimentar la Base de Conocimiento, de forma que el conocimiento se ponga a disposición de todo el Servicio.
7. Alinearse con la gestión de Incidencias utilizando la misma categorización, de forma que se facilite la comunicación entre ambos procesos.

Gestión de Acceso según ITIL v3

El objetivo principal es otorgar el derecho a un servicio a usuarios autorizados, mientras se previene el acceso de usuarios no autorizados. Los procesos de Gestión del Acceso ponen en práctica las políticas definidas por la Gestión de Seguridad de TI [17]. En la figura 7 se muestra el flujo del proceso de Gestión de Problemas.

Figura 7. Proceso Gestión de Acceso.



Las actividades de la Gestión de Acceso a los Servicios TI incluyen [18]:

1. Petición de acceso
2. Verificación
3. Monitorización de identidad

4. Registro y monitorización de accesos
5. Eliminación y restricción de derechos

Gestión de Operaciones TI según ITIL v3

Las actividades de la Gestión de Operaciones TI están íntimamente ligadas con la monitorización y supervisión, al ser ésta la responsable de que la infraestructura de la organización funcione, especialmente en lo que se refiere a la prestación de servicios.

Evaluación de los indicadores cualitativos del prototipo

De acuerdo a los indicadores cualitativos definidos y los procesos descritos anteriormente, se asociará cada indicador con el proceso que lo influencia en la interacción del Área de Soporte con el cliente. En la Tabla 2 se muestran las relaciones entre los indicadores cualitativos con los procesos sugeridos por ITIL v3.

Tabla 2. Relaciones entre los indicadores cualitativos y procesos ITIL v3.

Indicador	Proceso
Colaboración	Gestión de Eventos Gestión de Incidencias Gestión de Peticiones Gestión de Problemas Gestión de Acceso
Comunicación	Gestión de Eventos Gestión de Incidencias Gestión de Peticiones Gestión de Problemas Gestión de Acceso
Nivel de ansiedad	Gestión de Incidencias Gestión de Peticiones Gestión de Problemas
Accesibilidad	Gestión de Eventos Gestión de Incidencias Gestión de Peticiones Gestión de Problemas Gestión de Acceso Gestión de Operaciones
Modificaciones en los requerimientos	Gestión de Peticiones
Mediación	Gestión de Peticiones
Apreciación personal	Gestión de Eventos Gestión de Incidencias Gestión de Peticiones Gestión de Problemas Gestión de Acceso Gestión de Operaciones

Se observa que los indicadores cualitativos están influenciados por la mayoría de los procesos definidos por ITIL v3. Esto denota que los indicadores propuestos en el Prototipo de Valoración del cliente se enmarcan dentro de las buenas prácticas propuestas por ITIL v3.

No obstante se considera cambiar el nombre del indicador "Accesibilidad" por "Compromiso", para una mejor definición del mismo. El Prototipo modificado se observa en la Figura 8.

Figura 8. Prototipo Valoración del Cliente según Área Soporte considerando la interacción con el mismo.

The screenshot shows a web application window titled 'VALORACIÓN SOPORTE'. It contains two main sections: 'CLASIFICACIÓN CLIENTE A NIVEL SOPORTE' and 'INTERACCIÓN CON EL CLIENTE'. The first section has input fields for 'Nombre' and 'Número', and a 'Ver Datos Completos' button. The second section is a table with five columns: 'Pésimo', 'Malo', 'Regular', 'Bueno', and 'Excelente'. The rows include 'Trato al Personal', 'Comunicación', 'Nivel de Ansiedad', 'Compromiso', 'Negociación', and 'Apreciación Personal'. Each cell contains a radio button, with the 'Regular' column being selected for all rows.

Se considera pertinente plasmar la interacción del Área de Soporte con el cliente, en cuanto a la implementación de nuevos requerimientos de software originados por fallas en el sistema o cambios en el negocio. Para ello se agregan indicadores cualitativos que describan los procesos de Gestión de Incidencias, Gestión de Peticiones y Gestión de Problemas. Se construye una segunda interfaz de valoración que se describe en la Figura 9. Las características incorporadas en un nuevo prototipo considerando la resolución de solicitudes son:

- Complejidad: nivel de dificultad que representa analizar, diseñar, desarrollar e implementar nuevos requerimientos software u optimizaciones del sistema.
- Celeridad: rapidez en el tiempo que lleva desde que se recibe la solicitud hasta que la misma se implementa en el sistema.

- Calidad: eficiencia aportada al sistema en la incorporación de las solicitudes recibidas.
- Aporte a la Base de Conocimiento: incremento en el conocimiento técnico y entendimiento del negocio aportado por las nuevas solicitudes.
- Satisfacción del Cliente: conformidad del cliente en la funcionalidad y usabilidad de las solicitudes implementadas en el sistema, como así también en los tiempos de respuesta y desarrollo de las mismas.
- Colaboración del Cliente: información y recursos provistos por el cliente, necesarios para la resolución de solicitudes.

Figura 9. Nuevo Prototipo de Valoración del Cliente según Área Soporte considerando la resolución de solicitudes.

The screenshot shows a web application window titled 'VALORACIÓN SOPORTE'. It contains two main sections: 'CLASIFICACIÓN CLIENTE A NIVEL SOPORTE' and 'RESOLUCIÓN DE SOLICITUDES'. The first section has input fields for 'Nombre' and 'Número', and a 'Ver Datos Completos' button. The second section is a table with five columns: 'Pésimo', 'Malo', 'Regular', 'Bueno', and 'Excelente'. The rows include 'Complejidad', 'Celeridad', 'Calidad', 'Aporte a la Base de Conocimiento', 'Satisfacción del Cliente', and 'Colaboración del Cliente'. Each cell contains a radio button, with the 'Regular' column being selected for all rows.

Otros indicadores disponibles con la implementación de ITIL v3

Al consultar bibliografía relacionada al funcionamiento del Área de Soporte, se observó que la implementación de buenas prácticas como las que promueve ITIL v3 permite evaluar indicadores cuantitativos. Estos indicadores sirven de entrada para multiplicidad de reportes, adecuándose a la necesidad y administración gerencial de las empresas desarrolladoras de software. Algunos indicadores que se pueden mencionar son:

Referidos a los eventos:

- Número de eventos de advertencia
- Número de eventos normales

- Número de eventos correlacionados
- Número de tickets resueltos

Referidos a los incidentes:

- Número de incidentes detectados tempranamente
- Número de incidentes solucionados
- Número de incidentes clasificados por prioridad
- Número de incidentes clasificados por nivel de resolución
- Máximo número de incidentes antes de una degradación del servicio
- Número de tareas preventivas
- Complejidad de tareas preventivas
- Número de incidentes por tipo (falla, solicitud de servicio, asistencia)
- Número de incidentes por categoría (hardware, software, redes y accesos, personas, procesos, alojamiento local o en la nube, documentación)

Referidos a las peticiones:

- Número de peticiones implementadas
- Número de peticiones clasificadas por complejidad
- Número de peticiones por categoría (hardware, software, redes y accesos, personas, procesos, alojamiento local o en la nube, documentación)

La adecuación de la interface de valoración de clientes al ITIL v3 permitirá obtener datos cuantitativos acerca de los pedidos y solicitudes de los clientes relacionados con los productos de software. El análisis de tendencias y aglomeración de estos datos podría brindar información acerca de conflictos o situaciones problemáticas no detectadas directamente, y posibilitaría la búsqueda y aplicación de soluciones, mejorando el servicio al cliente.

Resultados

Considerando las buenas prácticas de ITIL v3 y trabajando en el marco del proyecto de investigación de este artículo, se modifica el prototipo de Valoración del Área de Soporte propuesto inicialmente y se ha agregado un prototipo nuevo considerando los aspectos referidos a la resolución de solicitudes.

Además se observa que se pueden incorporar indicadores cuantitativos para enriquecer la valoración del cliente con respecto a su interacción con el Área de Soporte.

Surge como futura línea de investigación y aporte al Proyecto en el que se enmarca este trabajo, generar nuevos prototipos, considerando calificadores basados en indicadores cuantitativos y lineamientos gerenciales de las empresas desarrolladoras de software.

Discusión

Inicialmente se consideró realizar una evaluación cualitativa de los indicadores detectados para calificar al cliente desde un punto de vista referido al Área de Soporte.

Sin embargo, se pueden considerar numerosos indicadores cuantitativos aplicando las prácticas sugeridas por ITIL v3. Para enriquecer la valoración del cliente según el Área de Soporte es necesario aplicar el uso de herramientas que acompañen el registro de la información que sugiere considerar ITIL v3. En este sentido se puede automatizar la toma de información de indicadores cuantitativos, y mediante un proceso de análisis considerando lineamientos gerenciales, se puede elaborar nuevas métricas de calificación de clientes.

Se propone además, que los cuestionarios de valoración sean completados de manera anónima por personal del Área de Soporte de diferentes jerarquías. Los cuestionarios pueden estar personalizados dependiendo de la responsabilidad de la persona encuestada.

Conclusión y Trabajos Futuros

Luego de la revisión del prototipo de valoración del cliente según el Área de Soporte, consultando el estándar ITIL v3, se logró adecuar esta interfaz y se incorporó una nueva pantalla mejorando esta valoración. Además a fin de perseguir una calificación fiel y objetiva del cliente, se detectaron indicadores cuantitativos a implementarse. No obstante, la inclusión de dichos indicadores, supone un desafío y futuras líneas de investigación en la automatización de la toma de información

desde los aplicativos de software utilizados por el Área de Soporte. Por lo tanto es posible elaborar nuevos reportes enriqueciendo la calificación del cliente.

Agradecimientos

Muchas gracias a Esp. Sara De Federico, por sus revisiones y por incentivar a generar nuevas ideas.

Referencias

- [1] De Federico, S., Sincosky, N., Avogradini, M., Moschetti, D. Construcción de una Metodología para la Priorización y Selección de Nuevos Requerimientos a Implementar en Software en Etapa de Mantenimiento. Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación WICC. Universidad Nacional de Salta, 2015.
- [2] De Federico, S., Avogradini, M., Sincosky, N., Gago, J., Moschetti, D., Melfi, L., Gonnet, S. Estrategia para la Calificación y Priorización de Nuevos Requerimientos de Software Propietario Utilizando un Registro de Historial de Clientes. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación CACIC 2015 XXI. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. UNNOBA; RedUNCI, 2015.
- [3] De Federico, S., Sincosky, N., Lascano, A., Avogradini, M., Moschetti, D. Análisis para la Identificación de Clusters en Información Recopilada de Empresas de Desarrollo de Software sobre Técnicas de Priorización de Requerimientos. Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información 2º CoNaIISI. Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, 2014.
- [4] De Federico, S., Avogradini, M., Sincosky, N., Gago, J., Moschetti, D., Melfi L. Construcción de Herramientas Informáticas para la Priorización y Selección de Nuevos Requerimientos a partir de una Estrategia Metodológica de Análisis Integral de Información de Clientes. Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería VIII EnIDI. Universidad Nacional de Cuyo Facultad de Ingeniería y Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, 2015.
- [5] Rave, S., Incidencia de las Funciones Service Desk en la Generación de Valor en las Organizaciones, Circular 1# 70-01, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia, 2013.
- [6] Ocampo, C. A. et al., Implementación De Modelo de Procesos de Gestión de Servicios con ITIL (Information Technology Infrastructure Library), Scientia et Technica Año XV, No 41, Universidad Tecnológica de Pereira, Mayo de 2009.
- [7] Moreno Iglesias, L., Un Modelo Dinámico De Operación Del Service Desk, en Actas 20th International Congress on Project Management and Engineering Cartagena, Colombia, 13-15 Julio 2016.
- [8] De Federico, S., Avogradini, Melfi L., Gonnet S. Estudio de Fiabilidad de un Método de Valoración de Clientes para la Priorización de Nuevos

Requerimientos. Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información 5ª CoNaIISI. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, 2017.

[9] Arraj, V., ITIL: the basics, Compliance Process Partners LLC. AXELOS, 2013. https://www.internationalbestpractice.com/gempdf/ITIL_The_Basics.pdf, Fecha último acceso: 10 de setiembre de 2018.

[10] Marko Jäntti, J. K., Identifying Knowledge Management Challenges in a Service Desk: A Case Study, En Actas 2010 Second International Conference on Information, Process, and Knowledge Management, University of Eastern Finland, 2010.

[11] Bayona, S. et al., Gestión de Servicios de TI Usando ITIL v3: Caso de Estudio, en Actas 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Universidad San Martín de Porres, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 21-24 Junio 2017.

[12] Gómez Álvarez, J. R., Implantación De Los Procesos De Gestión De Incidentes y Gestión De Problemas Según Itil v3.0 en el Área De Tecnologías de Información De Una Entidad Financiera, Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad De Ciencias e Ingeniería, Julio de 2012.

[13] De Federico, S., Sincosky, N., A., Avogradini, M., Moschetti, D., Melfi, L., Gonnet, S. Definición de Procesos de una Herramienta para la Calificación y Priorización de Nuevos Requerimientos en Software Propietario. 3er Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información 3er CoNaIISI. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires, 2015.

[14] Baud, J. L., Preparación para la certificación ITIL Foundation V3: ITIL V3-2011, Eni Ediciones, 2015.

[15] Van Bon, J., Gestión de Servicios de TI: Basada en ITIL v3 Guía de Bolsillo, Van Haren Publishing, 2008.

[16] ITIL Foundation: Gestión de servicio TI, http://faquinones.com/gestiondeserviciosit/itilv3/operacion_servicios_TI/peticion_servicios_ti.php, Fecha último acceso: 10 de setiembre de 2018.

[17] Puello Florez, O., Gerencia Informática: Operación del Servicio, Universidad del Norte, Colombia, <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/2209/Operaci:jsessionid=05FDDC1D099BFBF9ED78B39F4BBF48C2?sequence=1>, Fecha último acceso: 10 de setiembre de 2018.

[18] ITIL Foundation: Gestión de Acceso, http://faquinones.com/gestiondeserviciosit/itilv3/operacion_servicios_TI/gestion_acceso_servicios_ti/proceso.php, Fecha último acceso: 10 de setiembre de 2018.

Datos de Contacto: *Lucía Amanda Melfi*.
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. E-mail: lmelfi@frrro.utn.edu.ar

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Mitigación de los efectos de la procrastinación en los estudiantes universitarios mediante la optimización de tiempos.

Babaglio, Luciano Ezequiel

Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional

Abstract

Procrastinación o dilación es el hábito intencional de postergar el cumplimiento de actividades u objetivos que la mayoría de las personas padece. Al tratarse de un problema de mala gestión de tiempo, este hábito se ve reflejado en el desempeño académico de los estudiantes y puede influir en su decisión de continuar con sus estudios. El presente trabajo se centra en la búsqueda de los principales factores que conllevan a la mala gestión del tiempo en el cumplimiento de tareas. Mediante la aplicación de las principales herramientas utilizadas en la optimización de tiempos en los proyectos, se desea brindar un nuevo enfoque sistémico que permita a los estudiantes una gestión eficiente de sus recursos disponibles. Es sujeto de estudio de esta investigación el estudiante universitario y su deseo de mejora continua mediante el cumplimiento de metas impuestas y auto-propuestas. El objetivo fundamental de esta investigación es la exploración y adecuación de diferentes herramientas que posibiliten la organización de tareas en el día de los individuos en pos de lograr sus metas de manera eficiente priorizando su salud física y mental. Para llevar a cabo dicha propuesta, se tendrán en cuenta factores sociales y fisiológicos.

Palabras Clave

procrastinación, universidad, estudiantes, desempeño académico, deserción, optimización de tiempos

1. Introducción

La procrastinación es una forma prevalente y perniciosa de falla autorreguladora que no es del todo entendida [1]. Se estima que afecta entre un 80 % y 95 % de los estudiantes universitarios [1]. En los últimos años este porcentaje se ha incrementado a causa de las distracciones que produce la accesibilidad a las nuevas tecnologías. Autores como Usman Raza (2016) [2] sostienen que la automatización ha acostumbrado a la humanidad a la realización de tareas rápidas que demandan poco esfuerzo y tiempo, con el conse-

cuento escaso valor dado a actividades que podrían resultar significativas.

Con la automatización de la industria cada vez se requiere de personas más especializadas. El problema recae en los costos y el tiempo que demanda concurrir al establecimiento universitario, lo que reduce la cantidad de personas que puedan asistir. Los costos no sólo se ven reflejados en las instituciones privadas. Factores como transporte, vivienda y material de estudio imposibilitan el acceso a universidades públicas. Aún así, hay personas que cuentan con los recursos necesarios para realizar una carrera universitaria pero optan por no hacerlo. Factores que influyen en la decisión del inicio y seguimiento de los estudios son la excesiva duración que éstos presentan y las dificultades personales del estudiante para la integración y adaptación al ámbito universitario [3]. Para muchos, la alternativa más común es trabajar y conseguir una rápida remuneración económica. Se desperdicia entonces el potencial individual y los aportes que se podrían brindar a la comunidad.

A lo largo de los años se han desarrollado modelos matemáticos que permitieron grandes mejoras en la optimización de tiempos en proyectos industriales y procesos de mejora continua. Considerando la naturaleza de la procrastinación, se desea encontrar la manera de adecuar los artefactos empleados en el planeamiento de proyectos para lograr una metodología aplicable al individuo, que en este caso será el estudiante universitario en busca de su título. Sumando estas herramientas a los artefactos utilizados en el análisis y desarrollo de sistemas de información se

especificarán los requerimientos de una herramienta que permita la mejora de la distribución de tareas a lo largo del tiempo en función del registro de ciertos datos, como fechas límites y restricciones fijas y dinámicas.

Se espera que al optimizar los tiempos del estudiante se reducirán tanto la probabilidad como el impacto de los efectos negativos de la procrastinación.

2. Objetivo general

Especificar las características de las herramientas o artefactos que ayuden a mitigar los efectos de la procrastinación.

3. Objetivos específicos

- Identificar factores que provocan procrastinar.
- Plantear tareas pendientes dentro de un marco con restricciones fijas para el cumplimiento puntual de objetivos.
- Asignar un orden específico al cumplimiento de tareas para el logro de un objetivo.
- Proporcionar una visión global sobre el progreso académico del estudiante.
- Disminuir carga horaria diaria del estudiante en fechas límites.

4. Marco Teórico

4.1 Motivación y autorregulación

Se han realizado numerosos aportes desde el área de la Psicología en donde existen diferentes enfoques centrados en factores como la impulsividad, el neuroticismo y los estados conscientes [4] y regulación de las emociones [5]

Steel, P. (2007) en su libro *The Nature of Procrastination* establece la relación entre el bajo nivel de conciencia o fallo de autorregulación con 4 variables: distracción, mala organización, baja motivación de logro y una brecha de intención-acción [1]. A su vez, Sirosis y Pychyl(2013) notaron un patrón cíclico en el fenómeno [6]. Es decir, la procrastinación

causa más procrastinación, como estrategia de regulación de humor. El conflicto entre la satisfacción instantánea y la posibilidad de una a largo plazo puede ser expresada por la fórmula descrita en la teoría de la motivación [7]

$$Motivacion = \frac{Expectativa * Valor}{1 + impulsividad * Dilacion} \quad (1)$$

Donde Motivación es el deseo de un resultado en particular. Expectativa es la probabilidad de éxito. Valor es la recompensa asociada con el resultado. Impulsividad es la sensibilidad a la dilación y Dilación es el tiempo de realización.

4.2 Genética

En lo que respecta a este trabajo, los conceptos altamente subjetivos serán tratados como variables pero no se profundizará sobre su razón de ser ya que excedería el alcance del modelo matemático. Este es el caso de los estudios realizados sobre el comportamiento genético [8] que, si bien resultan prometedores, los mismos conllevan un alto grado de dificultad como para usarlos de parámetro.

4.3 Necesidades

En el presente estudio se tomarán como restricciones el cumplimiento de las necesidades presentes en la teoría de la motivación de Maslow [9] como factores claves la procrastinación. La pirámide de Maslow será utilizada como base para modelar las restricciones que sean producto de satisfacer algún tipo de necesidad.

Figura 1[10]



4.3.1 Necesidades fisiológicas

4.3.1.1 Descanso

Existen estudios [11] que establecen la relación entre la calidad y cantidad de sueño y múltiples efectos en la vida de un estudiante: aumento de la somnolencia diurna, alteración del estado de ánimo, deficiencias neurocognitivas y cambios de comportamiento, los cuales sobrepasan al beneficio de unas horas extras de trabajo. Lo aconsejado por la National Sleep Foundation es dormir entre 7 y 9 horas [12].

4.3.1.2 Alimentación

Además de su función vital, la buena alimentación juega un rol importante en cuanto al desempeño académico [13]. Se deberá ceder por lo menos 30 minutos para cada una de las cuatro comidas: desayuno, almuerzo, merienda y cena.

4.3.2 Necesidades de seguridad

La necesidad de vivienda y empleo se encuentran estrechamente ligadas al poder adquisitivo de la unidad familiar del estudiante y, si trabajase, a su decisión de cuánto tiempo invertir en un trabajo.

La percepción de las dos terceras partes de los estudiantes universitarios que trabajan, es que su ocupación laboral les reduce el tiempo disponible para las actividades académicas y personales y afecta negativamente en su rendimiento académico [14].

4.3.3 Necesidades sociales

Se satisfacen mediante la realización de actividades deportivas, culturales, y recreativas. Las mismas pueden ocupar un intervalo fijo o dinámico en el modelo personal del estudiante. Este tipo de necesidad no solo es vital para la salud mental sino que las relaciones sociales podrían contribuir al desarrollo profesional en la carrera del estudiante.

4.3.4 Necesidades de Autoestima y Auto-realización

Al ser de naturaleza altamente subjetiva e influenciadas por estigmas sociales, son las necesidades que más tienden a postergarse. La motivación original de esta investigación es poder integrar este tipo de actividades a la agenda del estudiante universitario junto con las otras necesidades.

4.4 Carrera universitaria y proyectos industriales

Es notoria la similitud entre proyecto y carrera universitaria. Un proyecto se puede definir como un conjunto de actividades realizadas para el cumplimiento de un objetivo. Los mismos son únicos e irrepetibles y están cargados de incertidumbre. La carrera universitaria cuenta con todos esos componentes y su unicidad deriva de la naturaleza caótica de las personas.

4.5 Objetivos impuestos y auto-propuestos

El sujeto de estudio es el estudiante universitario. La característica clave que posee es su meta: la obtención de su título universitario. Para lograr su objetivo, el estudiante debe cumplir con determinadas condiciones a las que llamaremos sub-objetivos. Asistir a clases, aprobar parciales, entregar trabajos prácticos, aprobar finales, son ejemplos de sub-objetivos. A su vez, existen actividades que no son estrictamente necesarias para el cumplimiento del objetivo pero otorgan un valor agregado al que se denominará objetivos opcionales (por ejemplo: actividades extra-académicas, grupos de estudio y cursos).

Se considerará tarea a toda actividad que sirva a un objetivo impuesto o auto-impuesto. Las mismas se caracterizan por tener una prioridad y requerir cierto grado de esfuerzo.

5. Elementos del Trabajo y Metodología

Una vez establecidos los componentes claves en la gestión de tiempo universitario se procederá a la exploración y adecuación de

herramientas utilizadas en la industria para establecer medidas de regulación en la rutina del estudiante.

5.1 Definición de objetivos y tareas

El primer paso para el cumplimiento de un objetivo es su definición. Los principales criterios a tener en cuenta son:

- Una declaración de objetivos debe ser específica
- Los objetivos deben ser mensurables
- En el caso de que el objetivo sea no cuantificable, debe utilizarse una prueba cualitativa
- Deben ser comprensibles
- Deben estar limitados en el tiempo
- Se debe especificar un único resultado final

Todo objetivo deberá ser sometido a un análisis estratégico para determinar si el proyecto satisface una necesidad legítima y si proporciona un beneficio apropiado para la inversión de tiempo. La declaración explícita sobre la finalidad ayuda a realizar este análisis y a purgar actividades que no satisfagan necesidad alguna.

5.2 Restricciones fijas y dinámicas

Adaptando las necesidades fisiológicas y de seguridad a la disposición de asignaturas del estudiante como restricciones fijas, se apunta a buscar la mejor forma de distribuir el tiempo necesario para cada tarea en la rutina semanal para lograr disminuir la carga diaria aumentando así el tiempo ocioso.

Son consideradas restricciones fijas:

- Las horas de sueño
- Las comidas del día
- Las horas de cursado
- Las horas laborales

Son consideradas restricciones dinámicas:

- Eventos sociales
- Proyectos personales

5.3 Desagregación de tareas y planificación de descansos

A diferencia de las máquinas, al humano se le dificulta trabajar en una tarea de forma continua en un intervalo de tiempo prolongado. Los descansos entre periodos de trabajo son indispensable para mantener la motivación y el rendimiento ante la realización de una tarea.

5.1.1 Técnica pomodoro para la descomposición de tareas

Una manera simple de desagregar tareas en intervalos fijos de tiempo es utilizando la técnica pomodoro [15]. Consiste en establecer las tareas que se requieran realizar en el día. Una vez planteadas se divide el esfuerzo en intervalos fijos a los que se denomina pomodoros de 25 minutos de duración y 5 de descanso. Durante esos 25 minutos se deben dejar de lado todas las distracciones y no dejar que nada interfiera en el trabajo. Un gran beneficio del método es la capacidad de aprovechar intervalos cortos de tiempo teniendo en cuenta el descanso necesario. Por lo que se adapta a la mayor parte de los esquemas diarios de los estudiantes. Esta disciplina es una de las más recomendadas por su sencillez de aplicación y muchas personas se han reportado beneficiadas. Esto demuestra cómo con una pequeña ayuda en la planificación (en este caso un simple cronómetro) permite a los individuos conseguir aumentar su productividad considerando intervalos ociosos.

5.2 Estimación de tiempo de objetivos

Queda claro que para el cumplimiento de cada objetivo se necesitan de tareas que requieran cierto tiempo para su concreción. Una de las mayores complicaciones es que la duración de cada tarea variará entre objetivo y entre cada sujeto que la realice. En la gestión de proyectos se han desarrollado diversas herramientas para obtener la estimación de tiempo de una actividad lo más precisamente posible. A continuación se las enumera y se analiza su viabilidad en el caso de estudio.

5.3.1 Juicio de expertos

En tareas donde no haya registro histórico previo del sujeto en cuestión, la estimación de tiempo puede ser basada en experiencia de personas en proyectos similares que aporten información sobre la duración de las actividades. Para un estudiante universitario el conocimiento de los tiempos de otras personas que ya completaron las actividades se encuentra mayormente accesible. Se podrá tomar el promedio de los tiempos de otros estudiantes como estimación base. El principal inconveniente con este método proviene de la inconsistencia de los datos dada a su naturaleza subjetiva. Es decir que los datos de las otras personas no garantizan estimar correctamente el tiempo requerido del sujeto de estudio en cuestión.

5.3.2 Estimación análoga

Esta herramienta es utilizada cuando se han realizado proyectos análogos o similares, Utiliza los parámetros de los proyectos anteriores para hacer la estimación actual. Suele complementarse con juicio de expertos. Esta técnica se adapta mejor al estudiante de manera más personal ya que tendrá en cuenta sus propios tiempos y no solo los de otros.

5.3 Regla de la razón crítica aplicada al orden de tareas

Ante la necesidad de alcanzar varios objetivos para llegar a otro, resulta útil establecer un orden de prioridades. Si bien las personas son capaces de analizar numerosas variables para elegir el mejor camino de acción, seguir este tipo de corazonada puede dar lugar a conflictos cuando dos tareas aparentan poseer el mismo grado de prioridad. Ante este problema el método de la razón crítica permite optar por un orden claramente definido de tareas teniendo solo en cuenta la el tiempo que falta para la entrega y el tiempo de proceso de trabajo.

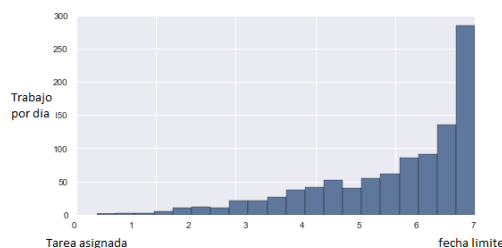
En el caso de estudiantes universitarios, cuando obtengan las fechas de los parciales, la regla de razón crítica podrá ser implementada para asignar el orden de estudio de cada asignatura estimando el tiempo requerido para cada una.

$$CR = \frac{\text{Tiempo que falta para la entrega}}{\text{Tiempo de proceso del trabajo}} \quad (2)$$

5.4 Asignación de días al calendario

Teniendo en cuenta las restricciones fijas del estudiante, estimado el tiempo de la duración de las actividades y asignado el orden de cumplimiento, es hora de plasmar las actividades en el calendario. La relación entre el trabajo por día y el tiempo de un procrastinador presenta una gráfica similar a una función exponencial creciente como la que puede verse en el siguiente gráfico.

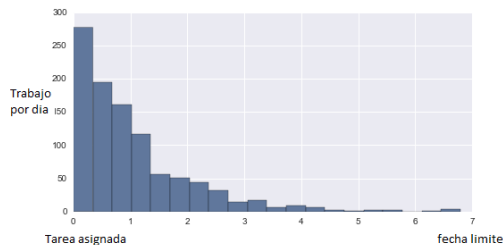
Figura 2



En la cara opuesta de este comportamiento se encuentra la proactividad, la cual otorga be-

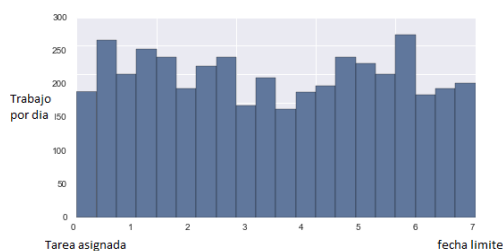
neficios al tener tiempo más relajado a largo plazo pero aún así las actividades se encuentran concentradas en un estado inicial lo que provoca otro tipo de problemas

Figura 3



Lo ideal para lograr una asignación de tareas con el mayor tiempo ocioso diario sería una distribución que siga una función constante. Donde una vez conocidas las limitaciones individuales se pueda asignar las tareas de forma que el esfuerzo diario sea lo más uniforme posible

Figura 4



Inspirado por el comportamiento de los fluidos en vasos comunicantes, para lograr una distribución uniforme diaria con la mayor holgura posible se tomará en cuenta a cada día como un recipiente. La capacidad será determinada por el tiempo disponible tras restar el tiempo requerido en las restricciones fijas, la altura dependerá de la cantidad de días disponible y las otras actividades a realizar, tratando de mantener constante la cantidad de esfuerzo diario.

5.5 Ejecución y control del plan

Una vez definido el plan se procederá a la ejecución del mismo. Luego de cada intervalo de tiempo (si se sigue estrictamente la técnica pomodoro será cada 25 minutos) re-

gistrarán los tiempos reales que llevó realizar cada actividad, los inconvenientes que la hayan prolongado y los factores que lograron realizarla de manera más rápida. Estos tiempos y factores registrados servirán como futura referencia a la hora de estimar la duración de tiempos permitiendo así la mejora continua del estudiante.

6. Conclusión y Trabajos Futuros

La procrastinación tiene un gran impacto tanto individualmente como en la industria a corto y largo plazo. Al analizar los principales factores que llevan a dilatar la puesta en acción de las tareas necesarias para el cumplimiento de sus objetivos se ha detectado que, si bien las mayor parte de las causas son de origen psicológico, con una mejor definición del alcance de cada objetivo se lograría una mejora en la motivación y en la optimización de proyectos. Partiendo de las necesidades de los estudiantes, se ha notado que estos se encuentran altamente restringidos por el tiempo para el cumplimiento de sus metas. La falta de continuidad en las tareas de su rutina genera bloques de tiempo corto que son mayormente desperdiciados. Formas de gestionar el tiempo como la Técnica Pomodoro permiten el aprovechamiento de este tipo de intervalos. En cuanto a la secuenciación de tareas, cuando las prioridades resultan ambiguas es útil contar con un criterio concreto que establezca orden. La estimación de tiempos nunca va a ser del todo precisa pero ésta puede ir mejorando a medida que se registre la duración real de cada actividad y los factores que influyen en su fluidez. El paralelismo entre las carreras universitarias y los proyectos permite la implementación de herramientas y técnicas desarrolladas a lo largo de los años en áreas como la investigación operativa para lograr una mejora en eficiencia y calidad en el cumplimiento de objetivos. La ventaja de este enfoque es que podrá escalar a otras áreas fuera del ámbito académico. En adición, al basarse en modelos matemáticos, se podrán sentar fácilmente las bases para un sistema automatizado que realice los cálcu-

los y estimaciones de forma más rápida. Y a gran escala podría formarse una red que se alimente de las experiencias de los usuarios para lograr mejores estimaciones y recomendaciones de qué factores influyen la realización de un objetivo.

Referencias

- [1] Steel, Piers. "The nature of procrastination: A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure." *Psychological bulletin* 133.1 (2007): 65.
- [2] Raza, Usman. "How Technology Has Caused Us to Procrastinate More Than Ever." (2016)
- [3] Fiegehen, L. E. Repitencia y deserción universitaria en América Latina." presentado en el Seminario de Educación Superior de América Latina y el Caribe. Capítulo 11 (2005).
- [4] Schouwenburg, Henri C., and Clarry H. Lay. "Trait procrastination and the big-five factors of personality." *Personality and Individual Differences* 18.4 (1995): 481-490.
- [5] Tice, Dianne M., Ellen Bratslavsky, and Roy F. Baumeister. "Emotional distress regulation takes precedence over impulse control: If you feel bad, do it!" *Self-Regulation and Self-Control*. Routledge, 2018. 275-306.
- [6] Sirois, Fuschia, and Timothy Pychyl. "Procrastination and the priority of short-term mood regulation: Consequences for future self." *Social and Personality Psychology Compass* 7.2 (2013): 115-127.
- [7] Steel, Piers, and Cornelius J. König. "Integrating theories of motivation." *Academy of management review* 31.4 (2006): 889-913.
- [8] Loehlin, John C., and Nicholas G. Martin. "The genetic correlation between procrastination and impulsivity." *Twin Research and Human Genetics* 17.6 (2014): 512-515.
- [9] Maslow, Abraham, and Para Abraham Maslow. "La Motivación." *Trabajo* 23 (2015): 06.
- [10] Arranz, Ainhoa "piramide de Maslow: Qué es y sus aplicaciones practicas"
- [11] Curcio, Giuseppe, Michele Ferrara, and Luigi De Gennaro. "Sleep loss, learning capacity and academic performance." *Sleep medicine reviews* 10.5 (2006): 323-337
- [12] Hirshkowitz, Max, et al. "National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary." *Sleep Health* 1.1 (2015): 40-43.
- [13] Troncoso, Claudia, Carlos Doepking, and Eduardo Silva. "¿ Es importante la alimentación para los estudiantes universitarios?." *Medwave* 11.05 (2011).
- [14] Carrillo Regalado, Salvador, and Jesús Gerardo Ríos Almodóvar. "Trabajo y rendimiento escolar de los estudiantes universitarios. El caso de la Universidad de Guadalajara, México." *Revista de la educación superior* 42.166 (2013): 09-34.
- [15] Cirillo, Francesco. "The pomodoro technique (the pomodoro)." *Agile Processes in Software Engineering and* 54.2 (2006).

Referencias

UAICase: Arquitectura diseñada para dar una solución ubicua colaborativa

Flores Fanelli, Francisco Andrés; Battaglia, Nicolas; Neil, Carlos

Universidad Abierta Interamericana

Facultad de Tecnología Informática

CAETI – Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática

Buenos Aires, Argentina

francisco.floresfanelli@gmail.com; nicolas.battaglia@uai.edu.ar;

carlos.neil@uai.edu.ar

Resumen

En este trabajo se muestra una arquitectura de software pensada para soluciones ubicuas colaborativas, utilizando como ejemplo el software UAICase.

Este se encuentra integrado múltiples módulos los cuales trabajan en conjunto para lograr la capacidad de una aplicación ubicua, es decir, una aplicación a la cual se puede acceder desde múltiples dispositivos, contando con la capacidad de realizar diagramas UML de modo colaborativo.

Estos diagramas pueden ser evaluados por el docente a cargo de la materia en tiempo real e incluso, ser autoevaluados por los alumnos. Dando la posibilidad de una comunicación fluida entre estos, acelerando y ayudando al proceso de aprendizaje.

Por lo tanto, gracias a estas características, se elimina la necesidad de que el contacto con el profesor sea meramente presencial y solo dentro de los horarios de cursada.

Palabras Clave: Ubicuidad, Colaboración, Servicios, Aprendizaje, WebSockets, Microservicios.

Introducción

Actualmente la necesidad que se tienen de obtener información, desde donde sea y como sea, tanto forma física o digital nos ha llevado a desarrollar tecnologías que nos permita satisfacer este requerimiento.

Gracias a la disponibilidad de las interfaces electrónicas que se encuentran presentes en

nuestra vida diaria, ya sean celulares, computadoras, relojes inteligentes, etc., es posible acceder a esta prácticamente al instante.

Por lo tanto, los dispositivos digitales al estar interconectados, cuentan con la posibilidad de comunicar a múltiples personas, y que estas puedan acceder a la misma fuente o información de manera concurrente.

Teniendo esta habilidad, estos pueden dar lugar a la generación de un entorno colaborativo, en el cual todos pueden compartir sus conocimientos, así como aprender de otros mediante la ayuda mutua. Planteando esta situación, las soluciones informáticas y sistemas de información que se utilizaran deberán plantearse en un contexto diseñado para tal fin y apoyarse en una arquitectura que permita acceder a la información de forma ubicua.

Tal como se indica [1] las soluciones software que sean diseñadas para ser utilizadas de forma colaborativa y requieran acceso ubicuo (UCSCL) [4] o, de forma más específica, aquellas que sean destinadas para utilizar en alguna área de conocimiento específico, como por ejemplo el modelado de software en la educación (UCASE-CL) [5].

Esto no será solo acceso concurrente y en tiempo real para compartir recursos, sino que debe ser un diseño el cual permita que la solución sea independiente de la plataforma para que pueda accederse de forma ubicua.

Esto aplicaría tanto como para una computadora personal como un dispositivo móvil, permitiendo que los usuarios de ambas tecnologías puedan colaborar en un mismo proceso de forma simultánea si así lo desean.

Ubicuidad

El concepto de ubicuidad se refiere a la capacidad de estar en todo momento y en todo lugar.

Para la computación ubicua, término acuñado por Mark Weiser [2], la cual comprende a todos aquellos servicios que permitan al usuario interactuar con los sistemas digitales mediante interfaces naturales.

A esta se la puede definir con los siguientes cuatro principios:

- El propósito de un dispositivo informático es ayudarnos en hacer algo.
- El mejor dispositivo es aquel el que pasa desapercibido.
- Los dispositivos deben extender tu inconsciente.
- La tecnología tiene que aportar calma y bienestar.

Tecnología Colaborativa

Las tecnologías colaborativas se caracterizan por adquirir, distribuir y utilizar la información que generan a partir de la transformación de datos.

Estas permiten el intercambio de información necesaria entre distintas organizaciones, personas o departamentos.

La necesidad de compartir este saber va más allá de las necesidades individuales, aprovechando las facilidades que brinda esta tecnología.

Esta genera ciertos beneficios:

- Facilitan la comunicación.
- Se pueden compartir conocimientos, resolver dudas, realizar tareas de forma virtual.
- Ayudan a desarrollar el pensamiento crítico.
- Permiten una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación.
- Cada integrante/participante de la actividad será actor principal así también como espectador.
- Un ambiente que fomenta el intercambio de comentarios o ideas, generando una realimentación inmediata entre los participantes.

UAICase fue diseñado para utilizar **WebSockets** en el aspecto colaborativo, estas tecnologías proporcionan un canal de comunicación bidireccional, o full-duplex, sobre un único socket TCP, manteniendo esta conexión por tiempo indeterminado.

Sistemas Orientados a Servicios

La arquitectura orientada a servicios o SOA, es un marco de trabajo conceptual que establece una estructura de diseño para la integración de aplicaciones o servicios.

También se podría decir que es un concepto que define la utilización de servicio para dar soporte a ciertos requisitos del negocio.

Permitiendo crear sistemas altamente escalables los cuales pueden impulsar el rendimiento, que al mismo tiempo pueden ayudar a reducir los costos, así mejorando la flexibilidad de los procesos de negocio.

Las razones del requerimiento de una arquitectura SOA fueron:

- Integración entre aplicaciones y plataformas es complicada.
- Existencia de sistemas heterogéneos, es decir, diferentes tecnologías.
- Existencia de múltiples soluciones de integración, independientes y ajenas unas de otras.

Esta arquitectura plantea:

- Una arquitectura de desarrollo orientada a servicios.
- Basada en un “bus común estándar de mensajería”.
- Debe ser estándar entre todas las plataformas a utilizar.
- Interoperabilidad entre servicios.
- Basado en especificación estándar a nivel de protocolos.

SOA hace hincapié en que los sistemas se construyen basándose en un conjunto de servicios autónomos. Un “servicio” es simplemente un programa con el cual uno interactúa con éste mediante mensajes, por lo tanto, un conjunto de servicios se lo puede llamar sistema.

Actualmente existen dos tendencias de arquitectura en cuanto a servicios Web:

- SOAP (Simple Object Access Protocol), intercambio por medio de datos XML.
- REST (Representational State Transfer), servicios RESTful.

Los ambientes ubicuos también tienen su representación en Arquitecturas Orientadas a Servicios.

Montejano y Testa explican en su trabajo [3], que en un modelo en donde la coordinación y administración de dispositivos ubicuos en ambientes pervasivos se pueden atacar utilizando esta arquitectura.

UAICase SOA

La arquitectura SOA puede ser implementada por la arquitectura propuestas por REST [12], al igual que los entornos ubicuos posee de forma natural un acceso orientado a recursos URI (Identificador de recursos uniforme). Gracias a esto se puede implementar de manera sencilla en forma de servicios y

aplicaciones que pueden ser utilizadas por medio de cualquier dispositivo con la capacidad de utilizar un cliente que entienda la semántica propuesta por HTTP [1].

Al diseñar UAICase se decidió utilizar esta opción de SOA, ya que, al día de hoy una gran mayoría de los dispositivos de uso diario, ya sean computadoras, celulares, tablets cuentan con un explorador web por default, y todos son compatibles con el protocolo HTTP.

La aplicación utiliza un modelo distribuido con una arquitectura de Cliente-Servidor, de esta manera todos los servicios se desarrollaron para estar alojados en un servidor para ser consumidos por los clientes WEB.

Arquitectura Ubicua Colaborativa UAICase

Como antes ya fue mencionado, la arquitectura utilizada para diseñar UAICase fue la de Cliente-Servidor, por lo tanto, cada usuario (Cliente) podrá acceder a la aplicación y comunicarse con el servidor desde su explorador web, al estar basada en un estándar (HTTP) cuenta con compatibilidad con la mayoría de los exploradores del mercado.

Los distintos módulos del sistema están siendo alojados utilizando Bluemix [6] y la capa subyacente para computación en la nube (Cloud Computing) denominado Softlayer [7] provista por IBM en el marco del acuerdo con UAI, obtenido para implementar el proyecto UAICase utilizando esta infraestructura. Esto lo podemos comprobar por medio del diagrama de la **Figura 1** el cual representa la arquitectura completa del sistema

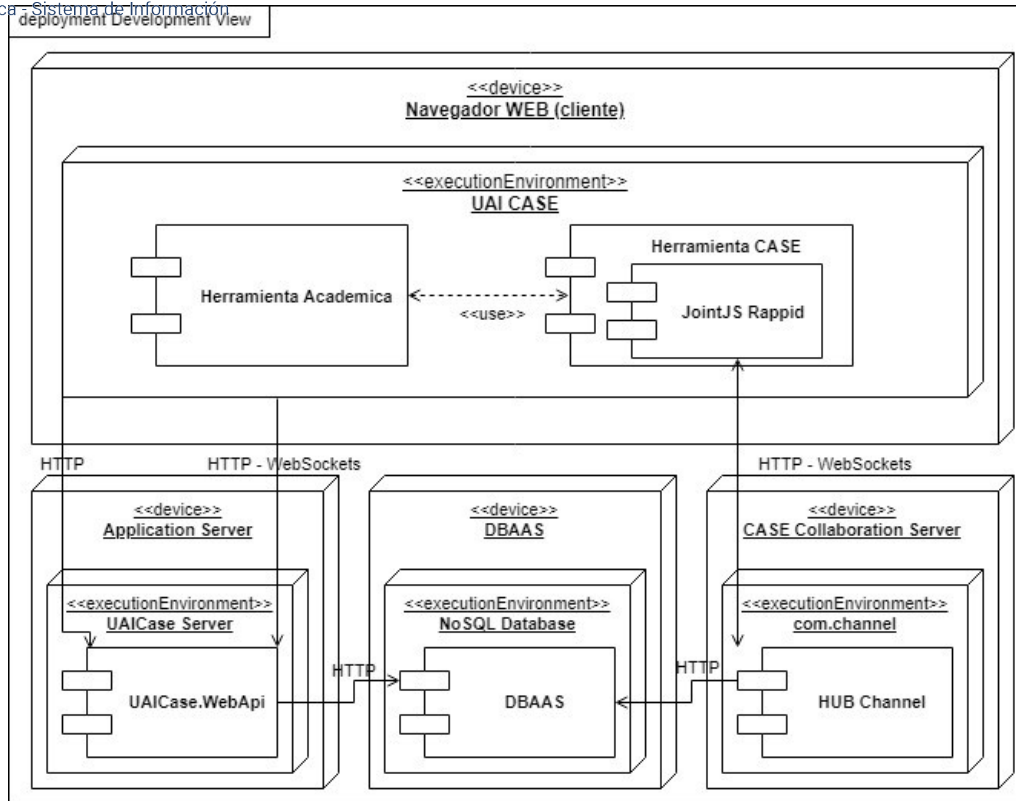


Fig 1. Modelo de componentes

- Navegador WEB**, este se encargará de mostrar la interfaz de usuario en cada dispositivo, es decir lo que ve el usuario y percibe cómo el sistema en sí. Este módulo completo comprende al Cliente.
- Application Server (API)**, este tiene como objetivo el manejo de la mayoría de las funciones del sistema, ya sea el manejo de permisos, acciones de CRUD, además se encarga de manejar los pedidos que vienen desde el lado del cliente. Estos llegan a modo de Request HTTP (solicitud/mensajes) al servidor y este regresa una respuesta.
- DBAAS**, encargado del almacenamiento de datos del sistema, realizados en una base de datos no NoSQL, es decir orientada a documentos.
 Se decidió utilizar este tipo de BD para tener en cuenta más que nada la velocidad de respuesta ya que es necesario una respuesta inmediata al realizar un sistema de acceso en tiempo real. Un servicio de BD NoSql alternativo a DBASS, es mongoDB ya que con muy pocas configuraciones se lo puede tener funcionando en cualquier servidor, ya que al ser un servicio liviano no necesita de grandes requerimientos.
- CASE Collaboration Server**, este módulo se encarga de la sincronización de los modelos UML, mientras los múltiples usuarios están conectados. Por lo tanto, este es uno de los módulos más importante ya que es el que se encarga de compartir en tiempo real los modelos entre los usuarios (**ubicuidad**), generando ese ambiente buscado de **colaboración** entre estos.

Seguridad en sistemas ubicuos

Dos aspectos bastante importantes deben tomarse en cuenta al momento de implementar el acceso a sistemas ubicuos, son la autenticación y la autorización.

Una de las características más importantes de la arquitectura REST es que no cuenta con un estado, esto quiere decir que no guarda las sesiones de los usuarios que se conectaron, sino que en cada solicitud que recibe de los clientes esta información viene con esta. Por lo tanto, cada vez que un usuario quiera acceder a algún recurso de la aplicación (URI) incluirá dentro del mensaje sus datos de acceso, ya sea una clave como un dato cifrado.

Autenticación: Esta se refiere a comprobar si el usuario existe dentro del sistema, es decir si cuenta con usuario y contraseña, y si cuenta con los permisos necesarios. En UAICase además de realizar la acción de validar efectivamente que el usuario cuenta con credenciales, se le otorga a cada usuario una componente léxico o TOKEN generada por el servidor con tiempo de expiración. Este servirá para futuros acceso.

Autorización: Este aspecto está ligado a validar si el usuario tiene los permisos necesarios para realizar una acción. Esto se realiza por cada petición que llega del cliente al servidor.

Para lograr implementar estos conceptos en UAICase se utiliza un estándar abierto con el nombre de JWT (Json Web Token) [9], este contiene toda la información requerida de un usuario sin la necesidad de volver a requerir una nueva petición a la BD. Es decir, que al ser compacta y autocontenida, puede almacenar todo lo requerido para agregarlo en cada petición (header request) al sistema, siendo suficiente para que esta puede aprobar como rechazarla, esto significa que puede dar o no acceso a la petición del usuario dependiendo lo que este contenga y como sea validado en la API [11].

Trabajo colaborativo entre los usuarios

Para lograr crear realmente un ambiente en el que todos los usuarios puedan conectarse, sin importar su ubicación, permitiendo una interacción entre estos en tiempo real, es decir, que todos puedan ver lo que está pasando y lo que están haciendo los demás usuarios sin la necesidad de esperar una respuesta.

Por lo tanto, se decidió la utilización de SignalR [8], el cual es framework/librería que proporciona websockets para la comunicación entre clientes/servidor. Para esto se creó un punto de acceso común (HUB) al cual los clientes (Exploradores WEB) se conectan, y mediante estas recibirán los datos relacionados con el entorno en donde se está realizando la actividad.

Entornos colaborativos dentro de UAICase

La aplicación cuenta con varios espacios lo cuales pueden colaborar a generar un entorno adecuado para el trabajo colaborativo, ya sea entre alumnos como con los docentes.

- **Espacios de trabajo para grupos de alumnos:** La herramienta dispone de un listado de “Grupos Activos”, esto le permite al docente saber quiénes conforman sus materias, todas sus actividades dentro de la aplicación, además de conocer los documentos que modificó.

Esto permite llevar un control más personalizado de cada alumno por parte del docente, ya que al saber que actividades ha realizado puede hacer hincapié en las que no ha realizado o en las que debe hacer para poder ser evaluado.

Dentro de este “módulo” se puede además iniciar conversaciones tanto los docentes como los alumnos en la

Sección de Chat ayudando a mantener una comunicación más fluida.

- **Espacio de trabajo para grupos docentes:** Al igual que los alumnos, los docentes cuentan con un espacio para interactuar, realizar actividades de control y llevar un seguimiento de cada una de las materias que le corresponde.
- **Espacio de trabajo para un curso:** Sección en la que el alumno verá en qué cursos él se encuentra activo, con cronogramas de cursada, además de tener acceso a todo el material que el docente provea, y pueda estar pendiente de las actividades que puedan realizarse con la herramienta colaborativa.
- **Sesiones de Chat:** Esta particular herramienta contribuye a la comunicación entre el alumno y el profesor, y se encuentra disponible en todos los entornos anteriormente mencionados.
- **Herramienta Case:** Diseñada para llevar la principal actividad de la herramienta. Diseñada para el ambiente Online. Permitiendo el modelado UML, donde se permite el trabajo colaborativo, ya sea entre alumnos como con el docente, posee un espacio de evaluación pedagógica.

Las actividades colaborativas con las que UAICase cuenta son:

- Modelado UML colaborativo libre: Cada usuario puede realizar diagramas de manera individual y modificarlo a placer.
- Modelado UML colaborativo coordinado: Múltiples usuarios conectados podrán modificar y visualizar diagramas en línea. Así como

también el docente podrá hacer las observaciones necesarias para guiar al grupo.

- Evaluación colaborativa de modelos UML.

Extensión con Microservicios

El paradigma de la arquitectura SOA, nos permite desarrollar sistemas distribuidos, por lo tanto, nos ofrece flexibilidad y facilidad en la integración de funciones en nuestros proyectos. Esto fue aplicado a la arquitectura de UAICase, permitiendo encapsular funciones específicas en componentes separados, es por eso que también se le podría aplicar el estilo de arquitectura de microservicios, a lo que estaríamos pensando en una arquitectura totalmente desacoplada, es decir cada servicio serio independiente del otro.

Podemos llegar a hacer una aproximación de un modelo orientado a microservicios respetando la arquitectura actual de componentes, **Figura 2**.

En la arquitectura actual ya se encuentran separados en componentes varios elementos de la API, pero al pensarlos como microservicios independientes, se los puede separar aún más.

El módulo colaborativo podría tener la necesidad de manejar muchas conexiones concurrentes lo cual impediría que este funcione con fluidez, por lo que podríamos agregar un servicio de manejo de carga.

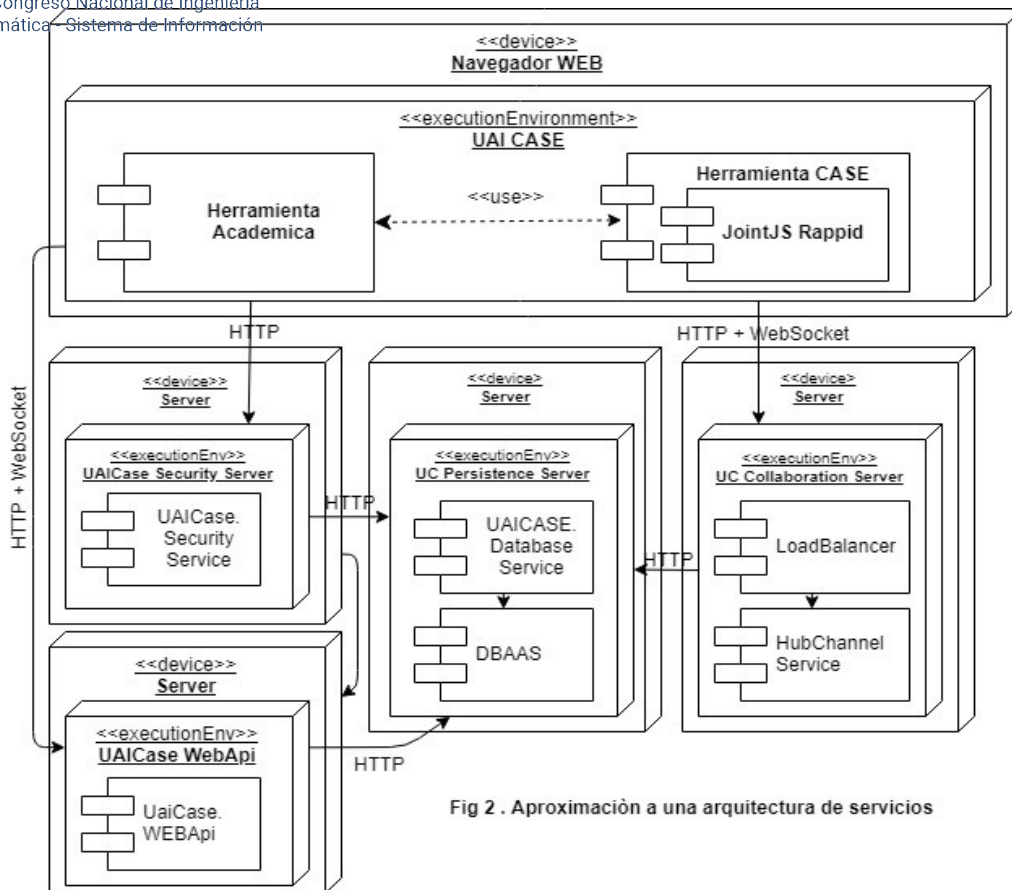


Fig 2 . Aproximación a una arquitectura de servicios

No estaríamos utilizando el HUB de conexiones como un solo módulo sino como ahora como micro servicios, permitiendo que el manejador de carga pueda validar muchas más conexiones en paralelo.

Otra buena práctica sería dividir la sección de seguridad de la Api en otro servicio separado, de esta forma este componente solo se encargaría de las tareas pertenecientes al manejo de alumnos, cursos y profesores.

Y por último se debería poder manejar el servicio de persistencia de manera independiente, permitiendo que pueda existir mas de un servicio de base datos.

Extendiendo esta funcionalidad, podría existir un servicio que se encargue de la persistencia relativa a errores, otra a datos, y otro a diagramas, estos trabajando de forma totalmente independiente, pero al mismo tiempo comunicados entre sí.

Como todos los servicios trabajan de manera independiente, no es necesario que se conozcan entre sí, solo necesitan conocer sus interfaces en caso de requerir de otro.

Conclusión y Futuros Proyectos

Como hemos visto, y probablemente muchos han experimentado, es que en entornos en los cuales uno puede opinar sin problemas, pero al mismo tiempo aceptar las opiniones de los demás, el conocimiento colectivo se encuentra enriquecido, logrando que cada individuo pueda llevarse algo más que solo una idea, sino un aprendizaje. Además, gracias a el avance de las tecnologías actuales, la cual ha logrado insertarse dentro de nuestra vida diaria, y hasta incluso pasar desapercibida, han logrado mantenernos conectados con todo y todos, propiciando estos ambientes colaborativos.

UACase pretende lograr generar este ambiente al hacer disponible esta conexión entre los alumnos y los profesores, haciéndola más fácil de lograr por medio de los entornos propuestos, en los que no necesariamente tienen que ser el aula.

Permitiendo que incluso sea conectado desde el celular, no solo con la posibilidad de ver los diagramas sino también en la posibilidad de modificarlos, sabiendo que el docente podrá ver su actividad y podrá evaluar, al mismo tiempo que podrá comunicarse con este para resolver dudas.

Pero no solo tendrá una comunicación directa con el docente, sino que también con sus demás compañeros, ayudándose mutuamente.

Esto permite propiciar un ambiente colectivo de conocimientos, participando y colaborando entre todos, haciendo más ameno el proceso de evaluación tanto para el docente como para el o los alumnos.

Como hemos visto que en la arquitectura SOA utiliza estándares ya probados y con funcionalidad comprobada, este se puede adaptar a prácticamente cualquier dispositivo.

En resumen, mientras tengamos un cliente el cual puede interpretar solicitudes HTTP podremos implementar esta arquitectura.

Dados los temas expuestos es trabajo se propone abordar en un futuro:

- Posible desarrollo de aplicaciones móviles propietarias. Esto sería el poder agregar al modelo general un módulo de móviles, ya sea android, ios, etc. Esto no solo se aplicaría a celulares sino también tablets.

Referencias

[1] Nicolas Battaglia. Integración de una Herramienta CASE en un Entorno Académico Colaborativo para la Enseñanza de Ingeniería de Software.

[3] Germán Montejano; Oscar Testa; Rubén Pizarro; Darío Segovia; Oscar Dieste; Efrain

Fonseca. Aplicación de principios SOA para la composición de servicios en ambientes ubicuos.

[2] M Weiser. ACM Conference on Computer Science, 1994 - archive.teachfind.com

[4] Coto, M., Collazos, C. A., & Rivera, S. M. (2016). Modelo Colaborativo y Ubicuo para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje a nivel Iberoamericano. Revista de Educación a Distancia, (48)

[5] UCASE - CL: aprendizaje colaborativo de la ingeniería de software en entornos virtuales ubicuos. Battaglia, Nicolás | Neil, Carlos | De Vincenzi, Marcelo | Martínez, Roxana | González, Dana

[6] IBM Bluemix - Infraestructura de cloud, servicios de plataforma, Watson y más soluciones PaaS. (2017). Ibm.com. Retrieved 8 February 2017, from <https://www.ibm.com/cloud-computing/bluemix/es>

[7] SoftLayer | Cloud Servers, Storage, Big Data, & More IAAS Solutions. (2017). Softlayer.com. Retrieved 9 February 2017, from <http://www.softlayer.com/es>

[8] signalr.net. (2017). Incredibly simple real-time web for .NET. [online] Available at: <http://signalr.net/> [Accessed 1 Feb. 2017].

[9] Neil C, De Vincenzi M, Battaglia. N, Martínez. R (2016). Herramientas Colaborativas Multiplataforma en la Enseñanza de la Ingeniería de Software.

[10] RedHat. ¿Qué son los microservicios? <https://www.redhat.com/es/topics/microservices>

[10b] OpenWebinars. Qué son los microservicios y ejemplos reales de uso. <https://openwebinars.net/blog/microservicios-que-son/>

[11] Que es una API y para qué sirve. ABC. <https://www.abc.es/tecnologia/consultorio/20150216/abci--201502132105.html>

[12] API REST. ¿Qué es y cuáles son sus ventajas? <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/api-rest-que-es-y-cuales-son-sus-ventajas-en-el-desarrollo-de-proyectos>

Reducción de errores en la lectura de una señal de onda cuadrada por software mediante GPIO en GNU/Linux

Lanzillotta, Franco

Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería

Abstract

Este trabajo surge ante la necesidad de realizar la lectura de un mensaje que se transmite en una señal de onda cuadrada en la que no se utiliza un protocolo de comunicación estandarizado. Con el objetivo de reducir significativamente los costos, se evaluó la posibilidad de llevar a cabo la lectura enteramente por software, utilizando únicamente una Raspberry Pi 3 como dispositivo de destino, evitando el uso de cualquier hardware dedicado. Luego de elaborar una primera versión, se la sometió a pruebas para determinar su desempeño. Con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos, se realizaron diversas optimizaciones tanto en el código como en el sistema operativo instalado en la placa.

Palabras Clave

Señales, Raspberry Pi, optimización, sistema operativo, tiempo real.

Introducción

Llevar a cabo la lectura de un mensaje que se transmite de un dispositivo a otro a través de una señal de onda cuadrada puede no ser una tarea simple cuando no se utiliza un protocolo de comunicación estandarizado. Si bien este problema puede resolverse a través de hardware dedicado, su utilización conlleva un gasto significativo que puede evitarse si se consigue desarrollar una solución enteramente por software. Sin embargo, lograr que este opere con el determinismo necesario representa un claro desafío. Por lo tanto, se ha realizado un trabajo de investigación, análisis, diseño y desarrollo con el objetivo de poder llevar a cabo la lectura de la señal únicamente a través de software.

El dispositivo de destino seleccionado para este trabajo fue la Raspberry Pi 3 [1], en su

modelo B, la cual posee puertos de entrada / salida de propósito general (GPIO) [2] a través de los cuales puede recibir la señal. Esta elección se debe a la potencia ofrecida por esta placa y la variedad de conexiones que posee, lo que permite retransmitir el mensaje a otros dispositivos luego de ser interpretado.

Un mensaje se envía de un dispositivo a otro por una señal a través de un medio físico. Para esto, es necesario establecer el protocolo con el cual debe recibirse. Los aspectos más relevantes a determinar son:

- **Cabecera:** la señal debe poseer algún tipo de señalamiento que indique a partir de dónde comienza el mensaje.
- **Cola:** si existe, indica el final del mensaje.
- **Longitud:** puede ser tanto fija como variable. Si el mensaje no posee cola, es imprescindible conocer su longitud para saber dónde ha finalizado.
- **Duración del símbolo:** un símbolo (un bit en este caso) posee una duración determinada en la señal, la cual debe conocerse para determinar el final de uno y el comienzo de otro.

Una vez que el mensaje llega al dispositivo de destino, es necesario que este pueda interpretarlo correctamente. Si la señal utiliza algún protocolo de comunicación estandarizado, es probable que el dispositivo cuente con las herramientas

necesarias para comprender el mensaje. Sin embargo, si no es ese el caso, hace falta desarrollar una solución que lo permita. Para esto, el tiempo es un factor sumamente crítico, por lo que es imperante que el sistema computacional esté completamente abocado a realizar esta tarea. Ante este panorama, resulta evidente la necesidad de optimizar al sistema para operar con la mayor velocidad posible, de manera tal que sea capaz de capturar el mensaje sin perder datos ni obtener otros erróneos.

De acuerdo con las especificaciones del procesador de la Raspberry Pi utilizada [3], la frecuencia máxima teórica a la que los GPIO pueden ser leídos es de aproximadamente 125 MHz. Si se tiene en cuenta que es necesario realizar al menos dos muestreos por cada símbolo, la duración mínima teórica de cada uno resulta ser de 16 nanosegundos. Sin embargo, se advierte que la frecuencia será menor si los pines están muy cargados o tienen una carga capacitiva.

Sistema operativo

Una vez seleccionado el hardware, lo primero que uno debe hacer es seleccionar un sistema operativo (OS) adecuado para las tareas que se requieren. La comunidad de Raspberry Pi ofrece una gran variedad de OS adaptados a distintas necesidades [4]. En esta oportunidad se eligió Raspbian [5], la distribución de Debian oficial para esta placa, debido a que es un software libre con una amplia documentación que cumple con el estándar POSIX [6]. Además, posee una versión minimal, Raspbian Lite, la cual omite todo aquello que no sea esencial para el funcionamiento del OS. Fundamentalmente, no posee interfaz gráfica, la cual requiere un alto consumo de recursos y resulta innecesaria para este trabajo.

Lenguaje de programación

El siguiente paso es la elección del lenguaje de programación. Para llevar a cabo esta

tarea, se contemplaron dos opciones que resultan especialmente útiles para desarrollos a bajo nivel: Python [7] y C [8]. Si bien el primero no deja de ser una buena opción, el hecho de ser interpretado y no compilado, como sí lo es el otro, produce latencias mayores que no son deseables en un producto en el que el tiempo es crítico. Además, el compilador de C realiza diversas optimizaciones en el código que pueden mejorar significativamente el desempeño del programa [9]. Debido a esto, se optó por realizar enteramente el desarrollo en C.

Algoritmo

La lectura de la señal puede realizarse de dos formas: por muestreo o por interrupciones. La primera consiste en leer periódicamente el valor en el GPIO, llevando así un registro del valor de la señal en distintos instantes de tiempo, lo que permite luego reconstruir el mensaje. Este método requiere de un periodo de lectura constante, lo cual no resulta posible de lograr a través de software debido a las latencias propias del dominio, las cuales se acumulan a medida que se toman más muestras. La segunda opción es almacenar los flancos de la señal junto con los tiempos en los que ocurrieron, utilizando las interrupciones propias del OS. La gran ventaja de este método es que ya no es necesario que el software maneje los tiempos, si no que es orquestado por la misma señal que se encuentra leyendo.

Luego de evaluar diversas alternativas, el algoritmo de lectura finalmente fue implementado como se muestra en la Figura 1.

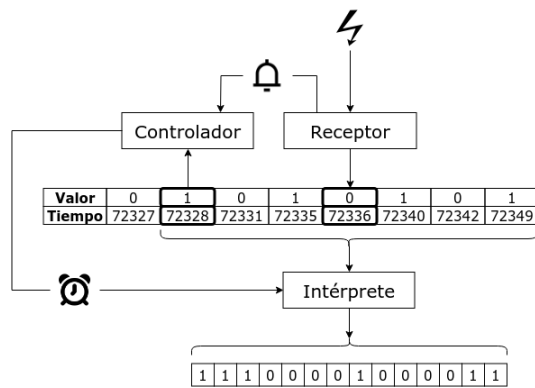


Figura 1: algoritmo de lectura de la señal

- **Receptor:** recibe las interrupciones de flancos y almacena el nuevo valor de la señal junto con el tiempo de ocurrencia de la interrupción. Luego, notifica al *controlador*.
- **Controlador:** se encarga de detectar la cabecera del mensaje y, luego de su finalización, notificar al *intérprete*.
- **Intérprete:** su función es procesar los pares de valor y tiempo para reconstruir el mensaje como una secuencia de bits.

Cada uno de estos módulos opera en un hilo de ejecución propio [10], en paralelo con el resto, lo que permite que luego de realizar su tarea ya se encuentren disponibles para procesar el siguiente dato sin necesidad de que las siguientes etapas hayan finalizado.

Durante el desarrollo se identificaron dos tipos de errores fácilmente detectables y corregibles. El primero de ellos se da cuando dos interrupciones son detectadas con una diferencia temporal menor a la duración de un símbolo. En este caso, puede asumirse que la primera de las dos interrupciones ha demorado en ser notificada y que, por ende, su tiempo de ocurrencia es anterior. Por otro lado, cuando dos interrupciones poseen el mismo valor, resulta evidente que se ha perdido una interrupción. Si la diferencia de tiempo no es muy grande, puede subsanarse

simplemente colocando un símbolo de valor opuesto entre ambas interrupciones.

Librerías

Para la programación de entradas y salidas digitales en C hay tres bibliotecas disponibles: wiringPi [11], pigpio [12] y bcm2835 [13]. Esta última posee un conjunto limitado de funciones con una implementación muy cercana al hardware. Si bien esto es deseable por el rendimiento que promete, no posee interfaces para el manejo de interrupciones, por lo que la librería fue descartada de las opciones. Debido a que no existe información referente a su rendimiento, se tomó la decisión de replicar el código utilizando las otras dos para luego evaluar sus desempeños.

Primeras pruebas

A fin de poder evaluar y comparar las distintas alternativas propuestas, se le envió periódicamente mensajes al sistema durante aproximadamente una hora para luego obtener la cantidad de mensajes procesados, la cantidad de errores cometidos (el mensaje es conocido) y, con esas dos medidas, la tasa de errores por mensaje. Para esto, se propuso un protocolo de comunicación con una cabecera de cuatro bits de valor 1 y una longitud de mensaje de 18 bits (22 incluyendo la cabecera). En cuanto a la duración del símbolo, se realizaron pruebas en las cuales se disminuyó progresivamente el orden de magnitud hasta encontrar el mínimo al cual fue posible realizar la lectura de forma estable. Con esto, se llegó a una señal serie cuadrada de 1000 baudios, lo que se traduce a un período de 1 milisegundo. Para obtener la mayor probabilidad de fallos, tal como se observa en la Figura 2, el mensaje se conformó por una sucesión alternada de 0 y 1, lo cual provoca una interrupción por cada bit, incrementando significativamente la cantidad de trabajo necesaria para procesar el mensaje.

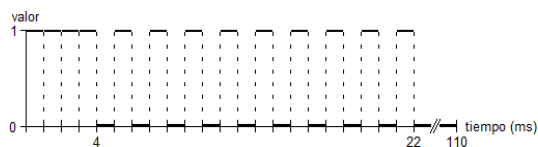


Figura 2: señal utilizada para las pruebas

En la Tabla 1 se muestran los resultados de estas primeras pruebas.

Tabla 1: resultados con librerías y sin optimizaciones

Librería	Mensajes	Errores	Tasa (%)
<i>pigpio</i>	31710	137	0,432040
<i>wiringPi</i>	31692	142	0,448063

Optimizaciones en el OS

Con el objetivo de realizar mejoras en el desempeño de la lectura, se estudiaron las posibles causas de los errores encontrados en las pruebas. En primera instancia, se asumió que las latencias ocasionadas por el uso compartido del procesador eran las responsables. Con esto en vista, se buscó maximizar la disponibilidad del procesador para el proceso de lectura de la señal.

Sobre el OS seleccionado se instaló el Preemt-RT Patch para Linux [14], un kernel oficial adaptado para tiempo real. La principal ventaja de este kernel es la administración del uso del procesador orientado a prioridades [15] y el manejo de las solicitudes de interrupciones (IRQ) como procesos. Una vez hecho esto, se les asignó la prioridad más alta tanto al proceso de lectura como a la IRQ de los GPIO.

Linux prosee varios algoritmos a través de los cuales controla la velocidad del procesador [16]. Por defecto, utiliza el regulador *ondemand*, el cual modifica dinámicamente la frecuencia del reloj en base a la carga del sistema. Sin embargo, existe otro llamado *performance*, el cual hace que el procesador funcione todo el tiempo a su máxima velocidad. Si bien esto ocasiona un mayor consumo de energía, en este caso resulta especialmente útil para

disminuir las latencias provocadas por operar con una rapidez menor.

Una vez realizados los cambios en el OS, se repitieron las pruebas, cuyos resultados están plasmados en la Tabla 2.

Tabla 2: resultados con librerías y con optimizaciones en el OS

Librería	Mensajes	Errores	Tasa (%)
<i>pigpio</i>	31725	131	0,412924
<i>wiringPi</i>	31764	128	0,402972

Si bien existieron mejoras apreciables, estas apenas fueron aproximadamente de entre el 5 y el 10% respecto a las primeras pruebas. Esto llevó a pensar que la principal fuente de errores era otra.

Optimizaciones en el código

Luego de leer el código fuente de las librerías utilizadas [17] [18], se determinó qué partes del código resultaban fundamentales para el correcto funcionamiento del programa y cuáles podían omitirse. Además, se detectó que algunas de las esperas eran activas, lo que se traducía en un uso innecesario del procesador que podía evitarse optando por esperas pasivas. En base a estas observaciones, se eliminaron las librerías del programa, reemplazándolas con el mínimo código necesario para operar y se cambiaron las esperas activas por pasivas.

Nuevamente se llevaron a cabo las pruebas con el nuevo código y los cambios en el OS aplicados, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: resultados sin librerías y con optimizaciones en el OS

Mensajes	Errores	Tasa (%)
32501	2	0,006154

Luego de introducir estas optimizaciones, los resultados demuestran una sustancial mejora que se ubica por encima del 98%

respecto de cualquiera de todas las pruebas llevadas a cabo anteriormente.

Conclusión

El desarrollo de este trabajo presenta una solución para realizar la lectura de una señal de onda cuadrada a través de hardware económico, ya que, únicamente con una placa Raspberry Pi, el problema pudo resolverse eficientemente con software que es fácilmente replicable sin necesidad de incurrir en mayores costos. Además, las optimizaciones realizadas sobre el OS, si bien casi no introducen mejoras, abren la posibilidad de ejecutar concurrentemente otros procesos en el sistema sin sacrificar la alta confiabilidad lograda. Esto podría permitir, por ejemplo, procesar los datos recibidos y/o reenviarlos a otros dispositivos.

Se ha logrado realizar lecturas eficientes para señales con frecuencias de hasta 1 kHz. Si bien no es comparable con la frecuencia máxima teórica, debe considerarse que esta última es difícilmente alcanzable en la realidad. Además, es muy importante tener en cuenta que la lectura no se realiza directamente en el hardware, sino a través de un OS, el cual introduce latencias que reducen notablemente la frecuencia a la que se puede llegar. Para futuros trabajos se evalúa la posibilidad de encontrar de manera precisa los límites prácticos de esta lectura.

Agradecimientos

Al Ing. Felipe Evans, por su predisposición, colaboración y asesoramiento en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- [1] "Raspberry Pi – Wikipedia" – https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi – Septiembre del 2018
- [2] "GPIO – Raspberry Pi Documentation" – <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/> – Septiembre del 2018
- [3] "BCM2835 ARM Peripherals" – [https://www.raspberrypi.org/app/uploads/2012/02/B](https://www.raspberrypi.org/app/uploads/2012/02/BCM2835-ARM-Peripherals.pdf)

- [CM2835-ARM-Peripherals.pdf](#) – Septiembre del 2018
- [4] "Raspberry Pi Downloads – Software for the Raspberry Pi" – <https://www.raspberrypi.org/downloads/> – Septiembre del 2018
- [5] "Download Raspbian for Raspberry Pi" – <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/> – Septiembre del 2018
- [6] "POSIX – Wikipedia" – <https://en.wikipedia.org/wiki/POSIX> – Septiembre del 2018
- [7] "Python (programming language) – Wikipedia" – [https://en.wikipedia.org/wiki/Python_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language)) – Septiembre del 2018
- [8] "GNU Compiler Collection – Wikipedia" – https://en.wikipedia.org/wiki/GNU_Compiler_Collection – Septiembre del 2018
- [9] "Using the GNU Compiler Collection (GCC): Optimize Options" – <https://gcc.gnu.org/onlinedocs/gcc/Optimize-Options.html> – Septiembre del 2018
- [10] "POSIX Threads – Wikipedia" – https://en.wikipedia.org/wiki/POSIX_Threads – Septiembre del 2018
- [11] "Reference | WiringPi" – <http://wiringpi.com/reference/> – Septiembre del 2018
- [12] "pigpio library" – <http://abyz.me.uk/rpi/pigpio/cif.html> – Septiembre del 2018
- [13] "bcm2835: C library for Broadcom BCM 2835 as used in Raspberry Pi" – <https://www.airspayce.com/mikem/bcm2835/> – Septiembre del 2018
- [14] "Raspberry Pi: RT-Preempt Patching Tutorial for Kernel 4.14.y" – <https://lemariva.com/blog/2018/02/raspberry-pi-rt-preempt-tutorial-for-kernel-4-14-y> – Septiembre del 2018
- [15] "chrt(1) – Linux manual page" – <http://man7.org/linux/man-pages/man1/chrt.1.html> – Septiembre del 2018
- [16] "CPU Performance Scaling – The Linux Kernel documentation" – <https://www.kernel.org/doc/html/v4.14/admin-guide/pm/cpufreq.html> – Septiembre del 2018
- [17] "GitHub – WiringPi/WiringPi" – <https://github.com/WiringPi/WiringPi> – Septiembre del 2018
- [18] "GitHub – joan2937/pigpio" – <https://github.com/joan2937/pigpio> – Septiembre del 2018

Datos de Contacto:

Franco Lanzillotta. Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Mar del Plata.
franco.lanzi96@gmail.com

Ares Galaxy: estudio de comportamiento, análisis y traducción del código

Macció, Iván Jorge

Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería

Abstract

Con esta investigación se pretende conocer el funcionamiento de Ares, tanto desde su interfaz gráfica, como en su código fuente.

En Argentina, hay creciente uso de herramientas P2P, en las cuales, muchas veces se desconocen los efectos o cambios que podrían realizarse en un dispositivo en el momento de su uso.

A su vez, este tipo de software, es muy utilizado para el tráfico de pornografía infantil, lo que nos presenta una necesidad de investigar sobre el funcionamiento de los mismos para poder brindar información útil en un posible análisis forense de un dispositivo en particular.

Palabras Clave

Ares, P2P, descarga de archivos, Código Fuente.

Introducción

Ares Galaxy es uno de los programas más conocidos y populares utilizados para la descarga de archivos de música y videos, entre otros. Estos tipos de programas se basan en la arquitectura de comunicación Peer to Peer (P2P) [1] que permite el intercambio de información entre las computadoras de la red.

Los programas de descarga de archivos son muy populares y fáciles de usar. Sin embargo, muchas veces los usuarios desconocen que este tipo intercambio de información tiene riesgos, como por ejemplo, favorecer el tráfico de pornografía infantil.

Este trabajo surge de un proyecto de investigación de cátedra, el cual tiene como objetivo comprobar si Ares realiza modificaciones en el sistema operativo sin el consentimiento del usuario, especialmente en puertos y en carpetas compartidas. En este artículo se presenta el análisis realizado examinando el código fuente del programa,

el cual está escrito en el lenguaje de programación Delphi.

Intercambio de archivos en Internet

El intercambio de todo tipo de material digital en Internet es cada vez más frecuente. Se puede intercambiar información almacenada en audio, video, libros electrónicos y otros tipos de archivos. Existen diversas formas de compartir información pero una de las utilizadas es mediante el uso de redes peer-to-peer (P2P). En una red P2P todas las computadoras conectadas funcionan como clientes y como servidores. Este tipo de redes hace un buen uso del ancho de banda disponible entre los usuarios para el intercambio de archivos, lo que implica una mejor velocidad de transferencias.

Típicamente los programas de descarga P2P funcionan de la siguiente manera: cuando un usuario descarga un archivo, normalmente lo descarga en varias partes desde diferentes usuarios, para que la descarga se realice rápidamente. A su vez, las partes descargadas pueden ser compartidas con otros usuarios de la red.

Ares Galaxy

Ares Galaxy [2], más conocido como Ares, es uno de los programas P2P más utilizados. Su última versión es la 2.4.8 publicada en mayo de 2018. Es software de código abierto, desarrollado en el lenguaje de programación Delphi para Windows.

Las características principales de Ares son:

- Previsualización de archivos multimedia como audio o video.
- Breves colas de espera

- Biblioteca de gestión de archivos compartidos
- Múltiples ventanas de búsqueda

Análisis del Código Fuente de Ares

La versión Ares utilizada en el proyecto de investigación es la 2.1.8 que está compuesta por más de 100 archivos con extensión .pas, alrededor de 124.500 líneas de código, 5MB aproximadamente. El análisis se centró en aquellos módulos que podían resultar de interés para este proyecto, descartando los relacionados a funciones que posee el programa que no realicen tareas de interconexión, como funciones de ayuda, reproductor de música, etc.

Se plantearon las siguientes preguntas que guiaron el análisis del código fuente:

- ¿Ares es capaz de abrir puertos no configurados?
- ¿Qué hace exactamente Ares a la hora de realizar una búsqueda?
- ¿Qué hace exactamente Ares a la hora de realizar una descarga?

Como punto de partida, analizamos la interfaz gráfica del programa, para poder detectar fácilmente las funcionalidades que nos resultarían relevantes. Luego se recorrieron todos los módulos de Ares de tal manera de determinar si existía alguna variable (relacionada a puerto y/o carpeta compartida) tal que se le asigne algún valor que no sea adecuado.

Análisis desde la interfaz

Se comenzó explorando las acciones que se disparaban con los botones “Buscar ahora” (Figura 1) y “Descargar” (Figura 2) de la interfaz de Ares.

Al hacer click en el botón de “Buscar ahora” se ejecuta el procedimiento *Tares_frmmain.Btn_start_searchClick* (Figura 3). El procedimiento, posee pocas líneas de código, en las que invoca a otro procedimiento externo, *gui_start_search*. El cual, es mucho más extenso en cuanto a líneas de código, y básicamente realiza las funciones de parametrizar los filtros de

búsqueda y buscar de acuerdo a lo que el usuario ingresó.

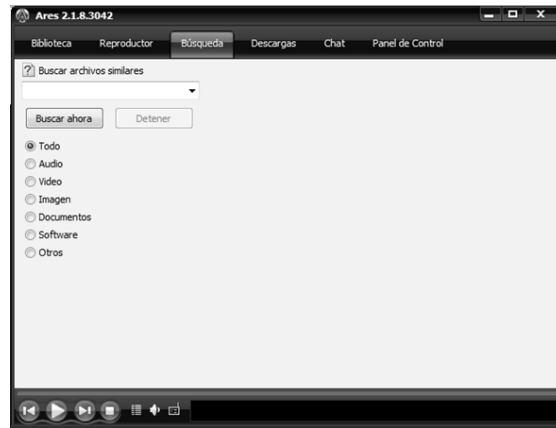


Figura 1. Búsqueda de Archivos



Figura 2. Descarga de archivos

```
procedure  
Tares_frmmain.Btn_start_searchClick(  
  sender: TObject);  
begin  
  gui_start_search;  
end;
```

Figura 3 - Procedimiento que se ejecuta el comenzar búsqueda

Al hacer click en el botón “Detener” se ejecuta el procedimiento *Tares_frmmain.btn_stop_searchClick* (Figura 4). Este procedimiento, al igual que el anterior, invoca a otro procedimiento *gui_stop_search*, el cual, solamente detiene el proceso de búsqueda y muestra los resultados en pantalla.


```
procedure  
Tares_frmmain.btn_stop_searchClick(S  
ender: TObject);  
begin  
gui_stop_search;  
end;
```

Figura 4 - Procedimiento que se ejecuta al detener la búsqueda

Al hacer click en el botón “Descarga” se ejecuta *Tares_frmmain.Download1Click*. A diferencia de los anteriores, este procedimiento se ejecuta sin invocar a otros, pero analizando sus líneas de código, podemos ver que, al igual que los demás, cumple solamente con la función que el usuario solicita.

Análisis por medio de programación

El análisis del código fuente se realizó mediante la búsqueda de palabras que hicieran alusión a puertos o variables de configuración. Se realizó un programa escrito en *Python* para buscar, en todos los módulos del código fuente, variables que pudieran ser modificadas durante la ejecución de Ares.

Posteriormente, una vez concretado el programa de búsqueda, tuvimos que decidir que palabras o sentencias iban a ser las claves para buscar, y cuales nos llevarían a resultados relevantes para este análisis.

Estas palabras surgieron básicamente de dos caminos, el primero era partiendo desde que Ares Galaxy utiliza protocolos torrent, entonces podíamos deducir que en las líneas de código podrían aparecer palabras derivadas de términos particularmente utilizados en torrent como, peers, leechers, seeders, trackers, etc. El segundo camino se basó en palabras que hagan referencias a los puertos, por ejemplo, port, socket, etc.

Se decidió apuntar a las líneas de código que contengan estas palabras y a su vez, que sean sentencias de asignación, ya que eso nos devolvería resultados precisos de lo que estamos buscando.

Para esto se definió una expresión regular para detectar sentencias de asignación en cada línea de cada archivo. Una expresión regular es una secuencia de caracteres que describe un patrón de texto, generalmente se la utiliza para ubicar, dentro de un archivo, cadenas que se equiparen con el patrón [3]. En la Figura 5 se puede observar el procedimiento que define la expresión regular y obtiene las sentencias de asignaciones que se equiparan con la misma. El programa devolvió una serie de líneas que fueron organizadas en un archivo Excel lo cual nos permitió descartar las sentencias de asignaciones que no resultaban interesantes (por ejemplo, asignación de un número a una variable) y analizar las que estaban relacionadas a puertos o variables de

```
def procesar(archivo):  
  
    with open(archivo,'r',encoding='cp850') as f:  
  
        for k in range(len(vpal)):  
  
            pal=vpal[k].lower().replace('\n','').strip()  
            if len(pal)>0:  
                regex = re.compile(r'(^[a-z]|\s*)'+pal+'(\s*(:=)|\.[a-z]+\s*(:=))')  
                nrolin=1  
                for linea in f.readlines():  
                    lin=linea.lower().strip()  
                    if (regex.search(lin)):  
                        w=[archivo,str(nrolin),linea.lstrip()]  
                        if (w not in vsale):  
                            vsale.append(w)  
                    nrolin+=1  
                f.seek(0)  
            f.close()
```

Figura 5- Procedimiento que recupera asignaciones de las variables buscadas

configuración. En ningún caso pudimos observar se fuesen modificadas de alguna manera que no fuese con intervención del usuario.

Trabajos Relacionados

Particularmente, no existen trabajos relacionados con el análisis del Código Fuente de Ares Galaxy.

Pero muchos autores han profundizado en investigaciones de herramientas P2P, tráfico pornografía infantil, o análisis de comportamiento de Ares Galaxy.

El paper de Kolenbrander [4], nos introdujo a la investigación del comportamiento de Ares, y nos proveyó de información útil como estadísticas y resultados que fueron tenidos en cuenta para este proyecto.

Conclusión y Trabajos Futuros

Al finalizar una investigación profunda sobre las funciones y procedimientos anteriormente mencionados, y el estudio del código fuente podemos concluir que Ares Galaxy, en la versión 2.1.8, solo asigna a las variables, valores tomados de la configuración del usuario, no se pudieron detectar líneas de código con asignaciones automáticas o cambios de valores sin el consentimiento del usuario. Las variables importantes como los puertos que utiliza Ares, son definidas por el usuario mediante la interfaz gráfica.

No está de más, aclarar que Ares Galaxy es un programa de código abierto, en el que muchos foros de programadores tienen acceso a dicho código, por lo que sería algo extraño encontrar anomalías en el mismo, sin que hayan sido previamente reportadas.

Como trabajo futuro se propone un nuevo análisis del Código Fuente, estableciendo nuevas estrategias o metodologías de investigación.

Agradecimientos

- A las profesoras que acompañaron este proyecto de investigación de cátedra, Lic. Carolina Cardoso, Lic. Lorena Tálame.

- A los profesores Ing. Sergio Appendino y Lic. Carlos Pastrana, por acompañar en las tareas del proyecto de investigación.

Referencias

- [1] Tanenbaum, A., & Wetherall, D. *Redes de computadoras* (5th ed.). México: Pearson Educación, 2012.
- [2] «Ares.» [En línea]. Available: <https://www.ares.com.es/>.
- [3] J. E. Hopcroft, R. Motwani y J. D. Ullman, *Teoría de autómatas, lenguajes y computación*, Madrid: Pearson Education, 2007.
- [4] Kolenbrander, F. (n.d.). *Forensic analysis of ares galaxy peer-to-peer network*.

Datos de Contacto:

Ivan Jorge Macció. Universidad Católica de Salta.
ivanmaccio12@gmail.com

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Sistemas gestores de base de datos de código abierto para servicios altamente disponibles

Cristian Jaimez

*Grupo de Investigación Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Villa María
Av. Universidad 450 – Villa María - Córdoba
cristian.616.93@gmail.com*

Resumen

Esta investigación busca identificar y comparar tecnologías de bases de datos utilizadas actualmente para el despliegue de un servicio altamente disponible, y con un fuerte nivel de consistencia, construido sobre hardware accesible, planteando una serie de requerimientos de antemano.

El trabajo apunta a facilitar la selección de un Sistema de base de datos apropiado para un servicio distribuido, comparando tecnologías de código abierto y teniendo en cuenta diferentes configuraciones para las mismas. Obteniendo finalmente un listado de opciones viables, de manera que la decisión final sea realizada en base a cada situación particular.

1. Introducción

Los sistemas distribuidos se han vuelto imprescindibles en el desarrollo y despliegue de sistemas de calidad.

La necesidad de un sistema que se mantenga funcionando en todo momento, a pesar de fallas, ha impulsado el desarrollo de múltiples herramientas que posibiliten dicha distribución, cada una adecuándose a una serie de necesidades específicas.

Debido a la amplia gama de tales herramientas disponibles en el mercado, puede que resulte abrumador identificar aquellas que cuentan con las características necesarias y que sean más apropiadas para cada situación particular.

En este trabajo se realiza una comparación de tecnologías de bases de datos utilizadas en la actualidad para el funcionamiento de un sistema que busca proporcionar alta disponibilidad, con un buen nivel de consistencia y sin un único punto de fallo, con el fin de elegir la que mejor se adecúe a una serie de requisitos.

2. Planteo de alternativas

2.1. Requerimientos a considerar

Para determinar un listado preliminar de sistemas gestores de bases de datos (SGBD) candidatos, se toman en cuenta los siguientes requerimientos:

- Como requerimiento fundamental, los datos almacenados en la base de datos deben persistir en disco (o cualquier medio de almacenamiento no volátil).
- Dado que el objetivo es llegar a un sistema que se pueda desplegar en cualquier entorno, se necesitarán SGBD con una versión de código abierto disponible.
- Se toma en cuenta además el tamaño de la comunidad que trabaja con cada herramienta, dado que una comunidad mayor suele traducirse a un volumen más grande de información disponible y soporte.
- Dado que el sistema a implementar debe estar funcionando en todo momento, es necesario utilizar una base de datos que proporcione alta disponibilidad, con redundancia de información distribuida geográficamente, y que permita la recuperación automática ante desastres.
- Debido a la existencia de redundancia, se tiene en cuenta además el nivel de consistencia proporcionado. Se requiere un nivel de consistencia fuerte, en el cual cualquier petición realizada luego de una transacción confirmada arroje el resultado actual de los datos.
- El volumen de consultas que debe procesar el SGBD en el caso a considerar es bajo, por lo que no se toma como requisito un elevado nivel de rendimiento, ni el soporte a la escalabilidad horizontal.

2.2. Alternativas iniciales

Para comenzar el filtrado tomamos como base una lista inicial de herramientas disponibles para cada modelo, de código abierto, y con un volumen de comunidad relativamente alto.

La misma se obtiene a partir del puntaje de popularidad asignado por el ranking de DB-Engines [1], que toma en cuenta las menciones de cada herramienta en la web,

frecuencia de discusiones técnicas, ofertas de empleo en que cada una es mencionada, entre otros aspectos, para generar una puntuación individual [2].

- **Modelo Relacional**

En este modelo los datos se representan a través de relaciones, cada una de las cuales cuenta con un conjunto de n tuplas, que representan los objetos de datos almacenados, y m columnas, donde cada columna corresponde a una propiedad de los n objetos. [3]

- o MySQL
- o PostgreSQL

- **Modelo Documental**

Como el nombre sugiere, cada registro es modelado en forma de documento, junto con sus datos asociados.

Este modelo trata cada objeto como una unidad independiente, y no requiere un esquema predefinido para su almacenamiento, ya que cada documento puede tener sus propias claves y valores. [4]

- o Mongo
- o Couchbase
- o CouchDB

- **Modelo Clave-Valor**

Los SGBD que trabajan con este modelo almacenan datos como “valores”, a los cuales se identifica mediante “claves” únicas. Un aspecto característico del modelo es la variedad de información que se puede almacenar para cada clave, dado que el modelo no define un tipo de dato particular (en contraste con el modelo relacional, donde cada campo en una relación establece el tipo de datos que le corresponde). [5]

- o Redis

- **Modelo Columnar**

Este modelo almacena objetos en tablas constituidas por “familias de columnas”, que permiten la distribución de filas (registros) entre nodos.

Las filas de una misma tabla no tienen necesariamente que compartir el mismo conjunto de columnas, pero sí de familias de columnas. [6]

- o Cassandra
- o HBase

- **Modelo de Grafo**

Este modelo considera las relaciones entre datos con el mismo nivel de importancia que los datos en sí. Permiten el almacenamiento de registros sin restringirlos a un esquema predefinido. [7]

- o Neo4J

3. Filtrado de alternativas

3.1. Alta disponibilidad y recuperación ante desastres

3.1.1. Modelo Relacional. En MySQL existen dos alternativas a considerar para la replicación de datos en múltiples nodos.

En primer lugar se toma en cuenta la replicación dentro de un único clúster (MySQL UC), con una arquitectura Maestro-Esclavo. En este caso, la replicación desde un nodo maestro puede ocurrir de forma asíncrona (la transacción se confirma una vez procesada por el nodo maestro, sin garantía de que haya llegado a replicarse en algún otro nodo), lo que proporciona tiempos de respuesta menores, o semi-síncrona (el SGBD confirma una transacción solamente cuando la misma ya haya sido confirmada por un nodo esclavo), garantizando la persistencia de cada operación realizada [8].

Como respuesta a la caída del nodo maestro, la selección de un nodo esclavo para promover a maestro (con el fin de reemplazar al que se encuentra caído) debe realizarse con cuidado, buscando evitar que el nodo seleccionado tenga inconsistencias.

Cuando el nodo maestro previo se haya recuperado, y esté en condiciones de ser reintegrado al clúster, se debe verificar que no contenga información que no haya sido replicada antes del fallo (en caso de trabajar con replicación asíncrona). En caso de ser así se puede optar por integrar dicha información al clúster de forma manual, o bien truncar la información en dicho nodo, y reintroducirlo como esclavo, en caso que la pérdida de información no suponga un problema.

También se debe verificar que el nodo maestro efectivamente se encuentra fuera de servicio, y no que se trata simplemente de un problema en la conexión, con dicho nodo aun procesando consultas correctamente.

Un aspecto importante a mencionar de esta estrategia es que ante un problema de Split-brain (SB), donde los nodos del clúster se “separan” en dos o más partes, perdiendo la conexión entre sí, sólo aquellos clientes que puedan conectarse al nodo maestro tendrán acceso al SGBD.

Una segunda estrategia consiste en la replicación multi-cluster (MySQL MC), en la cual se pueden integrar varios clústeres, cada uno con su maestro y esclavos, en una replicación circular (asíncrona).

Dicha alternativa proporciona una gran ventaja en la búsqueda de alta disponibilidad, principalmente si se espera colocar cada clúster en un área geográfica diferente, y separada de las demás [9].

Se debe tener en cuenta, sin embargo, que al permitir el ingreso de datos por más de un nodo, se degrada el nivel de consistencia (obteniendo consistencia eventual), y se

introduce la posibilidad de conflictos, es decir, es posible que dos clientes intenten escribir sobre el mismo registro, al mismo tiempo, y que dichas escrituras sean confirmadas por el SGBD antes de haberse propagado entre todos los clústeres.

En lo que refiere al problema de SB, esta arquitectura garantiza alta disponibilidad, independientemente de a qué clúster se conecte cada cliente.

MySQL proporciona tolerancia a fallos y la capacidad de recuperación y reconfiguración automática, lo que la convierte en una herramienta viable para desarrollos que demanden alta disponibilidad. [10]

PostgreSQL utiliza también una estructura Maestro-Eslavo para la replicación de datos, con soporte a write ahead log (WAL). [11, 12]

En caso que malfuncionamiento, o falla del servidor primario (o maestro), un servidor secundario con información replicada puede ocupar su lugar. Como medida previa, resulta conveniente pre-configurar el servidor secundario con parámetros de servidor maestro. [11]

PostgreSQL no proporciona por defecto herramientas para detectar la caída de un servidor en informarlo a los secundarios, por lo que la detección del problema y la aplicación de medidas de recuperación quedan a cargo de personal encargado, generando un impacto en la disponibilidad del servicio [13]. Es necesario, para lograr una respuesta automática, recurrir a herramientas externas.

Los nodos secundarios en un clúster pueden ser configurados para responder o no a peticiones de lectura con Hot-StandBy (PostgreSQL WAL HS) y Warm-StandBy (PostgreSQL WAL WS) respectivamente, por lo que ante un malfuncionamiento del servidor maestro, o una desconexión con el mismo, los datos ingresados previamente podrían permanecer disponibles. [14]

Otra opción, conocida como Logical Replication, utiliza la identidad de replicación (usualmente IDs) de cada objeto de dato para su replicación. Se hace uso de una arquitectura publish and subscribe, donde muchos suscriptores reciben datos desde uno o más publicadores, pudiendo luego re-publicarlos, logrando así una replicación en cascada. [15]

3.1.2. Modelo Documental. MongoDB utiliza una arquitectura de nodos primario-secundarios en cada clúster llamados “replica-set”.

Un replica-set consiste en un grupo de instancias de mongo (generalmente corriendo en distintos dispositivos) que comparten la misma información. En esta arquitectura un nodo primario es encargado de procesar las consultas de escritura y lectura (esta última es configurable, dependiendo del nivel de consistencia deseado), y cada nodo secundario se encarga de replicar la información, lo que proporciona la redundancia para garantizar la alta disponibilidad. [16]

En caso de fallo de conexión con el nodo primario (ya sea por un problema de red, o la caída de dicho nodo) el SGBD elige automáticamente un nuevo primario entre los nodos secundarios funcionando.

Si se diera el caso de SB, MongoDB elegirá por defecto un nuevo primario en la partición que contenga la mayoría de nodos conectado, por lo que para garantizar la disponibilidad, se deben armar sets de réplicas con números impares de nodos. [16]

En esta situación, los clientes que se conectan a la partición sin nodo primario, pueden o no tener acceso a lectura de datos (si se han habilitado las lecturas desde nodos secundarios), pero nunca a la escritura de registros.

Durante el tiempo de elección de un nuevo nodo primario, el clúster se vuelve incapaz de responder a peticiones de escritura, y, dependiendo de la configuración, de lectura.

La replicación de datos se realiza de forma asíncrona [17], lo que garantiza la disponibilidad de responder a consultas ante fallos en nodos secundarios.

Couchbase utiliza el concepto de “Buckets” para el almacenamiento lógico de información, cada uno pudiendo tener hasta tres buckets de réplica distribuidos a través del clúster. [18]

Cada nodo en un clúster contiene una serie de buckets activos (atienden consultas de escritura/lectura) y una serie de buckets de réplica (pudiendo atender sólo peticiones de lectura, de ser configurados para ello).

Cuando se detecta un malfuncionamiento, o la desconexión de un nodo, se pone en marcha un procedimiento de recuperación automático en el cual se promueve a los vBuckets (buckets virtuales) de réplica correspondientes a activos, garantizando la alta disponibilidad de acceso a los datos. [19]

Otro aspecto importante a tener en cuenta, es que debido a la replicación asíncrona, un fallo repentino en un nodo funcionando podría ocasionar una pérdida de datos.

En una situación de SB, los clientes que sólo tengan acceso a los vBuckets de réplica pueden o no realizar lecturas (dependiendo de la configuración), pero nunca escrituras.

CouchDB proporciona dos estrategias para la replicación de datos. Se puede contar con una arquitectura Maestro-Eslavo (CouchDB ME), en la cual los documentos son insertados en el maestro, y luego replicados a los esclavos, generando un único punto de fallo.

El problema con este método es la carencia de un algoritmo de selección de nuevo maestro, en caso que el actual deje de funcionar, o se desconecte del clúster.

Una segunda opción consiste en utilizar una arquitectura Maestro-Maestro (CouchDB MM), donde todos los nodos que mantienen la misma información pueden aceptar peticiones de escrituras, y la replicación se da en ambas direcciones, proporcionando una ventaja en

performance, y eliminando el único punto de fallo, pero generando la posibilidad de conflicto en escrituras. [20]

Durante un SB, la primera estrategia genera que sólo aquellos clientes conectados al nodo maestro tienen acceso a los datos, la segunda arquitectura garantiza disponibilidad absoluta.

3.1.3. Modelo de Columna Ancha. La replicación en Cassandra se da a través de n hosts, donde n es un número predefinido en la configuración del clúster.

Cada nodo puede recibir una petición, ya sea de lectura o escritura, y coordinarla hacia el nodo correspondiente.

Se utiliza un protocolo de “gossip” para detectar automáticamente nodos que se hayan desconectado, o vuelto a conectar al clúster. [21]

Debido a que todos los nodos juegan el mismo rol (no existe un nodo maestro, o primario), no existe un único punto de fallo, por lo que siempre que se pueda acceder a al menos un nodo con el rango de claves correspondientes, todas las consultas podrán ser atendidas. [22]

La disponibilidad en caso de SB depende altamente de la configuración del clúster, la cual se diseña en base al balance entre disponibilidad y consistencia. Si se busca maximizar la disponibilidad, Cassandra garantiza disponibilidad absoluta, pero a cambio se degrada el nivel de consistencia en los registros. Si la prioridad está en la consistencia, podría perderse acceso a la escritura, lectura, o ambas, dependiendo de la segmentación ocurrida.

HBase implementa una arquitectura que consta de servidores de regiones (RS) encargados del almacenamiento de los datos y la satisfacción de las consultas, y servidores maestros encargados de asignar regiones (rangos de filas que dividen la información de cada tabla) a cada RS. [23]

HBase escribe los datos utilizando HDFS (Hadoop Distributed File System), sistema que replica los bloques de datos 3 veces (por defecto), y utiliza Apache Zookeeper [24] para la coordinación entre nodos. [25]

Si un nodo deja de funcionar, se revisa el commit log del mismo (el cuál, al igual que los datos, es replicado) para detectar las peticiones de escritura que no se han procesado aún, y se reasignan las regiones del RS caído a otros RS dentro del clúster. Este proceso de respuesta a fallo es automático. [26]

Todos los servidores de región se mantienen pendientes del estado de los demás, de forma que ante un fallo de alguno de éstos, los restantes intentarán crear un znode (registro de datos) llamado “lock” en el znode del RS caído. Aquél que llegue a hacerlo primero transferirá además todas las peticiones a su propio znode y borrará las anteriores una vez finalizado. Las consultas recuperadas serán nombradas con el id del clúster esclavo, junto con el nombre del servidor caído. [25]

Se debe tener en cuenta que si un servidor de región muere mientras está recuperando las consultas de otro

servidor de región caído, las consultas del znode que no fueron transferidas se perderán. [25]

3.1.4. Modelo Clave-Valor. Redis proporciona una variedad de opciones para la persistencia de información, incluyendo la opción de no persistir datos. Para los requisitos propuestos inicialmente, se considerará para la comparación con otras opciones el uso de logs AOF. [27]

Ante una caída del sistema, un fallo del suministro eléctrico, o un problema de cualquier tipo que detenga el funcionamiento del SGBD, se pueden llegar a perder datos que no hayan sido aún almacenados en el disco. La cantidad de datos perdidos dependerá de la configuración de persistencia. Con AOF funcionando se puede obtener un número de pérdidas mucho menor que con RDB, configurando la política de sincronización como se considere conveniente (por ejemplo, cada un segundo).

Para proporcionar redundancia Redis replica la información almacenada en un nodo principal (maestro) a un conjunto de nodos réplicas (esclavos) de forma asíncrona (por defecto). [28] Éstos últimos pudiendo responder a consultas del tipo lectura, dependiendo de la configuración del clúster.

En una situación de SB, aquellos clientes con acceso al nodo principal mantienen disponibilidad absoluta sobre los datos, mientras que los demás sólo pueden realizar lecturas.

3.1.5 Modelo de Grafo. Neo4J permite la creación de clústeres de alta disponibilidad compuestos por Core Servers, servidores responsables de asegurar la persistencia de los datos ingresados, y Read Replicas, servidores utilizados para reducir la carga de trabajo de los Core Servers. [29]

Si bien el SGBD proporciona una arquitectura de alta disponibilidad, la misma sólo es accesible a través de una edición paga del mismo [30], por lo que de este momento en adelante se descarta como alternativa.

3.2. Consistencia

3.2.1. Modelo Relacional. Cuando se trabaja con replicación dentro de un mismo clúster (Maestro-Eslavo), MySQL proporciona un nivel de consistencia fuerte.

Los datos son replicados de forma síncrona utilizando commits de dos fases (two-phase commit).

Por otro lado en una arquitectura multi-cluster, donde existen dos o más nodos maestros, surge la posibilidad de encontrar inconsistencias en los registros de la base de datos. Esto se da por la posibilidad de que dos clientes ingresen información sobre el mismo registro (misma clave primaria) casi al mismo tiempo, pero a través de dos maestros distintos.

En esta arquitectura, la replicación se da de forma asíncrona.

En PostgreSQL, si se utiliza replicación WAL, un servidor esclavo, puede ser configurado para aceptar peticiones de lectura. Con dicha configuración, existe un tiempo de retraso en que la información ingresada en el servidor maestro es replicada al nodo en cuestión, por lo que una solicitud realizada de forma casi simultánea a un ingreso de datos podría devolver información desactualizada. En este contexto, PostgreSQL proporciona consistencia eventual. [14]

Si se busca un fuerte nivel de consistencia, se puede prevenir la lectura de datos desde el/los nodos secundarios seteando el parámetro 'hot_standby' a falso.

Cuando se trabaja con Logical Replication, es posible configurar a los subscriptores (aquellos que reciben los datos replicados) para que atiendan peticiones de escritura (PostgreSQL LR T), siempre teniendo en cuenta que se genera la posibilidad de aparición de conflictos.

Es importante mencionar que la detección de un conflicto en PostgreSQL detiene el proceso de replicación, y debe ser resuelto manualmente por un administrador. [31]

Si no existe un problema de embotellamiento en los publicadores, configurar a los subscriptores como nodos de sólo lectura (PostgreSQL LR M) evita el problema de conflictos. [15]

3.2.2. Modelo Documental. MongoDB proporciona un fuerte nivel de consistencia por defecto (siempre y cuando un documento haya sido correctamente insertado, todas las consultas al mismo arrojarán el mismo resultado).

Esto es así en tanto la configuración del clúster le permita sólo al nodo primario aceptar peticiones de lectura y escritura (MongoDB P).

Es posible cambiar la configuración, con objetivo de balancear la carga, para permitirle a los nodos secundarios atender solicitudes de consulta (MongoDB T), pero generando en contraste consistencia eventual, en cuyo caso solo se garantiza que la información *eventualmente* será consistente.

Couchbase proporciona consistencia fuerte por defecto, con los vbuckets de réplica existían sólo para garantizar alta disponibilidad (Couchbase RD).

Es posible configurar un clúster para que los vbuckets de réplica acepten sólo peticiones de lectura, si se buscara reducir el embotellamiento. Con esta configuración, ante una segmentación de la base de datos, los vbuckets activos permanecen disponibles para la escritura de información, y los vbuckets de réplica sólo para la lectura. Cualquier cambio ingresado en un vbucket activo que deba ser replicado a hacia un nodo que no pueda ser alcanzado (por ejemplo, en una situación de SB) en el momento generará una situación de inconsistencia temporal (hasta que la conexión se reestablezca), pero no se generarán conflictos, ya que solo una de las partes puede escribir.

CouchDB, por su parte, brinda consistencia eventual.

Los documentos almacenados son versionados, de forma que cada petición de lectura devuelva la última versión del documento en cuestión.

Si se intenta modificar un documento mientras el mismo está siendo leído por algún cliente, se crea una nueva versión de este, de forma que no se generan conflictos entre operaciones.

Cada cambio a un documento es actualizado en los nodos correspondientes a través de una replicación incremental.

Si se trabaja con una arquitectura multi-maestro (para evitar un único punto de fallo), ante una desconexión de los nodos, CouchDB favorece la disponibilidad de los datos, generando la posibilidad de conflictos (un mismo documento podría haber sido modificado en dos nodos antes de llegar a ser replicado). [32]

3.2.3. Modelo Columnar. Por defecto, Cassandra proporciona consistencia eventual, es decir que no se puede garantizar que la información será consistente en todo momento (Cassandra CE).

Si embargo, es posible configurar el nivel de consistencia para lecturas y escrituras (individualmente), indicando la cantidad de nodos de réplicas que deben responder a una petición antes de que se le conteste al cliente. [33]

A la hora de elegir la configuración más conveniente, es necesario tener en cuenta que un valor elevado de consistencia ante escrituras/lecturas (Cassandra CF) puede reducir la disponibilidad, si se diera el caso que suficientes nodos se desconecten del clúster.

HBase proporciona consistencia elevada por defecto, de manera que sólo un servidor de región puede responder a las peticiones de lectura, independientemente de la cantidad de servidores que contengan los datos solicitados (HBase P).

Si bien es posible configurar los servidores de regiones con información replicada para que acepten solicitudes de lectura (HBase T), sólo un servidor de región puede responder a peticiones de escritura, por lo que si éste se vuelve inaccesible no se podrán ingresar registros al dataset. [34]

3.2.4. Modelo Clave-Valor. Redis trabaja por defecto con replicación asíncrona. Sin embargo, es posible solicitar que la misma se realice de forma síncrona a través de un comando WAIT [28]. Redis no proporciona consistencia fuerte, a pesar de la configuración.

4. Consideraciones sobre el teorema CAP

4.1. Concepto

Tabla 1. Comparativa

SGBD	Categoría	Consistencia en condiciones normales	Consistencia ante particionamiento	Disponibilidad ante particionamiento	Reparación automática ante fallo	¿Pérdida de transacciones ya confirmadas desde el punto de vista del cliente?
Modelo Relacional						
MySQL UC	PC EC	Consistencia fuerte	Consistencia fuerte	TN	Sí	No
MySQL MC	PA EL	Consistencia eventual	Posibilidad de inconsistencias	DA	Sí	Sí
PostgreSQL WAL WS	PC EC	Consistencia fuerte	Consistencia fuerte	TN	No	Configurable**
PostgreSQL WAL HS	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSL	No	Configurable**
PostgreSQL LR M	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSLD	No	Configurable**
PostgreSQL LR T	PA EL	Posibilidad de inconsistencias	Posibilidad de inconsistencias	DA	No	Configurable**
Modelo Documental						
MongoDB P	PC EC	Consistencia fuerte	Consistencia fuerte	TN	Sí	No
MongoDB T	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSL	Sí	No
CouchDB MM	PA EL	Posibilidad de inconsistencias	Posibilidad de inconsistencias	DA	No	Sí
CouchDB ME	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSL	No	Sí
Couchbase RD	PC EC	Consistencia fuerte	Consistencia fuerte	TND	Sí	Sí
Couchbase RA	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSLD	Sí	Sí
Modelo Columnar						
Cassandra CE	PA EL	Consistencia eventual	Posibilidad de inconsistencias	DA	Sí	Configurable***
Cassandra CF	PC EC	Consistencia fuerte	Consistencia fuerte	TND/TSLD*	Sí	Configurable***
HBase P	PC EC	Consistencia fuerte	Consistencia fuerte	TND	Sí	No
Hbase T	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSLD	Sí	No
Modelo Clave-Valor						
Redis	PC EL	Consistencia eventual	Consistencia eventual	TSL	Sí	Sí

El teorema de CAP establece que es imposible para un sistema distribuido proporcionar consistencia,

disponibilidad, y tolerancia a particionamientos en todo momento. [35]

Planteado de manera menos formal, ante un particionamiento en la comunicación de los nodos de un sistema distribuido (SB), se debe balancear entre disponibilidad y consistencia. Para que un sistema en esta situación proporcione un alto nivel de disponibilidad, será necesario degradar la consistencia, y viceversa.

4.2. Extensión del teorema

Para la comparación de alternativas en este trabajo, se toma en cuenta un concepto más desarrollado al teorema CAP, que considera un balance entre consistencia y minimización de latencia para el sistema en funcionamiento normal, y un balance entre consistencia y disponibilidad para el sistema en situación de SB. [36]

Con este concepto en mente, los SGBD se pueden clasificar en base a qué aspecto priorizan para cada situación, pudiendo pertenecer a una de las siguientes 4 categorías:

- PA EL (Disponibilidad en SB, Latencia en situación normal)
- PA EC (Disponibilidad en SB, Consistencia en situación normal)
- PC EL (Consistencia en SB, Latencia en situación normal)
- PC EC (Consistencia en SB, Consistencia en situación normal)

5. Comparativa

5.1. Realización

Para comparar cada alternativa e identificar aquellas que se ajusten a los requerimientos planteados inicialmente, se toman en cuenta diferentes configuraciones para algunos SGBD, según se vea necesario.

Niveles de consistencia:

- Consistencia Fuerte: Una vez que una transacción es confirmada, todas las peticiones de lectura posteriores obtienen los datos actualizados.
- Consistencia Eventual: Una vez que una transacción es confirmada, existe una ventana de tiempo en la cual ciertas peticiones de lectura podrían obtener una versión desactualizada de los datos.

Niveles de disponibilidad:

- Disponibilidad Alta (DA): Cualquier petición que llegue a algún nodo del clúster será procesada, ya sea de escritura como de lectura.
- Disponibilidad Todo-Nada (TN): Sólo los clientes con acceso al nodo primario o maestro tienen acceso de lectura y escritura a la totalidad de los datos. El resto no tiene acceso.

- Disponibilidad Todo-Sólo lectura (TSL): Sólo los clientes con acceso al nodo primario o maestro tienen acceso de lectura y escritura a la totalidad de datos. El resto tiene acceso de sólo lectura.
- Disponibilidad Todo-Nada por dato (TND): Sólo los clientes con acceso al nodo primario o maestro del registro a consultar tienen acceso de lectura y escritura sobre el mismo. El resto no tiene acceso.
- Disponibilidad Todo-Sólo lectura por dato (TSLD): Sólo los clientes con acceso al nodo primario o maestro del registro a consultar tienen acceso de lectura y escritura sobre el mismo. El resto tiene acceso de sólo lectura.

Aclaraciones:

* Si bien siempre y cuando se cumpla la regla $W+R>N$ Cassandra garantiza consistencia fuerte, dependiendo del valor de W el sistema podría perder disponibilidad ante SB.

** Si se configura la replicación de publicador a suscriptor como síncrona, los datos ingresados por un cliente no serán confirmados hasta que se hayan replicado a los nodos subscritores. En caso contrario es posible perder datos que no se hayan replicado a tiempo, ante la caída del nodo publicador.

*** Si el nivel de consistencia en escritura (W) es mayor a 1, la caída de un nodo no provocaría la posibilidad de pérdida de transacciones ya confirmadas. En caso contrario dicho evento sí puede ocurrir.

5.2. Resultados

Teniendo en cuenta las necesidades planteadas a comienzos del trabajo, y los aspectos comparados (véase Tabla 1), la elección a un SGBD se reduce a MySQL, con arquitectura maestro-esclavo (un único clúster); MongoDB, con lectura sólo en el nodo primario; Cassandra, con la configuración de consistencia fuerte; y HBase, con lectura sólo en el region-server primario para cada registro.

6. Conclusión

Si bien se redujo el número de alternativas planteadas inicialmente, no se ha llegado a establecer una única herramienta para satisfacer los requerimientos especificados a principios del trabajo. Se han identificado 4 alternativas viables para los requerimientos especificados, pero la elección final dependerá de criterios adicionales, no considerados en este trabajo, como la experiencia del equipo de desarrollo.

7. Referencias

[1] Solid IT, DB-Engines, <https://db-engines.com/en/ranking>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [2] Solid IT, DB-Engines Method, https://db-engines.com/en/ranking_definition
- [3] E. F. Codd, "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks", IBM Research Laboratory, San Jose, California, 1970
- [4] "Document database", MongoDB, <https://www.mongodb.com/document-databases>
- [5] "An introduction to Redis data types and abstractions", Redis, <https://redis.io/topics/data-types-intro>
- [6] Apache Software Foundation, "Apache HBase", <https://mapr.com/products/product-overview/apache-hbase/>
- [7] Neo4j, Inc. "What is a Graph Database", <https://neo4j.com/developer/graph-database/>
- [8] Oracle Corporation, "Replication", MySQL 8.0 reference manual, <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/replication.html>
- [9] Oracle Corporation, "NDB Cluster Replication: Multi-Master and Circular Replication", MySQL 8.7 reference manual, <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/mysql-cluster-replication-multi-master.html>
- [10] Mikael Ronström, Lars Thalman, "MySQL Cluster Architecture Overview", abril 2004.
- [11] The PostgreSQL Global Development Group, "Replication", PostgreSQL 9.1.24 Documentation, <https://www.postgresql.org/docs/9.1/static/runtime-config-replication.html>
- [12] Luka Perkov, Nikola Perkov, Juraj Petrović, "High-Availability Using Open Source Software" in 2011 Proceedings of the 34th International Convention MIPRO, Opatija, Croatia, May 2011.
- [13] The PostgreSQL Global Development Group, "Replication", PostgreSQL 9.1.24 Documentation, <https://www.postgresql.org/docs/10/static/warm-standby-failover.html>
- [14] The PostgreSQL Global Development Group, "Hot Standby", PostgreSQL 9.0 Documentation, <https://www.postgresql.org/docs/9.0/static/hot-standby.html>
- [15] The PostgreSQL Global Development Group, "Logical Replication", PostgreSQL 10 Documentation, <https://www.postgresql.org/docs/current/static/logical-replication.html>
- [16] MongoDB, Inc., "Replication", MongoDB Manual, <https://docs.mongodb.com/manual/replication/>
- [17] MongoDB, Inc., "Replica Set Data Synchronization", MongoDB Manual, <https://docs.mongodb.com/manual/core/replica-set-sync/#replica-set-sync>
- [18] Couchbase, "Availability", <https://developer.couchbase.com/documentation/server/current/understanding-couchbase/clusters-and-availability/replication-architecture.html>
- [19] Couchbase, "Failing over a Node", <https://developer.couchbase.com/documentation/server/current/clustersetup/failover.html>
- [20] Apache Software Foundation, "Replication", <http://docs.couchdb.org/en/stable/replication/intro.html#triggering-replication>
- [21] DataStax Inc., "Failure detection and recovery", https://docs.datastax.com/en/cassandra/2.1/cassandra/architecture/architectureDataDistributeFailDetect_c.html
- [22] Avinash Lakshman, Prashant Malik, "Cassandra - A Decentralized Structured Storage System", abril 2010.
- [23] Powerset, Inc., Jim Kellerman, "HBase: structured storage of sparse data for Hadoop".
- [24] Apache Software Foundation, Apache Zookeeper, <https://zookeeper.apache.org/>
- [25] Apache Software Foundation, "Replication", The Apache HBase™ Reference Guide, <https://hbase.apache.org/0.94/replication.html>
- [26] Apache Software Foundation, "Regions", The Apache HBase™ Reference Guide, <http://hbase.apache.org/0.94/book/regions.arch.html>
- [27] Redislabs, "Redis Persistence", <https://redis.io/topics/persistence>
- [28] Redislabs, "Replication", <https://redis.io/topics/replication>
- [29] Neo4j, Inc. "Introduction", Neo4j Operations Manual, <https://neo4j.com/docs/operations-manual/current/clustering/introduction/>
- [30] Neo4j, Inc. "Introduction - Editions", Neo4j Operations Manual, <https://neo4j.com/docs/operations-manual/current/introduction/#editions>
- [31] The PostgreSQL Global Development Group, "Conflicts", PostgreSQL 10 Documentation, <https://www.postgresql.org/docs/10/static/logical-replication-conflicts.html>
- [32] Apache Software Foundation, J. Chris Anderson, Jan Lehnardt, Noah Slater, "Consistency", CouchDB, The definitive guide, enero 2010.
- [33] DataStax Inc., "About data consistency", <https://docs.datastax.com/en/cassandra/2.1/cassandra/dml/dmlaboutDataConsistency.html>
- [34] Cloudera, Inc., "HBase Read Replicas", https://www.cloudera.com/documentation/enterprise/5-5-x/topics/admin_hbase_read_replicas.html
- [35] Dr. Eric A. Brewer, "Towards Robust Distributed Systems Distributed Systems", julio 2000.
- [36] Frazer Clement, "The CAP theorem and MySQL Cluster", marzo 2012, <http://messagepassing.blogspot.com/2012/03/cap-theorem-and-mysql-cluster.html>

Análisis de herramientas de Crawling para extracción de Tweets.

Demarchi Lisandro
Autor
Universidad Tecnológica
Nacional
Facultad Regional Villa Maria
lichi.d@live.com.ar

Cena, Norberto Gaspar
Tutor
Universidad Tecnológica
Nacional
Facultad Regional Villa Maria
ngcena@frvm.utn.edu.ar

Favro, Ignacio
Tutor
Universidad Tecnológica
Nacional
Facultad Regional Villa Maria
idfavro@frvm.utn.edu.ar

Abstract

El presente trabajo tiene como objetivo principal investigar sobre las herramientas disponibles en Python que permitan, mediante la metodología de crawling, la extracción de datos de las redes sociales para su posterior análisis. En este caso, se centra en la utilización de la red Social Twitter.

La puesta en práctica del desarrollo de una aplicación que permita obtener y analizar el contenido de Twitter es impulsada por las limitaciones económicas que su API posee, por lo que es necesario de una herramienta que pueda sobrepasar las mismas y así obtener los resultados buscados libres de condicionamientos de manera eficiente.

1. Introducción

Según estudios realizados (<https://digitalreport.wearesocial.com/>) la población argentina tiene unos 44.48 millones de personas. Sin embargo, posee unos 34.79 millones de usuarios en Internet, esto representa el 78% de la población. Y de ese 78% de la población, el 76% son usuarios activos en los medios sociales (34 millones de personas), esto significa que los usuarios siempre están conectados, sin importar las circunstancias. Esto sin dudas brinda un espacio a un nuevo y gran mercado para analizar o explotar conformado por personas de todas las edades y sexo.

Debido a la facilidad del acceso a las mismas, ya que en la actualidad la mayor parte de la sociedad posee un dispositivo móvil inteligente o acceso a internet capaz de ingresar a la red informal que prefiera, el estudio de las mismas se convirtió en una materia importante para obtener el máximo provecho y de esta manera encontrar ventajas frente a la competencia, detección temprana en cuanto a malestares u opiniones masivas, hallar tendencias o entender cómo se comporta una gran masa de personas. La principal característica a destacar es la instantaneidad que presentan, por lo que se puede saber

de manera fácil y rápida lo que sucede minuto a minuto en la realidad sin frontera alguna que lo impida.

En el presente trabajo, en su primera etapa, se investigo sobre distintas herramientas de crawling para poder extraer datos de redes sociales, en este caso, Twitter. Pasando a la siguiente etapa, donde ya se posee la herramienta con la cual desarrollar la aplicación, el objetivo de la misma consiste en la extracción de tweets a través de distintos parámetros establecidos. Como así también, la extracción de seguidores de cuentas específicas como ministerio de desarrollo de la república Argentina, o personas relevantes que sea interesante el contenido de sus publicaciones como la de sus seguidores mas populares.

Estos datos extraídos son utilizados para un análisis socio-cultural llevado a cabo por profesionales relacionados a los mismos, como por ejemplo sociólogos. De esta manera, el estudio de la sociedad cuenta con otra herramienta basándose en el contenido de las redes sociales.

2. Alternativas disponibles.

Observando el panorama actual, el análisis de datos de la red social de los "280 caracteres" es llevado a cabo a través de dos métodos los cuales tienen como objetivo en común la extracción de información para su posterior estudio.

Estos modos mencionados hacen referencia a:

- El desarrollo propio de cada individuo para obtener una aplicación, en el lenguaje que le resulte mejor (PHP, .NET, Python), la cual se comunique con la API y de esta manera lograr la obtención de los datos buscados.
- Por otra parte, se cuenta con la utilización de aplicaciones ya desarrolladas por terceros, donde las mismas (las más conocidas) cuentan con cierto respaldo en cuanto actualización de

funcionamiento y mantenimiento a través del tiempo.

Dentro de esta segunda clasificación se hallan distintas herramientas tales como servicios web o librerías desarrolladas de uso libre.

Del primer tipo se mencionan los triggers, es decir disparadores que están a la espera del suceso de un evento y cuando este es llevado a cabo, posteriormente almacenan la información captada. En este caso, se considera dicho evento la publicación de un tweet y cuando esto sucede, se lo almacena, por ejemplo, en una hoja de cálculo.

De estos servicios que se utilizan directamente desde la web, se investigó sobre IFTTT y Zapier.

El primero brinda varias posibilidades de obtención de datos, donde resulta más complejo encontrar la funcionalidad que la utilización de la misma. Permite la obtención por hashtag, por retweets, por nombre de usuario, almacenamiento en hoja de cálculo de Google, entre otros. Es de fácil registro. La funcionalidad recomendada es Twitter to spreadsheet, la cual vincula la cuenta de twitter y google drive para poder almacenar los datos de los tweets extraídos en una hoja de cálculo.

Mientras que la segunda opción, es de mayor facilidad para su utilización, pero posee la particularidad de que no es de uso libre. Es necesario adquirir la misma para la manipulación sin límites ya que se puede descargar la versión de prueba gratuita de 14 días de duración.

El impedimento que presentan estas herramientas descritas es que se basan en el uso de la API de Twitter por lo que presentan restricciones de carácter monetario, por ende, se descartan estas opciones. Y en mayor medida, la segunda opción (Zapier) ya que el objetivo es desarrollar una herramienta sin condicionamientos y de uso libre.

Basándose en la aplicación de librerías desarrolladas en Python, se encuentra Tweepy. La cual hace utilización de la API de Twitter lo que conlleva a todas las limitaciones mencionadas anteriormente. Lo que permite obtener solo los últimos 20 tweets publicados. Por lo que, se descarta el uso de dicha aplicación.

En cuanto a aplicaciones de Google Chrome, se halla Kwitty que permite una interfaz más simple y sencilla de la web oficial de Twitter. Donde brinda las ventajas de no lidiar con recomendaciones de usuarios a seguir, tendencias y demás cuestiones que alejan el centro de atención del usuario que lo que realmente le interesa que es el contenido de los tweets de las cuentas a cuáles sigue. Lo importante de esta herramienta es que posee una funcionalidad de extracción de lo publicado por un usuario y de manera sencilla. A través de la selección de un botón "Export" que se ubica en el perfil del usuario en cuestión, se obtiene una página html con los mismos.

Pero esta aplicación en la actualidad no está funcionando y no posee más soporte en la página oficial.

Por lo que, como las anteriores opciones, también se descarta el uso de la misma.

Luego de una búsqueda global, se encontraron muchas aplicaciones desarrolladas en distintos lenguajes por varios programadores diferentes, pero todas poseen la característica de que trabajan con la API de Twitter por lo que se ven afectadas a las limitaciones que esta presenta.

Los límites financieros anteriormente mencionados están relacionados a los tres niveles de búsqueda que ofrece la red social, que dependen del tipo de usuario. Estos son: Standard, que es la versión gratuita y libre que permite obtener las publicaciones de hasta 7 días con antigüedad. La segunda opción es la Premium que habilita obtener las publicaciones de 30 días hacia atrás y, por último, se presenta Enterprise que no posee límites de búsqueda. Pero cabe destacar, que el principal requerimiento de estas, que se lo puede considerar como una desventaja, es que la segunda y tercera opción son pagas. Por lo que se busca obtener una aplicación que brinde la posibilidad de captación de todas las publicaciones que el usuario requiera sin condicionamientos y de manera gratuita. Es aquí donde nace la principal motivación de esta investigación.

3. Análisis de herramientas.

Se procedió con el estudio y exploración de distintas herramientas las cuales permiten el desarrollo de una aplicación que satisface el objetivo del proyecto a cumplir.

Para ello se investigó sobre Selenium, Scrapy y por último BeautifulSoup en conjunto con MechanicalSoup.

La primera consiste en un conjunto de herramientas para automatizar los navegadores web en muchas plataformas pensando, en un principio, para un entorno de prueba pero que con el tiempo se le dio uso para la automatización de tareas administrativas en la web.

Con respecto a la segunda opción, se obtiene que Scrapy es un framework de código abierto de raspado de alta calidad y rastreo web escrito en Python, que se usa para rastrear sitios web y extraer datos estructurados de sus páginas. Se puede utilizar para una amplia gama de propósitos, desde la extracción de datos hasta el monitoreo y las pruebas automatizadas.

Y como tercera alternativa, se posee en conjunto dos librerías que se combinan donde MechanicalSoup se centra en automatizar la interacción con sitios web. Por lo que, almacena y envía cookies automáticamente, sigue los redireccionamientos y puede seguir enlaces y enviar formularios. Mientras que para la navegación de los documentos se utiliza BeautifulSoup, es decir en la

extracción de datos de archivos HTML y XML. Donde, en ambos casos, están escritas en Python.

El alcance del proyecto presentado está conformado desde el inicio de sesión en Twitter hasta la captación de la cantidad de tweets requeridos, ingresada por el usuario. Como así también, permite la funcionalidad de la extracción de los mismos según un rango de fechas.

Para dar comienzo a la estructura principal de la aplicación desarrollada se considera cuatro grandes partes o funcionalidades. Estas son: inicio de sesión, búsqueda de la cuenta para realizar el análisis, proceso de extracción y, por último, scrolling para la carga de más tweets.

En la primera etapa se presentan dos opciones: utilizar una cuenta ingresada por el usuario o una ya establecida por defecto, la cual fue creada para tal fin. La problemática que puede presentar la utilización de esta cuenta preestablecida es que sufra un bloqueo, por parte de Twitter, por la cantidad de logueos en un periodo corto de tiempo o por el acceso en distintas zonas del área global. De fácil solución, si cada usuario ingresa su cuenta.

Paso siguiente, en la etapa dos se requiere del ingreso de la cuenta que se desea aplicar dicho proceso. Cabe destacar, que se ingresa el nombre de cuenta de la misma manera que aparece en la red social. Como, por ejemplo: "Argentina".

Con respecto a la tercera etapa, es la que conlleva el proceso de mayor duración e importancia ya que centra el núcleo de la actividad. Es decir, en esta se lleva a cabo la extracción de los tweets de la cuenta anteriormente ingresada según la cantidad o rango de fechas ingresadas. La problemática que se presenta en esta sección consiste en que, si la cuenta a analizar posee tweets protegidos y si no se es seguidor de la misma, no se van a poder extraer.

Como última etapa, se presenta scrolling. La cual hace referencia al proceso de desplazamiento hacia abajo en las páginas web, donde en las redes sociales más utilizadas, presenta la característica del scroll infinito. Es decir, ver un contenido detrás del otro sin necesidad de que un usuario haga click en ningún momento, solo mover la barra de desplazamiento. En sí, este proceso está dentro de la sección anterior y puede ser utilizado o no, dependiendo de la cantidad de tweets que posea la extracción buscada.

Ya teniendo en claro la estructura, se presentan las ventajas, desventajas y problemáticas que presento cada herramienta investigada mencionadas anteriormente. Este proceso de aprendizaje del funcionamiento de las mismas, se realizó a través de la lectura de sus documentaciones oficiales en la web.

3.1 MechanicalSoup y BeautifulSoup

Comenzando por la ultima que se nombró, MechanicalSoup presenta el inicio de sesión más fácil de implementar y de mayor tiempo de respuesta ya que cuenta con la ventaja de que no necesita tener un navegador web corriendo (aunque puede ser lanzado).

```
import mechanicalsoup

browser = mechanicalsoup.StatefulBrowser()
browser.open("https://www.twitter.com/login")

browser.select_form('form[action="https://twitter.com/sessions"]')
browser["session[username_or_email]"] = "email_de_prueba"
browser["session[password]"] = "password"
browser.submit_selected()
```

Una vez realizado el proceso de "logueo" se implementa BeautifulSoup para trabajar con el contenido del código HTML. Cabe destacar, que el método de funcionamiento es offline. Es decir, que se descarga en un archivo la página web obtenida y a partir de este se llevan a cabo las acciones necesarias. Esto se puede notar con claridad al momento de lanzar el navegador, utiliza el protocolo File en vez de HTTP.

En base a la extracción de los tweets, se utilizaron selectores CSS para identificar cada una de las partes que se necesitan conocer. Estas son: usuario, cuenta, contenido del tweet, cantidad de likes, cantidad de comentarios, cantidad de retweets y fecha y hora de creación.

Para la identificación de estos se utilizó el atributo "name" de la etiqueta HTML que le corresponde a cada uno.

En el único caso donde se actuó diferente fue para el contenedor de las cantidades de comentarios, likes y retweets. Para esto se aplicó una lista Python que contenga lo que se encuentre en dicho contenedor con el selector ".ProfileTweet-actionCount", donde en su primer posición (0) se encuentra la cantidad de comentarios, en la siguiente la cantidad de retweets y por último, la cantidad de likes.

```
footer_tweet = tweet[t].select('.ProfileTweet-actionCount')
cantidad_likes.append(footer_tweet[2].text)
cantidad_retweet.append(footer_tweet[1].text)
cantidad_comentarios.append(footer_tweet[0].text)
```

En las primeras etapas esta herramienta no presento grandes dificultades. Las mismas aparecieron al momento de ejecutar el scrolling ya que al trabajar de manera offline no es posible que se vaya simulando dicho proceso. Por lo que en este trabajo se descarta el uso de la misma pero no esto no establece que no se pueda llevar a cabo.

3.2 Scrapy

Esta herramienta, al igual que la anterior, su funcionamiento posee una parte offline. Pero su procedimiento es diferente. Utiliza el concepto de arañas, que son aquellos procesos automatizados que permite explorar el código de una página web y de esta manera obtener lo que se solicite. Es decir, se lleva a cabo la descarga de dicha página en un archivo en la computadora donde se está ejecutando este método. Una vez obtenido este, se procede con el escaneo del mismo.

Se presentaron distintas problemáticas en la aplicación de esta tecnología, en las secciones de scrolling e inicio de sesión. Se investigó en la documentación oficial como así también en foros y no se encontró una solución o procedimiento que permitiera realizar las acciones requeridas. Pero esto no establece que esta tecnología no logre cumplir con lo mencionado. Aun así, para este trabajo de investigación se la descarta para el desarrollo de la aplicación.

3.3 Selenium

Se seleccionó esta herramienta para el desarrollo del algoritmo pertinente ya que frente a las otras presento ventajas relacionadas a la sencillez y facilidad en el aprendizaje de cómo utilizarla, además de sus aspectos técnicos en trabajar de forma online automatizando el navegador web que se quiera utilizar.

El principal problema que reflejo Selenium fue en el proceso de iniciar sesión ya que según lo establecido en la documentación oficial no funcionaba de manera correcta. Para la solución se procedió a trabajar con el concepto de cadenas de acciones en Python. Donde la primera rellena el campo de email, como así también el de contraseña y por último se ejecuta el botón “submit” para dar el inicio de sesión.

```
driver.get('https://twitter.com/login')
assert 'Twitter' in driver.page_source

userContainer = driver.find_element_by_xpath(
    '//input[contains(@class, "js-username-field email-input js-initial-focus")]')
passwordContainer = driver.find_element_by_xpath('//input[@type = "password"]')

submitButton = driver.find_element_by_xpath('//button[@type = "submit"]')
action = action_chains.ActionChains(driver)
action2 = action_chains.ActionChains(driver)
action.move_to_element(userContainer).send_keys("prueba@gmail.com") \
    .send_keys(keys.Keys.TAB).send_keys("contraseña").perform()

action2.move_to_element(submitButton).click().perform()
```

Se realizaron pruebas donde se estableció como objetivo captar 100 Tweets, cumpliéndolo en un tiempo de 58 segundos. Obviamente, esto depende de la velocidad de procesamiento de cada computadora donde se lo ejecute como así también su conexión a internet. Esta prueba fue efectuada en un navegador Google Chrome con la característica “headless”, es decir que trabaje en segundo plano y no ejecute la interfaz gráfica del mismo para mejorar el rendimiento general.

En cuanto a la opción de obtención de tweets por un rango de fechas establecido, la lógica que se utilizó para la misma fue la conversión de las fechas ingresadas por el usuario en las marcas de tiempo de UNIX para poder llevar a cabo la comparación de cuando se emitió cada publicación y de esta manera seleccionar solo aquellas que estén dentro de los límites.

En primera instancia se lleva a cabo la declaración de las fechas a utilizar, que se pasan por parámetro, pero en el ejemplo ya están establecidas para ser mas demostrativo. Luego se las convierte en marca de tiempo pero esto presenta el siguiente problema: en dicha conversión se tiene en cuenta la fecha determinada pero en el horario 00hs de ese día. Por lo que los tweets publicados durante el transcurso de dicho día de limite final (con el de inicio no hay conflicto) no se tienen en cuenta. Para ello, se procedió con la creación de la variable “fecha_fin_agregando_horas” donde se convierte en marca de tiempo la cantidad de 23 horas, 59 minutos y 59 segundos para luego sumarlos a la fecha fin correspondiente.

```
fecha_inicio = '2018-09-25'
fecha_inicio = datetime.datetime(int(fecha_inicio.split('-')[0]),
    int(fecha_inicio.split('-')[1]),
    int(fecha_inicio.split('-')[2])).timestamp()

fecha_fin = '2018-09-26'
fecha_fin = datetime.datetime(int(fecha_fin.split('-')[0]),
    int(fecha_fin.split('-')[1]),
    int(fecha_fin.split('-')[2]))

fecha_fin_agregando_horas = datetime.timedelta(hours=23, minutes=59, seconds=59)
fecha_fin = (fecha_fin + fecha_fin_agregando_horas).timestamp()
tiempo_creacion_tweet = []
b = 0
bd = self.driver.find_element_by_tag_name('body')
```

Otra funcionalidad que se puede ejecutar es la de extraer los cinco seguidores mas seguidos de una cuenta de manera ascendente.

Para ello, la lógica que se utilizó fue la siguiente: ingresar a la pestaña “followers” de la cuenta en cuestión, obtener la cantidad de seguidores de la misma, y en base a este numero, que se lo considera como el limite del ciclo, donde dentro de este se realiza el proceso de scroll para llegar al final y así conseguir la lista completa de todos los nombres de cuentas de los seguidores. Paso siguiente, es necesario ingresar a cada cuenta para obtener su respectiva cantidad de seguidores. Una vez adquiridos estos datos (cuenta con sus seguidores) se lleva a cabo el ordenamiento con criterio ascendente determinando las cinco cuentas mas seguidas.

4. Conclusiones

La realización del trabajo de investigación presentado, en mi apreciación personal, brinda la disponibilidad de una herramienta de gran potencial para analizar las emociones en las redes sociales. Gracias a la extracción de datos de Twitter en base a los parámetros que se le establezcan como la extracción por rango de fecha o obtener los principales seguidores mas seguidos.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Si bien la misma en el momento se encuentra en su primera versión, con el tiempo se puede perfeccionar como así también agregar mayores funcionalidades de gran utilidad.

Debido a la gran importancia, anteriormente mencionada, de las redes sociales en la vida cotidiana de las personas poseer una herramienta que permita obtener de una manera sencilla y en grandes volúmenes lo que sucede en ellas brinda la posibilidad de poder estudiarlas y así entender la actualidad. Si bien no es el principal método, es una herramienta más que ayuda con lo buscado.

La continuación de este proyecto consiste en que la salida obtenida de todo este proceso es utilizada como entrada, por ejemplo, a Vertica. Una base de datos analítica para Big Data que puede ser utilizada en redes sociales permitiendo realizar un análisis de grandes volúmenes de datos que, en este caso, están centrado en las emociones. Donde previamente se hace un tratamiento a los contenidos de los tweets. Es decir, se remueven las "stop words" que son aquellas palabras que no poseen significado. Luego del procesamiento realizado, una de las salidas posibles buscadas es la aplicación de la técnica de nube de palabras. Lo que permite visualizar cuales son las palabras más frecuentes en todos los tweets analizados. Cabe destacar, que los resultados que se obtienen de la herramienta presentada son dirigidos a profesionales dedicados al estudio de cuestiones socio-culturales como sociólogos.

5. Referencias.

- [1] <https://mechanicalsoup.readthedocs.io/en/stable/>
- [2] <https://scrapy.org/>
- [3] <https://www.seleniumhq.org/>
- [4] Xiamoing FU, "Social Network Analysis ", CRC Press, 2017.
- [5] Ryan Mitchell, " Web Scraping with Python", O'Reilly, 2015.

Desarrollo de modelo híbrido para la interacción con GPC

Berutti, Alejandro

Rossini, María Azul

INGAR - Instituto de Desarrollo y Diseño (CONICET-UTN)

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Abstract

En el último tiempo, el comercio electrónico de productos ha ganado gran popularidad entre las personas. Se ha aspirado a crear un modelo universal para la clasificación de dichos productos, con el fin de proporcionar uniformidad y consistencia a lo largo de todos los sistemas. Esto último es logrado gracias a las Ontologías. Este trabajo proporciona una solución correspondiente al modelado de la información de los productos de una empresa, haciendo uso de la estructura de la ontología Global Product Classification (GPC). Además, se elabora una solución que propone un modelo híbrido entre dos servidores MongoDB y Fuseki, compartiendo y aprovechando las mejores características de cada uno.

Palabras Clave

Ontologías, Web Semántica, MongoDB, Fuseki.

Introducción

En el último tiempo la Internet ha ganado popularidad, especialmente en el caso del comercio electrónico (e-commerce), conllevando a la investigación y creación de nuevas tecnologías para mejorar su eficiencia.

A partir de la problemática identificada en nuestro anterior proyecto con respecto al *E-Commerce*, específicamente la inconsistencia y/o duplicidad de la información alojada en catálogos de productos. Principalmente los problemas identificados fueron:

- Existen características que tiene diferentes nombres, pero se refieren a la misma propiedad.
- Para una misma característica, existen valores duplicados con diferente nombre.

Las ontologías resuelven el problema, creando un lenguaje universal que puede ser compartido y comprendido por todos los sistemas, para facilitar la comunicación

entre ellos y proporcionan un modelo que aumenta su interoperabilidad [1].

Una ontología es una descripción formal de objetos pertenecientes a un mismo dominio y sus propiedades, relaciones con otros objetos, axiomas y comportamiento. Los objetos representan individuos, y el conjunto de objetos que cumplen formalmente con las mismas propiedades pertenecen a una clase de la ontología [2]. Las ontologías se especifican en lenguajes formales. El lenguaje establecido por la W3C (World Wide Web Consortium) para el ámbito particular de la Web Semántica [3-4] es OWL (Web Ontology Language) y está basado en RDF (Resource Description Framework), un lenguaje utilizado para la descripción conceptual o modelado de la información que se implementa en los recursos web en forma de expresiones sujeto-predicado-objeto. Estas expresiones son conocidas como triples o tripletas en terminología RDF. El sujeto indica el recurso y el predicado denota rasgos o aspectos del recurso y expresa una relación entre el sujeto y el objeto.

En particular, en el dominio de E-commerce, la ontología más fuerte es GoodRelations la cual es un vocabulario estandarizado para información acerca de productos, precios, tiendas y compañías (disponible en <http://www.heppnetz.de/projects/goodrelations/>). Sin embargo, esta ontología no define categorías de productos. Por lo cual, los autores de la misma han propuesto unir GoodRelations con ontologías que representan taxonomías de clasificación de productos definidas en estándares como

Ecl@ss y GPC (Global Product Classification) de GS1.

En nuestro anterior proyecto “Almacenamiento de ontologías OWL para el E-Commerce” realizamos la población de la ontología GPC (*Global Product Classification*) a partir de una planilla de productos con sus características completada por personal de una empresa local, la misma contaba con los problemas mencionados anteriormente. Luego de la aplicación de diferentes filtros con diferentes técnicas de programación con el objetivo de hacer consistente la información, probamos dos alternativas diferentes para consulta y almacenamiento con el motivo de medir eficacia y eficiencia.

Luego de una investigación exhaustiva sobre el trabajo con ontologías y su forma de almacenamiento, el objetivo de nuestro actual proyecto es aprovechar la utilización de dos herramientas que se consideran muy potentes, tanto a la hora de almacenar información en donde cada elemento a guardar posea una estructura definida distinta, como a la hora de almacenar información referida a la estructura de una ontología, a razón de desarrollar una aplicación de escritorio que utilice lo mejor de cada herramienta.

Específicamente estas herramientas son *Fuseki*

(<https://jena.apache.org/documentation/fuseki2/>), un servidor que proporciona almacenamiento para distintos “Datasets”, que son conjuntos de datos almacenados en forma de tripletas. Y por último, *MongoDB*, (<https://www.mongodb.com/>) es una base de datos no relacional que almacena la información de forma flexible en documentos de tipo JSON.

Desarrollo

Para el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo las actividades especificadas en la Figura 1, y que se describen en esta sección.

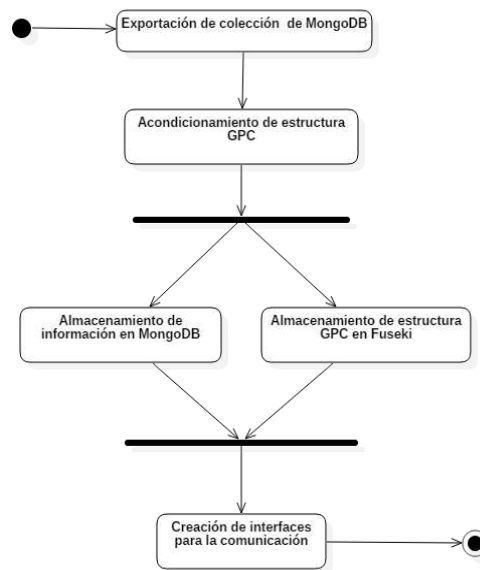


Figura 1

Se posee en principio, una ontología que previamente poblada, es decir, que posee elementos que forman de la misma, siendo estos elementos productos que forman parte de una empresa local. Cada uno de estos productos poseen distintas características. En este contexto, dichas características de cada elemento (producto) que forma parte de la ontología, se denominan propiedades. Dichas propiedades pueden ser, por ejemplo, su nombre, marca, modelo, etc. A su vez, cada elemento posee una identificación única representada por su ID. Cabe aclarar que, no todos los productos poseen las mismas características. Por ejemplo, pueden existir productos que posean nombre, y otros que no. No es obligación que todos los productos cumplan con la definición de todas las propiedades, sino que pueden utilizar sólo aquellas que necesitan. La única propiedad sí obligatoria es la identificación (ID). Esto proporciona que la información se pueda almacenar con una gran flexibilidad, ya que permite que no todos los productos deban poseer la misma estructura, sino que la misma se adapte a las necesidades del producto.

Se logró identificar, entonces, a partir del poblado de la ontología, que se podría dividir la misma en dos estructuras: Una siendo la estructura que forman todas las propiedades de todos los productos, ya sea que luego no todos los productos posean todas y cada una de ellas. Y la otra siendo los productos, cada uno con las propiedades con los valores que le corresponden a las mismas.

Exportación de colección de MongoDB

A partir de lo obtenido de nuestro anterior proyecto, se exportó la información de todos los productos guardada en el servidor en forma de colección a un archivo JSON, con el motivo de poder utilizarlo en nuestra aplicación híbrida de escritorio. Un producto alojado en el servidor tiene la forma:

```
{ "_id": "http://www.ebusiness-unibw.org/ontologies/pcs2owl/gpc/10000",  
  "nombre": "Máquina de coser Singer Florencia 68 BL",  
  "marca": "SINGER",  
  "modelo": "FLORENCIA 68 BL",  
  "descripcion": "Regulador de Zig-Zag. Devanador y posicionador de aguja. 100 funciones....",  
  "caracteristica": "Cantidad de funciones: 100.  
Tipos de aguja: Simple y doble.  
...",  
  "tipo": "Sewing/Knitting Machinery (Powered) [Generic Concept: This type of goods]",  
  "categoria 1": "Pequeños electrodomésticos",  
  "categoria 2": "Limpieza y Hogar",  
  "categoria 3": "Maquinas de coser" }
```

Se pueden observar las diferentes propiedades en negrita. Dentro del servidor MongoDB, se almacenarán los productos o elementos que forman parte de la ontología. Cada uno con sus propiedades correspondientes.

Como se dijo antes, no todos los productos poseen las mismas propiedades, es decir, que no todos tienen la misma estructura. MongoDB permite esta flexibilidad, ya que, cada documento que se encuentra dentro de la base de datos no debe tener la misma estructura, ya que se trata de una base de datos no relacional.

Entonces, la solución se basa en tomar cada producto individualmente y transformarlo en un documento de MongoDB de la siguiente manera: Cada documento de mongo se identifica con un ID, luego, se asignó el ID del producto a este campo. Luego, todas las propiedades restantes se almacenan como las propiedades del documento, con su valor correspondiente al producto que se esté intentando almacenar. Esto es lo que crea que todos los documentos tengan una estructura distinta, porque sólo “copian” la estructura que tiene cada producto en particular.

Acondicionamiento de estructura GPC

Según las propiedades utilizadas por la empresa para describir los diferentes productos almacenados, obtuvimos algunas de las propiedades existentes en la ontología y creamos las faltantes. Para facilitar el acceso a las mismas, se creó una propiedad “madre” de la cual todas las propiedades utilizadas serán subpropiedad. Específicamente de la forma:

```
ObjectProperty g =  
model.createObjectProperty(gr+"product  
AndServiceProperties");  
  
DatatypeProperty nombre_producto =  
model.getDatatypeProperty(gr+"name");  
  
ObjectProperty marca_producto =  
model.getObjectProperty(gr+"hasBrand");  
  
DatatypeProperty modelo_producto =  
model.createDatatypeProperty(gr+"mode  
lo");
```

```
DatatypeProperty descripcion_producto =  
model.getDatatypeProperty(gr+"descripti  
on");
```

```
DatatypeProperty características =  
model.createDatatypeProperty(gr+"caract  
erísticas");
```

```
DatatypeProperty cat=  
model.getDatatypeProperty(gr+  
"category");
```

```
g.addSubProperty(nombre_producto);  
g.addSubProperty(marca_producto);  
g.addSubProperty(modelo_producto);  
g.addSubProperty(descripcion_producto);  
g.addSubProperty(características);  
g.addSubProperty(cat);
```

Se puede observar que algunas propiedades son del tipo *ObjectProperty* lo que significa que el objeto de la tripleta será un objeto instancia de una clase existente en la ontología, tal como la marca. El otro tipo de propiedad, el cual es predominante, es *DatatypeProperty*, que indica que el objeto de la relación será un literal, como un tipo de dato *String* o *Integer* según sea el caso. El prefijo “gr” observado es el URI (*Uniform Resource Identifier*) mediante el cual se identifica la ontología *GoodRelation*, se utilizó este ya que las propiedades se encuentran alojadas en esta ontología.

Almacenamiento de información en MongoDB

Como se explicó anteriormente, se exportó toda la información referida a cada producto a un documento JSON. El conjunto de todos estos documentos conforman la ontología poblada. Estos documentos forman parte de una colección en MongoDB. Cada documento tiene su propia estructura y sus propias propiedades asociadas a un producto en particular.

Luego de haber exportado toda la información referida a los elementos que

forman parte de la ontología, se pueden utilizar otras funcionalidades que permite MongoDB para el manejo de sus documentos.

En este caso, se optó por utilizar dos de ellas, una para modificar los productos existentes, y otra para crear nuevos productos para que formen parte de la base de datos. Se incluye además una opción para eliminar documentos.

Modificación de productos

Como se mencionó, se permitió que los documentos se puedan modificar. El procedimiento es muy sencillo, ya que lo único que se debe hacer es permitir buscar el documento, mediante ciertos criterios, y luego modificar los campos del documento que se deseen. El único campo no modificable es el ID. El resto de los campos son modificables, y lo único que debe hacerse es reemplazar el documento ya existente en mongo, por uno nuevo que posea los datos modificados, como se muestra en el siguiente cuadro:

```
public long modificarDoc(Document  
doc_nuevo, Document viejo){  
  
Bson filter =  
Filters.eq("_id",doc_nuevo.get("_id"));  
  
return coleccion.replaceOne(filter,  
doc_nuevo).getModifiedCount();  
}
```

Eliminación de productos

Esta funcionalidad es sencilla, ya que se permitirá la utilización de filtros, que determinen mediante ciertos criterios, cuál es el documento que se desea eliminar. Una vez elegido el mismo, sólo resta quitarlo de la colección, como se muestra a continuación:

```
public void eliminarDoc(Document doc){  
coleccion.deleteOne(doc); }
```


Creación de productos

Esta funcionalidad se practica en conjunto con el servidor Fuseki, y se desarrolla de la siguiente manera:

Se obtiene primeramente la estructura de la ontología (GPC) que se posee almacenada en el servidor Fuseki, como se explica luego en el siguiente apartado. Dicha estructura proporcionará las distintas propiedades que posee la ontología, lo cual no quiere decir que todos los productos ya existentes dentro de la ontología posean todas estas propiedades.

Luego, se visualizarán estas propiedades, y se permitirá elegir las propiedades que se deseen para que formen parte del nuevo producto a elaborar.

Para cada propiedad deseada se ingresa su valor correspondiente. El único campo obligatorio es el ID, ya que todos los productos deben tenerlo, el resto de los campos son opcionales.

Una vez ingresada la información del nuevo producto, se crea un nuevo documento de MongoDB con la información ingresada. Este documento formará parte de la colección previamente existente, que contiene todos los productos.

Una vez conformado entonces el nuevo documento, se agrega a la colección de la siguiente forma:

```
public void agregarDoc(Document d){  
    this.coleccion.insertOne(d); }  
}
```

Almacenamiento de estructura GPC en Fuseki

Una vez acondicionada la ontología procedimos con el almacenamiento de la misma en el servidor *Fuseki* para el posterior uso en nuestra aplicación.

Para lograr esto trabajamos en *Fuseki* en segundo plano como un servidor incrustado. La aplicación puede trabajar con seguridad con el dataset directamente desde Java, mientras que se proporciona acceso a través de HTTP. El servidor

incrustado no depende de ningún archivo en disco, y se trabaja directamente desde Java. La aplicación puede acceder con seguridad y modificar los datos publicados por el servidor si lo hace dentro de una transacción utilizando una opción de almacenamiento adecuada.

TDB (*Triplet DataBase*) es una buena opción para una base de datos persistente, es un componente de Jena para almacenamiento y consulta de datasets RDF.

Por esto, en primer lugar, procedimos con la creación del almacenamiento persistente pasando como parámetro una dirección de un directorio local.

```
Dataset  
data=TDBFactory.createDataset(d_path);
```

Una vez creado el almacenamiento persistente, procedemos con la inclusión del modelo (ontología) acondicionado, para su posterior almacenamiento en *Fuseki*.

```
data.begin(ReadWrite.WRITE);//Comien  
zo de la transacción  
  
Model model=  
data.getDefaultModel();//Obtenmos el  
DefaultModel del dataset  
  
model.read(FileManager.get().open(m_pa  
th,"");//Leemos la ontología  
  
data.commit();//Aceptamos los cambios  
data.end();//Termina la transacción
```

Luego de esto, procedimos con la creación del servidor mediante el *Dataset* obtenido, especificando nombre y puerto.

```
FusekiServer server =  
FusekiServer.create().setPort(this.port).a  
dd(this.name, this.data).build();
```

Para poder acceder a esto utilizamos la interfaz *DatasetAccessor* que provee todas las operaciones de acceso al dataset para poder trabajar con el mismo en toda nuestra aplicación.

```
DatasetAccesor accessor =
DatasetAccessorFactory.createHTTP("http://localhost:"+this.port+this.name+"/data");

Model model = accessor.getModel();
//Obtenemos el modelo (ontología)
```

Ahora ya disponemos de nuestra estructura de la ontología GPC para trabajar con ella en nuestra aplicación híbrida.

Creación de las interfaces para la comunicación

Como interfaz principal tenemos la pantalla de inicio, la cual ofrece las tres funcionalidades principales de la aplicación. **Buscar Producto**, **Agregar Producto**, **Consultar Ontología**. Se la puede observar en la Figura 2.

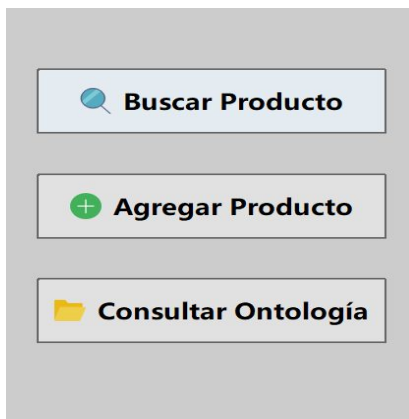


Figura 2

Buscar Producto

Esta interfaz, visualizada en la Figura 3, permite que el usuario ingrese ciertos criterios para poder iniciar la búsqueda de un producto determinado. No es necesario que se ingresen todos los criterios, sino que el usuario puede determinar aquel que desee.

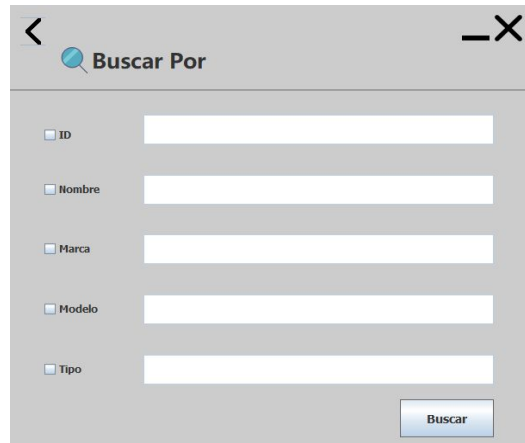


Figura 3

Resultados de la búsqueda

Esta interfaz, que se observa en la Figura 4, es aquella que muestra todos los productos que coincidieron con las condiciones ingresadas al momento de buscar un producto. El usuario puede seleccionar cualquier producto que se muestre en la tabla, y elegir modificarlo o eliminarlo. Si decide modificarlo, se visualizará la interfaz mostrada en la Figura 5. Si decide eliminarlo, sólo verificará con el usuario que está de acuerdo con la decisión, y luego eliminará el producto de la base de datos, sin visualizarse ninguna interfaz nueva.



Figura 4

Modificar Producto

Se visualiza la interfaz referida a esta funcionalidad en la Figura 5. El usuario podrá modificar los campos que desee y

luego guardar las modificaciones realizadas. Como se mencionó anteriormente, no podrá modificar el ID referido al producto.

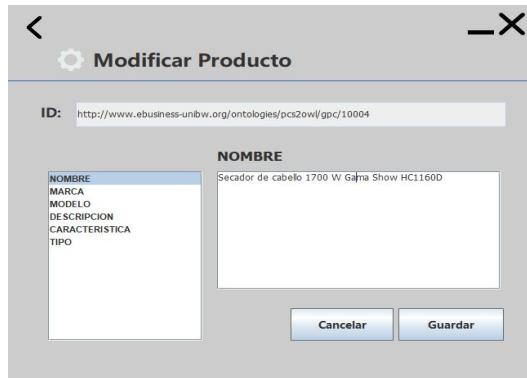


Figura 5

Agregar Producto

La interfaz referida a esta funcionalidad se visualiza en la Figura 6. Esta permite al usuario seleccionar las propiedades que desea agregar al producto a crear. El usuario sólo debe seleccionar la misma e ingresar el valor correspondiente a la propiedad, y luego presionar el botón Aceptar. Una vez que cree que ha finalizado con la creación del producto, sólo presionará Guardar Producto, y el mismo se almacenará en la base de datos de MongoDB.



Figura 6

Consultar Ontología

Los detalles de esta interfaz se pueden observar en la Figura 7.

Dentro de la misma se encuentra la taxonomía de productos propuesta por GPC en forma de clases. También se ofrece la posibilidad de modificar la estructura de la ontología, mediante la agregación/eliminación de clases y propiedades, de esta forma el usuario puede comenzar a proponer su propia estructura.

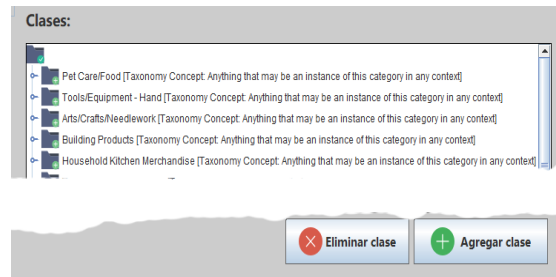


Figura 7

En la Figura 7 podemos observar las clases organizadas en forma de árbol jerárquico y el botón para eliminar y agregar clases. Nota: la imagen fue cortada para su mejor visión.

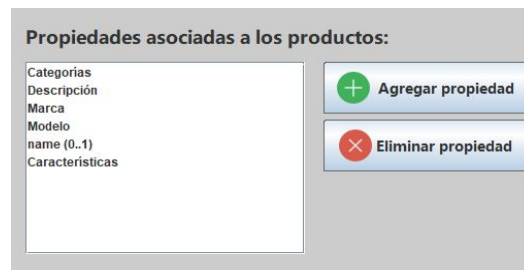


Figura 8

Dentro de la misma interfaz se encuentra la sección en la cual se pueden agregar nuevas propiedades o eliminar las existentes. Se puede observar esto en la Figura 8.



Figura 9

Para agregar una nueva propiedad, primeramente se debe elegir el tipo, luego, opcionalmente, se puede completar los comentarios de la misma. El identificador (URI) se completa automáticamente según el nombre de la propiedad. La Figura 9 ilustra esto.

Por último, para agregar una clase, se debe elegir una taxonomía incluida en el árbol para que, esta nueva clase, sea subclase de la elegida. Al igual que en la sección de propiedades el URI se completa automáticamente según el nombre de la clase. La Figura 10 ilustra todo esto.

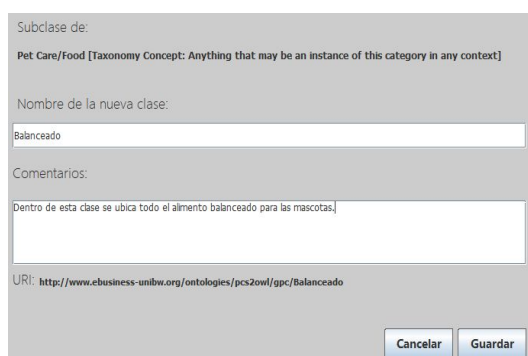


Figura 10

Conclusión y Trabajos Futuros

Se puede afirmar que hoy en día, la generación de un modelo semántico capaz de ser entendido por máquinas posee una complejidad elevada y sólo puede llevarse a cabo cuando se tiene un completo conocimiento del dominio en dónde se está trabajando. A su vez la información para construir dicho modelo debe respetar un estándar que permita la automatización para poder procesar grandes cantidades de información.

La utilización de estas dos poderosas herramientas permitió que el problema sea de cierta forma, más sencillo ya que ofrecen una gran cantidad de funcionalidades que permiten simplificar el manejo de las ontologías junto con las bases de datos.

Creemos que todavía existen dificultades al momento de tratar con los productos ya creados, ya que no todos poseen la misma estructura, lo cual implica que las interfaces

y el código deban adaptarse a dicha cualidad. La flexibilidad que posee MongoDB es muy positiva al momento de poder almacenar los datos, pero presenta una dificultad para poder adaptar los mismos a un modelo. El trabajo a futuro se basará en refinar estos problemas ya resueltos con respecto al manejo del modelo con MongoDB.

También, como a trabajo a futuro, queda pendiente el desarrollo de aplicaciones utilizando las herramientas de almacenamiento por separado, de esta manera seremos capaces de medir eficiencia, comparar resultados y sacar conclusiones al respecto.

Referencias (Times New Roman, 10, negrita).

- [1] Solving integration problems of e-commerce standards and initiatives through ontological mappings. Oscar Corcho, Asunción Gómez-Pérez. 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2001.
- [2] A Requirement Ontology for Engineering Design, Jinxin Lin, Mark S. Fox and Taner Bilgic Concurrent Engineering, 4:3, 1996.
- [3] The Semantic Web. Tim Berners-Lee, James Hendler and Ora Lassila. Scientific American, May 2001.
- [4] The Semantic Web in Action. Lee Feigenbaum, Ivan Herman, Tonya Hongsermeier, Eric Neumann, and Susie Stephens. Scientific American, Dec 2007.
- [5] Bailey, D., Gilbert, J., Hawkins, B., Mowad, M., Smith, A. Global Product Classification (GPC) - Development & Implementation Guide, 2012.

Datos de contacto:

Berutti Alejandro, UTN FRSF. Mendoza 924 - Estación Matilde, CP 3000, Santa Fe. ale_berutti@hotmail.com.

Rossini María Azul, UTN FRSF. Barrio La Tatenguita S/N - Santo Tomé, CP 3016, Santa Fe. mazulrossini@gmail.com.

Difusión y transferencia educativa de herramientas TIC para estudiantes con disminución visual

Saenz Kotyk, Juan Manuel

Vargas, Karina Soledad

Universidad Tecnológica Nacional FRRE, GIESIN

Abstract

La UTN FRRe, específicamente el Grupo de Investigación Educativa sobre ingeniería (GIESIN) se encuentra trabajando sobre el proyecto de investigación "El uso de las TIC para favorecer la inclusión de los disminuidos visuales en la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información". Uno de los objetivos del proyecto que se desarrolla en el siguiente artículo es analizar y difundir distintas herramientas TIC como medios para favorecer la inclusión de alumnos disminuidos visuales y ciegos a las carreras de ingeniería, específicamente la carrera de ingeniería en sistemas de información.

Como consecuencia de esta investigación, surge la problemática de la poca difusión de las herramientas que existen para facilitar el estudio de estas carreras, así como también la baja calidad de los tutoriales disponibles en internet. Para hacer frente a esta situación, es que el grupo de investigación se ha propuesto hacer un análisis profundo de las herramientas encontradas, y difundir su uso.

El objetivo del presente trabajo es introducir a las herramientas analizadas, detallar la problemática encontrada, y hacer énfasis en la propuesta de solución que consiste en la transferencia a la comunidad educativa de tutoriales que expliquen detalladamente el uso e implementación de las herramientas.

Palabras Clave

Accesibilidad, disminución visual, inclusión, TIC.

Introducción

La inclusión de personas en situación de discapacidad, no solo es un objetivo que se han propuesto muchas instituciones educativas en la actualidad, sino que también es una obligación. Este propósito que ha sido liderado por organismos multilaterales como la Organización de las

Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), y cuyos principios se han expresado a través de diversas declaraciones, conferencias e informes (Parra, Pasuy & Flórez, 2012) [1] El objetivo de estos procesos de inclusión es la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad, favoreciendo aquellos factores personales y ambientales que impacten positivamente su nivel de vida, así como las relaciones laborales y familiares de este grupo poblacional (Henao & Gil, 2009) [2]. Lo anterior implica cambiar la visión asistencialista con que la sociedad usualmente ha tratado a los discapacitados, limitando sus posibilidades, por otra en la cual ellos puedan asumir su propio destino con autonomía (Picolo & Mendes, 2013) [3]. Es así como los sistemas educativos en varios países de Latinoamérica buscan generar propuestas educativas incluyentes, que garanticen procesos efectivos de aprendizaje, acceso, permanencia, promoción y evaluación para las personas con Necesidades Educativas Especiales, NEE (Fabela & Robles, 2013) [4].

En los últimos años se han incrementado notablemente los esfuerzos de investigación en el desarrollo de estrategias que mejoren la calidad de la educación, a través de las posibilidades que brindan las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

El siguiente trabajo aborda la problemática que se les presenta a los alumnos con disminución visual - sobre todo en aquellos que presenten una disminución visual total - al momento de estudiar carreras que incluyen contenido matemático, como ocurre en las ingenierías. Las materias del área de matemáticas presentan una gran dificultad de comprensión debido a que los temas que trata (ecuaciones, fórmulas, etc.) no son interpretados correctamente por los lectores de pantalla. Los problemas de compatibilidad ocurre con la mayoría de los formatos digitales (PDF, doc, HTML).

Esta situación implica que el alumno con disminución visual necesite ayuda de terceros para la correcta interpretación de los contenidos dados. También se presentan inconvenientes cuando el alumno trata de formular sus propias respuestas a las ecuaciones o cualquier otro contenido simbólico-matemático, el alumno intentará expresarse en algún estándar de escritura braille (como por ejemplo el "Nemeth" o "Notación U" que están diseñados para la escritura braille de simbología matemática) y el profesor no sabrá descifrarlo.

La propuesta presentada pretende acortar la brecha entre el docente y el alumno a la hora de expresarse matemáticamente, permitiendo que los programas utilizados realicen las conversiones necesarias para que la comunicación alumno-docente se lleve a cabo sin ningún tipo de esfuerzo extra, más allá de los propios esfuerzos por comprender los contenidos de la materia. Además el trabajo contempla la distribución de la solución mediante medios de uso común entre las personas, como ser las redes sociales. En este caso se considerará "Youtube" como medio de difusión, que permitirá a la persona con disminución visual comprender cómo preparar el ámbito de trabajo y el uso de las herramientas recomendadas para el desarrollo de las actividades.

Desarrollo

La experiencia llevada a cabo se puede resumir en dos etapas: En la primera se definió el ámbito de trabajo, y en la segunda etapa se enseñó a utilizarlo.

De este modo se comenzó una búsqueda de alternativas que permitieran facilitar la comprensión y resolución de problemas matemáticos. Para ello el equipo se familiarizó con conceptos y contenidos que ameritaba el contexto analizado; como la escritura braille, la accesibilidad y software que facilite la interpretación de simbología matemática mediante sonido (lectores de pantalla). Una vez comprendido el ámbito de estudio, se realizó la búsqueda de herramientas que permitieran avanzar hacia los objetivos.

Tipo	Analizado	Alcance
Lector de pantalla	NVDA, lector de Windows	Ambos
Lupa	Lupa incorporada de Windows	Disminuidos visuales
Editor matemático	LAMBDA	Ambos
Traducción texto a audio	Balabolka http://vozm.e.com/index.php?lang=es	Ambos

Tabla 1. Tabla de herramientas [5]

Fue durante esta búsqueda que se detectó otra complicación. El inconveniente no era solamente establecer un ámbito de trabajo que le permitiera al alumno con disminución visual realizar ejercicios, sino también la falta de ayuda en línea de cómo implementar una solución y ejemplos de resolución de ejercicios que son fundamentales para facilitar la comprensión

de los contenidos. Además de presentarse escasas alternativas de herramientas que permitan la correcta escritura de la simbología matemática y su posterior conversión a Braille.

Con este nuevo escenario se decidió poner a disposición de la comunidad un canal de Youtube donde se pudieran compartir videos y documentos explicativos de las herramientas de la tabla 1 que permita llevar a cabo la instalación de programas útiles para el estudio de esta ciencia, así como también la ejemplificación de ejercicios que permitan reducir el esfuerzo y tiempo de estudio a aquellos alumnos que presenten disminución parcial o total, facilitando la comprensión de los temas.



Figura 1

El escenario que presenta mayor complejidad es aquel necesario para una persona que padece de una disminución visual total, y es por ello que la investigación y la experiencia se centró principalmente en soluciones para personas ciegas. En el caso de considerar personas con disminución visual parcial, las soluciones encontradas también son aplicables, encontrándose a su vez otras opciones adicionales que facilitan el estudio y la comprensión de los temas, como ser lupas, configuración del contraste en la pantalla y/o cursor, teclado en la pantalla y todo aquello que facilite la lectura de una persona que presente capacidad de desempeño visual aceptable.



Figura 2

Trabajos Relacionados

La base de este estudio se centró en las herramientas que fueron utilizadas por estudiantes ciegos de la carrera Ingeniería en las distintas universidades de la Argentina, y que mediante el uso de éstas lograron cumplir su objetivo de graduarse. Se obtuvo información sobre las herramientas utilizadas, licencias de software, nivel de braille que manejaba el estudiante, así como también el rol que desempeñaba el docente en estos casos.

Se logró contactar a una profesional (Licenciada en Sistemas) de la Universidad Nacional de Lanús Argentina, quien brindó información sobre las diferentes improntas que subyacen a la hora de enseñar alumnos con disminución visual y dar significancia a ciertos contenidos. Del trabajo realizado por dicha docente se tomaron distintos datos, experiencias y aportes relacionados con las distintas herramientas disponibles en la temática.[6]

Conclusión y Trabajos Futuros

El trabajo realizado pretende llevar al alumno disminuido visual a un nivel de independencia estudiantil total, permitiéndole valerse por sí mismo y lograr que tenga las mismas oportunidades en las carreras ingenieriles que un alumno sin discapacidad visual. De esta manera promover la autonomía de los alumnos y que las distintas realidades no representen una limitante a la hora de estudiar.

Para ello, se propone la difusión de herramientas que acortan la brecha docente-alumnos, y se pone a disposición de la comunidad videos explicativos del uso e implementación de las TIC estudiadas y analizadas.

La inclusión es posible, se requerirá de un gran trabajo interdisciplinario y de mucho empeño y compromiso por parte del estudiante con disminución parcial o total de la visión para alcanzar las expectativas y objetivos propuestos. Ante este escenario, y en virtud de las políticas ya existentes para favorecer la inclusión, se requiere emprender un sinnúmero de acciones. López (2008) [7] argumenta que los docentes y los estudiantes universitarios requieren un conocimiento sólido que les permita crear las condiciones para que los estudiantes con discapacidad cuenten con acceso a la información e interactúen socialmente en sus contextos educativos, independientemente de sus carencias individuales.

Referencias

- [1] Parra, A. M., Pasuy, L. J., & Flórez, J. A. Atención a estudiantes con necesidades educativas diversas: Clave para la construcción de Instituciones de educación superior inclusivas (Tesis de grado). Universidad de Manizales, Colombia; 2013
- [2] Henao, C. & Gil, L. (2009). Calidad de vida y situación de discapacidad. Hacia la Promoción de la Salud, 4(2), 112-125; 2009 Recuperado de http://promocionsalud.ucaldas.edu.co/downloads/PromocionSalud14%282%29_9.pdf
- [3] PICCOLO, G. M. & MENDES, E. (2013). Contribuições a um pensar sociológico sobre a deficiência. Educação&Sociedade, Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302013000200008&lng=en&tlng=pt.10.1590/S0101-73302013000200008
- [4] Fabela & Robles. Educación inclusiva y preparación docente: percepciones y preocupaciones de docentes en el aula de educación regula. En Aprender a ser docente. Simposio Internacional; 2013. <http://som.esbrina.eu/aprender/docs/3/FabelaCardenasMarthaArmidarRoblesTrevinoLauraAlicia.pdf>
- [5] Maria Bianca Marin, Maria del Carmen Maurel, Teresita Barrios y Fernando Soria (2018) - El recorrido de la UTN FRRE en la inclusión de los disminuidos visuales. IV Congreso Argentino de Ingeniería - X Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería.
- [6] Giménez Adriana y Loidi Laura (2017) - Accesibilidad matemática a través de la tecnología - CIBEM Madrid 2017 - ISBN: 978-84-945722-2-7 VIII CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA.
- [7] López, A. (2008). Fomentando la reflexión sobre la atención a la diversidad. Estudios de caso en Chile. REICE, Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 6 (2).

Datos de Contacto:

Saenz Kotyk, Juan Manuel.
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad
Regional Resistencia
Dirección postal: 3500
juan.saenz.k@gmail.com

Vargas, Karina Soledad.
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad
Regional Resistencia
Dirección postal: 3500
karinavargas365@gmail.com

Implementación web de herramienta de seguridad informática Nmap.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Villa María.

Norberto Gaspar Cena
(Tutor Docente)

Dpto Ing. en Sistemas
de Información

UTN – Facultad Regional
Villa María

ngcena@frvm.utn.edu.ar

Ignacio Daniel Favro
(Tutor Docente)

Dpto. Ing. en Sistema
de Información

UTN – Facultad Regional
Villa María

idfavro@frvm.utn.edu.ar

Franco Tobaldi
(Autor)

Dpto. Ing. en Sistemas
de Información

UTN – Facultad Regional
Villa María

franco_toba@hotmail.com

Abstract:

En el presente trabajo se pretende analizar distintas ofertas de software que permiten realizar un análisis de servicios publicados a internet de las conexiones, mediante un escaneo de puertos que se encuentren abiertos en la red pública del usuario, como así también realizar recomendaciones hacia el mismo. Esto se realiza con vista en generar conciencia sobre uno de los aspectos de seguridad informática en usuarios sin experiencia técnica.

Introducción:

Actualmente es muy frecuente que programas malignos traten de acceder a nuestro ordenador para conseguir información valiosa. Una de las formas más habituales es a través de los puertos de nuestro dispositivo que se encuentren abiertos. Cabe destacar que un puerto es una interfaz que utiliza un ordenador conectado a una red para el direccionamiento al servicio del dispositivo (direccionamiento de capa 4), para la entrada y salida de datos. Los mismos se enumeran del 0 hasta el 65535.

La mayoría de los usuarios, empresas u organizaciones que utilizan un ordenador y tienen acceso a internet, desconocen el funcionamiento de los puertos, y por lo cual, por lo general, poseerán la configuración por defecto del proveedor de internet elegido. O incluso aquellos con ciertos conocimientos realizan una o varias aperturas de algunos puertos para permitir el funcionamiento de ciertos programas, juegos, cámaras de seguridad, entre otros.

Para poder detectar que puertos se encuentran

actualmente en un dispositivo existe una herramienta conocida como Nmap. La misma posee varias funcionalidades para utilizar. Una de ellas es escanear los puertos de una IP específica o de una red, especificando la IP y la máscara de red, con la cual podremos saber específicamente cuales puertos se encuentran actualmente abiertos y para poder así, investigar sobre el funcionamiento del dicho puerto. Podríamos cerrar el mismo, pero podría interrumpir el funcionamiento de alguna aplicación del dispositivo.

La Internet Assigned Numbers Authority (IANA) ha definido una lista de puertos divididos en 3 rangos. Primero los llamados puertos del sistema, los cuales son por debajo del 1023 (inclusive), y son utilizados de forma predeterminada para aplicaciones importantes y comunes. Veremos algunos de ellos y sus funcionalidades:

Numero de puerto	Nombre	Descripción
21	FTP	Puerto del Protocolo de transferencia de archivos.
22	SSH	Servicio de shell seguro.
79	Finger	Servicio Finger para información de contacto de usuarios.
80	HTTP	Protocolo de transferencia de hipertexto para

		los servicios del World Wide Web (WWW)
143	IMAP	Protocolo de acceso a mensajes de Internet.
161	SNMP	Protocolo simple de administración de redes.
443	HTTPS	Protocolo de transferencia de hipertexto seguro.
465	SMTSPS	Protocolo simple de transferencia de correo segura.
546	DHCPV6-client	Cliente DHCP, Protocolo de configuración dinámica de host.
547	DHCPV6-server	Servidor DHCP, Protocolo de configuración dinámica de host.
587	Submission	Agente de entrega de mensajes de correo.
993	Imaps	Protocolo de acceso a mensajes de Internet sobre Capas de enchufes seguras.
995	Pop3s	Protocolo de oficina de correos versión 3 sobre Capa de enchufe segura.

Segundo los puertos del usuario que van del 1024 al 49151, algunos conocidos son:

- Memcached, puerto 11211.
- SQL Server, puerto 1433.
- Escritorio remoto, puerto 3389.
- PostgreSQL, puerto 5432.
- MySQL, puerto 3306.

Estos últimos puertos, entre otros, pueden presentar un riesgo al estar abiertos. Se pueden tomar ciertas medidas para poder protegerse ante ataques:

- Utilización de cortafuegos.
- Cerrar puertos que no tienen utilidad.
- Utilizar VPN (red privada virtual) en lugar de escritorios remotos.

- Mover los puertos comunes a puertos altos para que sean más difícil de encontrar.
- Utilización de aplicaciones de seguridad como Fail2Ban, el cual bloquea conexiones remotas que intentan realizar ataques de fuerza bruta.
- Proteger el protocolo SSH usando autenticación de clave pública SSH, y también desactivando inicios de sesión como raíz.

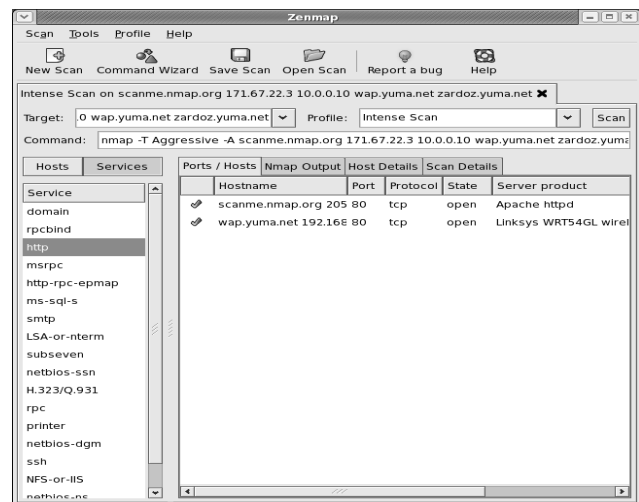
Y, por último, los puertos privados o dinámicos que van del 49152 al 65535. Los cuales son utilizados, por lo general, por los clientes para establecer conexiones con los servicios.

A continuación, se mostrará el desarrollo de una aplicación web que implemente el uso de Nmap, solicitando una IP y una máscara devolviendo el estado de los puertos de los hosts pertenecientes a dicha red.

Estado del arte:

Actualmente existen aplicaciones como Zenmap, oficial de Nmap, que da una interfaz gráfica para ejecutar los diferentes tipos de análisis de puertos, y para mostrarlos de una forma más intuitiva a los usuarios que si lo ejecutaras de una consola.

Zenmap es multiplataforma, libre y gratuita, se obtiene de la página oficial (<https://nmap.org/zenmap>).



La aplicación posee funcionalidades avanzadas para realizar todo tipo de escaneos, como así también permite trabajar con scripts que amplían la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

funcionabilidad más allá de la exploración. Todo esto requiere de conocimientos previos para realizar los mismos.

Cabe destacar que el proyecto desarrollado por nosotros ofrece una herramienta centralizada que se puede acceder mediante cualquier dispositivo con conectividad a internet. Además, con la facilidad de su uso, es posible que muchos usuarios sin conocimientos sobre el tema, puedan utilizarla y realizar un escaneo de los puertos de su propia red.

Palabras claves:

Nmap, puertos, estado, web, escaneo, Django, dispositivo.

Descripción del desarrollo:

El proyecto se desarrolló mediante el framework Django versión 1.11, el cual utiliza Python versión 3.6.5 como back-end y Html, Css, JavaScript como front-end. Como entorno grafico para el desarrollo se utilizó PyCharm de JetBrains.

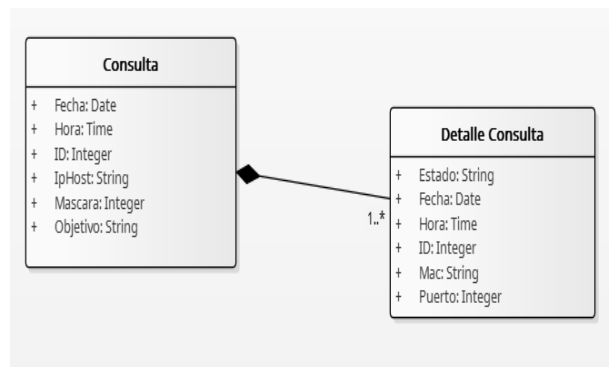
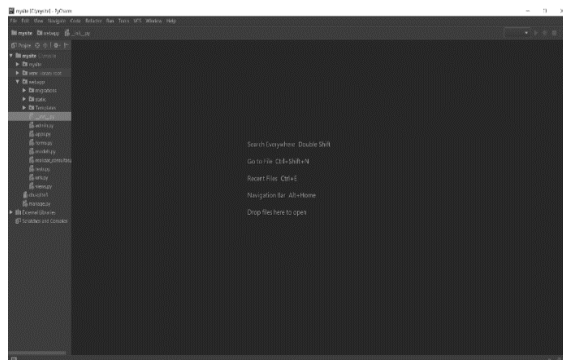
Django presenta varias ventajas:

- Al utilizar Python permite desarrollar aplicaciones muy rápidas y potentes, como así también de implementar todas las librerías que nos ofrece el mismo.
- Utiliza ORM (mapeo objeto-relacional) el cual permite realizar consultas SQL de una forma mucho más fácil, independizando del motor de base de datos, permitiendo establecer modelos de programación orientada a objetos (POO) y tener un almacenamiento relacional.
- Utiliza el estilo de arquitectura de software MVC (modelo vista controlador), en donde el modelo contiene una representación de los datos que maneja el sistema, la vista compone la información que se envía al cliente y los mecanismos interacción con éste, y por último el controlador actúa como intermediario entre el Modelo y la Vista, gestionando el flujo de información entre ellos

Debido a estas ventajas se decidió usar el framework Django.

Como el proyecto va a necesitar de la herramienta Nmap, debemos instalarla. Para ello debemos obtenerla de su página oficial <https://nmap.org/>, además debemos instalar la librería de Npcap la cual es un capturador de paquetes gratuito (<http://www.npcap.org>).

Luego de esto ya poseemos todos los archivos iniciales para comenzar a desarrollar el proyecto. Abrimos el PyCharm y comenzamos.



A continuación, veremos un simple diagrama de clases el cual permite almacenar en la base de datos (la cual se utiliza SQLite por defecto en Django) los datos pertenecientes a los futuros escaneos.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

Consulta: cuando un cliente realice un nuevo escaneo el mismo será representado como una consulta, la cual va a tener un estado “iniciado” y será puesto en espera para que se realice el escaneo necesario.

Detalle de consulta: luego de realizarse la consulta, cada uno de los puertos y sus estados serán guardados en el detalle de la consulta. Y el estado de la consulta pasara a “Terminada”.

Lo siguiente sería configurar los archivos del proyecto y comenzar con la programación de las vistas, los controladores y el modelo (MVC). Una de las configuraciones necesarias es importar el paquete de Nmap para poder ser utilizado, con solo importar el paquete ya se puede utilizar.

```
import nmap
```

Tenemos 2 complicaciones que se nos presentan:

Una es conocer la IP del cliente que realiza la consulta, y la otra es transformar la máscara en formato CIDR (del 1 al 32), a formato del tipo 255.255.255.255.

Para poder conocer la IP del host que realiza la consulta se creó una función llamada `get_client_ip` que se encarga de tomar la IP del mismo.

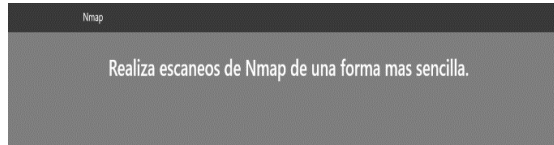
```
def get_client_ip(request):  
    x_forwarded_for = request.META.get('HTTP_X_FORWARDED_FOR')  
    if x_forwarded_for:  
        ip = x_forwarded_for.split(',')[0]  
    else:  
        ip = request.META.get('REMOTE_ADDR')  
    return ip
```

Y para poder convertir la máscara creamos una función llamada `cidr_to_netmask`, la cual se detalla a continuación:

```
def cidr_to_netmask(mascara):  
    net_bits = int(mascara)  
    host_bits = 32 - net_bits  
    netmask = socket.inet_ntoa(struct.pack('!I', (1 << 32) - (1 << host_bits)))  
    return netmask
```

A continuación, veremos la pantalla inicial del proyecto. Poseemos 3 botones principales, el primero es para realizar un escaneo especificando una IP

objetivo y una máscara de red, mientras que el segundo es para realizar un escaneo directamente desde donde uno se encuentra conectado. Y por último consultar los escaneos previamente realizados.

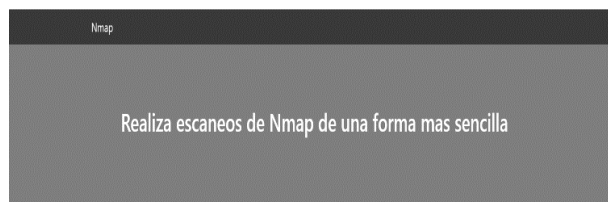


Seleccione el tipo de consulta que desea realizar:

- Realizar un escaneo ingresando una IP especifica:
- Realizar un escaneo desde la IP en la que me encuentro:
- Consultar los escaneos previos:

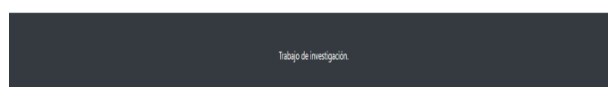


La siguiente pantalla corresponde a la de realizar un escaneo, tenemos el campo Objetivo donde se ingresa la IP del mismo, y el campo para la máscara de red.



Realizar un escaneo ingresando una IP especifica:

Ingrese la IP que se desea escanear y la máscara de la red.
Objetivo: Máscara:



A continuación, vemos la pantalla que nos muestra las consultas ya realizadas. Podemos observar que la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

primera consulta ya se encuentra terminada por lo cual se habilita el botón “Detalle”, para ver así el resultado de dicho análisis.

Realiza escaneos de Nmap de una forma mas sencilla.

Escaneos realizados:

Id	Objetivo	Mascara	Fecha	Hora	Ip Host	Estado	Eliminar	Ver Detalle
1	192.168.0.1	255.255.255.255	Sept. 16, 2018	6:39 p.m.	127.0.0.1	Terminada	Eliminar	Detalle
2	192.168.0.4	255.255.255.255	Sept. 21, 2018	1:53 p.m.	127.0.0.1	Iniciada	Eliminar	Consulta en esp

Trabajo de investigación.

Descripción del puerto.

Realiza escaneos de Nmap de una forma mas sencilla.

Descripción del puerto 80

El puerto 80 se utiliza para servidores HTTP. Si no posee un servidor web se recomienda consultar la configuración del dispositivo.

Resultado del escaneo:

Id	Fecha	Hora	Puerto	Estado puerto	Descripcion
1	Aug. 28, 2018	3:48 p.m.	80	Abierto	Descripcion del puerto
2	Aug. 28, 2018	3:48 p.m.	3306	Abierto	Descripcion del puerto
3	Aug. 28, 2018	3:48 p.m.	5432	Abierto	Descripcion del puerto

Trabajo de investigación.

Por ultimo vemos la pantalla correspondiente a los resultados de un cierto escaneo ya realizado. Podemos observar la fecha de realización, la hora y los puertos que se detectaron abiertos. Además, posee un botón “descripción del puerto”, el cual al hacerle click, nos mostrara información sobre el puerto que se encontró abierto y recomendaciones, para que ayude al usuario a tomar una decisión.

Realiza escaneos de Nmap de una forma mas sencilla.

Resultado del escaneo:

Id	Fecha	Hora	Puerto	Estado puerto	Descripcion
1	Aug. 28, 2018	3:48 p.m.	80	Abierto	Descripcion del puerto
2	Aug. 28, 2018	3:48 p.m.	3306	Abierto	Descripcion del puerto
3	Aug. 28, 2018	3:48 p.m.	5432	Abierto	Descripcion del puerto

Trabajo de investigación.

Conclusiones:

Es importante hoy en día tener en cuenta la seguridad de la información, esta herramienta que se desarrollo es una entre muchas para poder mantener nuestra información segura. El análisis de los puertos de nuestra red es importante para poder evitar ataques informáticos. Con esta herramienta podemos acercar a gente sin conocimientos técnicos, a la protección de su propio sistema ante agentes externos, debido a su facilidad de uso. Además, con su portabilidad, al ser web, puede ser utilizado en cualquier dispositivo.

Referencias:

[1] <https://www.iana.org/assignments/service-names-port-numbers/service-names-port-numbers.xhtml>

[2] <https://docs.djangoproject.com/en/1.11/>

[3] <http://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/>
<https://nmap.org/>

Desarrollo de Herramienta de Modelado basado en DSL utilizando EMF y GMF de Eclipse aplicado al dominio de gestión sanitaria

Matías Caputti, Iván Zugnoni, Lucas Paganini, Juan Cesaretti

Tutores Docentes: Leopoldo Nahuel, Roxana Giandini, Leandro Rocca.

GIDAS: Grupo de I&D Aplicado a Sistemas informáticos y computacionales
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Facultad Regional La Plata - Universidad Tecnológica Nacional
Calle 60 esq. 126 s/nro - 1° Piso - CP 1900 - La Plata, Buenos Aires
gidas@frlp.utn.edu.ar

{lrocca, macaputti, izugnoni, jcesaretti, lpaganini, lnahuel, rgiandini} @frlp.utn.edu.ar

Abstract

Innovando en la forma de poner en práctica Ingeniería de Requerimientos Dirigida por Modelos IRDM en el contexto del Desarrollo Dirigido por Modelos MDD, nuestro trabajo consiste en el diseño y desarrollo de una herramienta CARE (Computer-Aided Requirements Engineering) que asista en el uso de nuestro Lenguaje Específico del Dominio (DSL) para Salud, al que llamamos DSL_SIGES. Esta herramienta permite crear modelos escritos en el lenguaje DSL_SIGES y transformarlos automáticamente a otros modelos escritos en lenguaje UML, por ejemplo: diagrama de clases UML.

Palabras clave

Ingeniería de Requerimientos Dirigida por Modelos IRDM, Lenguaje Específico del Dominio DSL, Metalenguajes, Herramienta CASE.

1. Introducción

Muchas técnicas y herramientas se han creado para acrecentar el cuerpo de conocimientos que esta integra. En particular, la Ingeniería de Requerimientos Basada en Modelos (IRBM), es una de las más importantes. Esta integra un conjunto de conocimientos que se aplican durante la primera etapa del desarrollo, apuntando a obtener un relevamiento del dominio y el problema en sí, lo más acertado posible, de manera de entender qué es lo que se requiere hacer. Esta etapa es indispensable si se pretende lograr una buena solución tecnológica acorde a las necesidades de los usuarios, y es por esto, que la IRBM toma fuerte relevancia en el campo de la ingeniería de software.

A su vez, somos testigos del surgimiento de un nuevo paradigma en la ingeniería de software, que se propone metas muchos más altas que las que el enfoque tradicional, basado en modelos, proponía. Hablamos de Desarrollo Dirigido por Modelos. (MDD por sus siglas en inglés). MDD propone que sean los modelos los que dirijan el desarrollo entero durante todas sus etapas. De esta manera partimos de los modelos con alto nivel de abstracción llegando a los más concretos, logrando finalmente la generación del código fuente, a través de transformaciones sucesivas de modelos.

Con esta idea surgen varias técnicas de análisis y diseño de sistemas que dan soporte al relevamiento y el entendimiento del dominio, en conjunto con lenguajes de modelado estándar que permiten la esquematización y la documentación de sistemas complejos.

En este contexto y bajo la premisa de que los requerimientos completos, no ambiguos y rastreables, promueven la eficiente administración del cambio, evolución y mantenimiento del producto, surge la Ingeniería de Requerimientos.

Innovando en la forma de poner en práctica Ingeniería de Requerimientos Dirigida por Modelos IRDM en el contexto del Desarrollo Dirigido por Modelos MDD, nuestro trabajo consiste en el diseño y desarrollo de una herramienta CARE (Computer-Aided Requirements Engineering) que asista en el uso de nuestro Lenguaje Específico del Dominio (DSL) para Salud, al que llamamos DSL_SIGES [1]. Esta herramienta permite crear modelos escritos en el lenguaje DSL_SIGES y transformarlos automáticamente a otros modelos

escritos en lenguaje UML, por ejemplo: diagrama de clases UML.

Para la generación del proceso de transformación utilizamos la herramienta GMF, desarrollada sobre el framework Eclipse, donde ya estaba definido el ambiente para la transformación del modelo MOF hacia el modelo específico de dominio en Clases de UML. Posteriormente se analiza dicho proceso de transformación, mediante reglas ATL y GMF, para entender qué hace paso a paso Sirius en su transformación predefinida. En adelante, el trabajo se desarrolló con la siguiente estructura y alcance: la sección 2 presenta un rápido enfoque MDD, basado en el estándar MDA, para la gestión de procesos de negocio. En la sección 3 se explica la herramienta Sirius, su funcionamiento y los pasos necesarios para el desarrollo de un nuevo plugin para realizar una transformación con GMF. En la sección 4 se analizará un caso de estudio práctico, el cual se transformará desde un diagrama BPMN hacia diagrama de Clases UML.

2. Marco teórico

En esta sección introducimos los principales conceptos, paradigmas y estándares que dan base al propósito del presente trabajo.

2.1. Ingeniería de Requerimientos

La Ingeniería de Requerimientos (IR) es considerada hoy un tema clave y fundamental de la Ingeniería de Software, esto se evidencia en el hecho de contar con su propio campo de trabajo y su avance continuo como disciplina. El proceso de IR es un proceso iterativo que consta a su vez de tres grandes subprocesos: elicitación, especificación y validación de requerimientos. La IR logró expandirse para no sólo abordarse en etapas tempranas del ciclo de vida del software, sino en prácticamente todas las etapas. Al parecer, el principal motivo del avance de esta disciplina tiene que ver con el hecho de que requerimientos bien especificados y rastreables, entre los artefactos o productos de desarrollo, ayudan a una eficiente gestión del cambio, evolución y mantenimiento del producto software, llegando así a productos de mejor calidad y escalables.

2.2. MDD: una metodología de trabajo para la producción de aplicaciones software

El Desarrollo Dirigido por Modelos MDD, surge como una idea innovadora para dar solución a problemas clásicos en el ámbito de la Ingeniería de Software.

El Paradigma MDD [1] brinda una nueva forma de construir sistemas de software, situando a los modelos como los artefactos principales del proceso de desarrollo; la idea principal subyace en la obtención automática de código fuente por medio de transformaciones automáticas aplicadas a los modelos completos y consistentes.

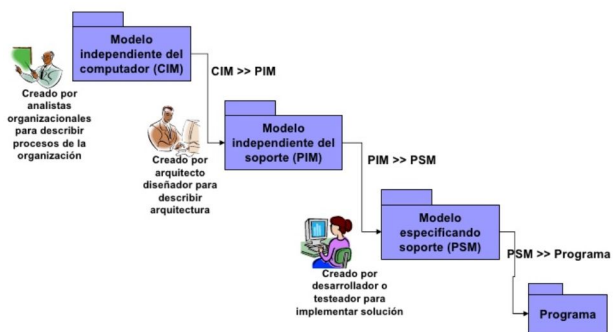


Figura 1: Ciclo de vida del software en MDD.

Estas transformaciones CIM (Computer Independent Model)-> PIM(Platform Independent Model -> PSM (Platform Specific Model) -> IM/CODE (Implementation Model), nos llevan desde los niveles más abstractos hacia los más concretos, generando los modelos correspondientes para cada nivel de abstracción. En la Figura 1 se muestra en forma ilustrativa el proceso iterativo e incremental con los correspondientes modelos y sus transformaciones.

Cabe destacar que estas transformaciones son llevadas a cabo automáticamente por herramientas computacionales, librando de estas tareas al equipo de desarrollo.

Los postulados básicos de MDD son los siguientes: los modelos asumen un rol protagónico en el proceso de desarrollo del software; los modelos pasan de ser entidades contemplativas para convertirse en entidades productivas a partir de las cuales se deriva la implementación en forma automática.

La iniciativa MDD promueve:

- el uso de un mayor nivel de abstracción tanto en la especificación del problema a resolver como de la solución correspondiente, en relación con los métodos tradicionales de desarrollo de software.
- el aumento de confianza en la automatización asistida por computadora para soportar el análisis, el diseño y la ejecución.
- el uso de estándares industriales como medio para facilitar las comunicaciones, la interacción entre diferentes aplicaciones y productos, y la especialización tecnológica.

MDD establece 4 tipos de modelos diferentes:

- CIM : Tienen un alto nivel de abstracción y son usados para describir la lógica del dominio del negocio, desde una visión independiente de la computación,
- PIM : estos modelos describen en forma abstracta la funcionalidad del sistema independientemente de la tecnología,
- PSM : modelos que especifican el sistema en términos de una plataforma más específica,
- IM o CODE: especifica el sistema a través del código fuente en una tecnología específica.

Las transformaciones pueden especificarse por muchos lenguajes, inclusive los de propósito general. Sin embargo la tendencia de MDD es hacer uso de lenguajes dedicados a la transformación específica de modelos [2].

2.3. Metamodelos y Metalenguajes

La definición de un lenguaje de modelado establece qué elementos pueden existir en un modelo. Usando un lenguaje de modelado, podemos crear modelos que especifican qué elementos pueden existir en un sistema. Se puede describir un lenguaje por medio de un modelo, llamado “metamodelo” del lenguaje, que describe qué elementos pueden ser usados en el lenguaje y cómo deben ser conectados.

Un metamodelo es también un modelo y por lo tanto debe estar escrito en un lenguaje bien definido que llamamos “metalenguaje”.

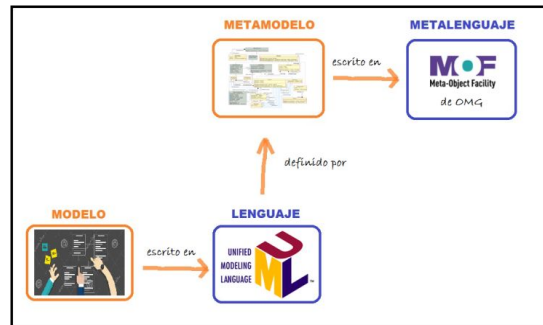


Figura 2: Modelo, Lenguaje, Metamodelos y Metalenguajes

Siguiendo la Figura 2, para el caso del lenguaje de modelado UML, tenemos por un lado modelos escritos en UML construidos en el contexto de un desarrollo de software. Por otro lado, tenemos el lenguaje UML que está definido por su metamodelo, el metamodelo de UML está escrito en el metalenguaje Meta-Object Facility MOF. El metamodelo de UML, y sus sucesivas versiones, son publicados como estándar por OMG [11].

El metamodelo describe la sintaxis abstracta del lenguaje. Esta sintaxis es la base para el procesamiento automatizado (basado en herramientas) de los modelos, de lo que destacamos como relevante, las transformaciones automáticas entre modelos. Por otra parte, la sintaxis concreta es definida mediante otros mecanismos, es la interfaz para el modelador e influye fuertemente en el grado de legibilidad de los modelos.

La arquitectura de cuatro capas de modelado de OMG cuenta con estos niveles:

- nivel M0: Instancias. Se trata de todas las instancias reales del sistema, es decir, los objetos de la aplicación,
- nivel M1: Modelo del sistema. Representa el modelo de un sistema de software. Los conceptos del nivel M1 representan categorías de las instancias de M0,
- nivel M2: Metamodelo. En este nivel aparecen conceptos claves como Clase, Atributo y Operación. Por ejemplo: metamodelo de UML,
- nivel M3: Meta-metamodelo. Es el nivel más abstracto, que permite definir metamodelos concretos. Dentro del OMG, MOF es el lenguaje estándar de la capa M3.

4. Diseño y desarrollo de Herramienta CARE utilizando tecnologías GMF

En esta etapa ya contamos con el lenguaje específico de dominio definido y se podrá comenzar con la etapa de diseño y desarrollo de la herramienta modeladora CARE, Computer-Aided Requirements Engineering.

Nuestro DSL_SIGES se continuará con el desarrollo tecnológico de una herramienta CARE (*Computer-Aided Requirements Engineering*).

La herramienta CARE será construída para que asista al ingeniero de software en las siguientes cuestiones:

- construcción de modelos escritos en DSL_SIGES (que a su vez está basado en estándares internacionales de modelado de información para SALUD) mediante interfaz gráfica para modelado,
- ejecutar transformaciones automáticas desde estos modelos escritos en lenguaje DSL_SIGES hacia modelos escritos otros lenguajes, es decir, automáticamente transformar estos modelos independientes de la computación CIM hacia modelos independientes de la plataforma PIM escritos en UML, por ejemplo: diagrama de clases UML, y también transformar estos a modelos PSM como el modelo relacional.

Todo esto se hace con la intención de que los Ingenieros de Software, especializados en soluciones IT para Salud, puedan hacer uso tanto del metalenguaje DSL_SIGES como de la herramienta CASE para llevar a cabo la construcción de modelos que representen los requerimientos propios para sus desarrollos de aplicaciones software para Salud, es decir, de esta forma poner en práctica Ingeniería de Requerimientos Dirigida por Modelos IRDM en el contexto del Desarrollo Dirigido por Modelos MDD.

4.1 Creación de la herramienta modeladora con GMF

El proceso de creación de la herramienta CARE será realizado utilizando GMF, Graphical Modelling Framework.

GMF posee 6 etapas cuyo producto final está representado por un plugin de Eclipse en estado puro, o

en su defecto una aplicación Eclipse RCP. Las etapas pueden resumirse en los siguientes 3 subprocesos:

- Creación del metamodelo: utilizado para la creación de nuevos modelos de parte del usuario.
- Creación del set de herramientas del plugin: proporciona la forma de uso del plugin final, a través de los elementos gráficos disponibles al usuario.
- Creación del modelo de mapeo gráficos: necesario para el mapeo de nuevos modelos definidos por el usuario a través de las herramientas gráficas.

En la Fig. 4 se muestra el dashboard utilizado durante la creación de un proyecto GMF,

mientras que en la Fig. 5, se observa el producto final en el desarrollo de un proyecto

GMF. En los siguientes apartados se explicará cada una de las etapas.

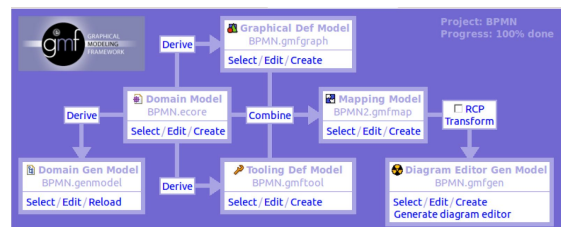


Fig. 4: Dashboard del desarrollo de un proyecto GMF

4.1.1 Definición del metamodelo (Ecore metamodel)

EMF está basado en 2 metamodelos: el Ecore y el Genmodel. El metamodelo Ecore contiene la información sobre las clases definidas. El modelo Ecore permite definir diferentes elementos: a) EClass: representa un atributo que contiene el nombre y el tipo. b) EAttribute: representa un atributo que tiene un nombre y un tipo. c) EReference: representa un extremo de la asociación entre dos clases. Tiene un flag para indicar si es un contenedor y una referencia a la clase que apunta. d) EDataType: representa el tipo de un atributo.

El modelo Ecore posee una estructura de árbol. Dentro de este modelo existe un objeto raíz que representa al modelo Ecore. Este modelo tiene hijos que representan paquetes, y sus hijos representan las clases, mientras que los hijos de las clases representan los atributos de estas clases. El otro metamodelo utilizado GenModel, contiene información adicional para la generación de código, por ejemplo el directorio y la información del archivo. Produce las clases de implementación java para un modelo o instancia del metamodelo Ecore. El GenModel también contiene los parámetros de control

sobre cómo debe ser generado el código. Define los mapeos necesarios entre el metamodelo y definiciones para configurar dos plugins llamados edit y editor que contienen operaciones de bajo nivel que necesita el plugin que se generará para funcionar.

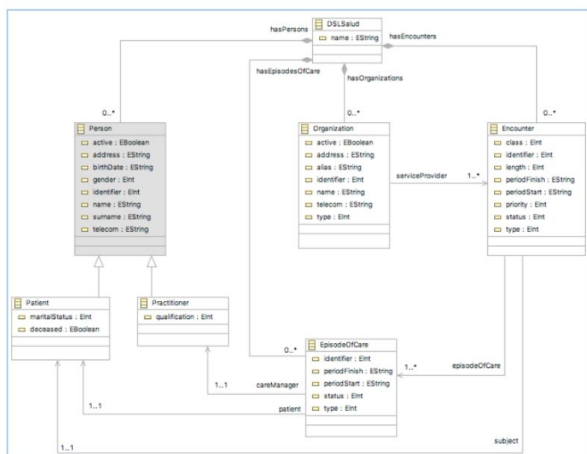


Figura 5: Vista gráfica del metamodelado

4.1.2 Definición gráfica del metamodelo (GMFGraph)

GMF permite generar la infraestructura y componentes necesarios en tiempo de ejecución para desarrollar editores gráficos. Al estar basado en Ecore EMF y GEF, es utilizado para producir un editor gráfico que genera instancias de metamodelos. GMFGraph es utilizado para definir los elementos gráficos de nuestro dominio. En este caso, vinculados con cada uno de los elementos del modelo de dominio o metamodelo ecore bpmn.

4.1.3 Configuración de las barras de herramientas (GMFTool)

Este archivo es utilizado para definir la paleta de herramientas que puede usarse en el editor gráfico. En cada una de las barras de herramientas definidas, se podrá hacer uso de los elementos que deban estar disponibles al usuario. Por ejemplo, en el metamodelo BPMN definido existen ciertas clases como es el caso de ProcessObject, las cuales no deben poder ser insertadas en el modelo creado por el usuario, de esta forma, al momento de crear las barras de herramientas con los elementos disponibles, se deberán considerar

cuáles de los mismos son necesarios y cuales no.

4.1.4 Mapeo de configuraciones con el modelo GMFMap

En este archivo se vincula o mapean los modelos de originados por las anteriores configuraciones: el modelo de dominio Ecore, el modelo gráfico GMFGraph y el modelo de herramientas GMFTool. GMFMap es quien permite la generación de código del editor.

Como se observa en la Fig. 6, la forma de identificar visualmente los objetos de la clase Process es a través de rectángulos redondeados con borde sólido. Así, cada una de las representaciones gráficas del metamodelo utilizado se encontraran en el archivo .gmfmap.

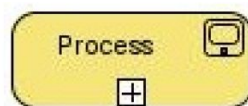


Fig. 6: Notación gráfica de un elemento de tipo Process

4.1.5 Generación del plugin a través de GMFGen

Este archivo contiene la información necesaria para poder generar el plugin que hará posible la edición gráfica de modelos definidos a través del metamodelo desarrollado.

GMFGen se compila mediante GMF, obteniendo como producto final el plugin desarrollado. De esta forma se logra un editor gráfico en base a GMF y la utilización de EMF (GenModel). La Fig. 7 muestra la estructura interna final del archivo GMFGen.

4.2 Despliegue de la herramienta CARE

Teniendo nuestro lenguaje específico de dominio DSL_SIGES y la herramienta CARE desarrollada, tal como está desarrollado en secciones anteriores. Ahora podremos instanciar un nuevo diagrama tipo DSL_SIGES que estará reglamentado a partir de nuestro metamodelo DSL_SIGES.

En la figura 7 se pueden observar dos archivos que se crean al iniciar un nuevo proyecto DSL_SIGES: uno que contendrá nuestro modelo (de tipo dslsalud), y otro que contendrá un diagrama gráfico representando a nuestro modelo (de tipo dslsalud_diagram).

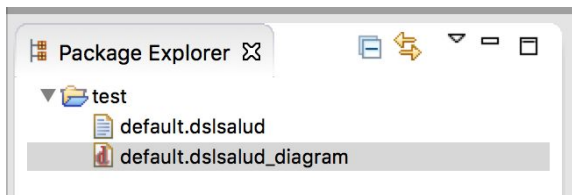


Figura 7: Archivos de un proyecto DSL_SIGES

En la figura 8 se puede observar el *toolkit* final, el cual nos permitirá instanciar los distintos elementos de nuestro DSL.



Figura 8: Vista del *toolbox* de la herramienta CARE DSL_SIGES

5. Marco Metodológico

Crear un marco de trabajo conceptual y metodológico en el que se lleve a cabo Ingeniería de Requerimientos Dirigida por Modelos IRDM en el contexto del Desarrollo de Software Dirigido por Modelos MDD.

El aporte metodológico no es exclusivo para el dominio de la Salud, dado que, de la misma forma podría implementarse en otro dominio. Transfiriendo el conocimiento, la metodología de trabajo y la herramienta CASE a equipos de desarrollo reales, se podrá analizar el aporte realizado por la construcción y uso del metalenguaje a través de la herramienta CASE, teniendo en cuenta aspectos claves del Proceso de Desarrollo de Software como la Agilidad del proceso mismo, la Trazabilidad de requerimientos a lo largo de todos los productos del desarrollo, la Usabilidad del producto software final, entre otros.

Llevar a cabo un estudio experimental en un Proyecto de Desarrollo de Software puntual, que permita evaluar la aplicación del marco conceptual y metodológico, junto con el uso de la herramienta CARE, con estos sub-objetivos:

- analizar cómo la incorporación de Transformación de Modelos al Proceso Ingeniería de Requerimientos aporta específicamente a la trazabilidad de requerimientos y brinda agilidad al Proceso Desarrollo de Software,
- analizar incidencia de la incorporación de Transformación de Modelos al Proceso Ingeniería de Requerimientos en aspectos comunicacionales y aceptación del producto software (Usabilidad),
- conocer el grado en que la incorporación de Transformación de Modelos al Proceso Ingeniería de Requerimientos adelanta las solicitudes de cambios de requerimiento a etapas tempranas del Proceso,
- desarrollo de Software optimizando así la gestión de recursos del proyecto de desarrollo.

Finalmente se realizará un estudio experimental del uso de esta herramienta CASE en el contexto de un proyecto de desarrollo de software real en el ámbito de la Salud. Así se podrán analizar las consecuencias del uso de esta herramienta.

Para llevar a cabo este estudio experimental, por un lado, en una primera etapa, se asistirá en la implementación y uso de la herramienta CASE, se llevarán a cabo entrevistas no estructuradas con preguntas abiertas a los stakeholders y a los miembros del equipo de desarrollo, y por otro lado en una segunda etapa, se realizarán cuestionarios estructurados para completar el estudio.

6. Conclusiones y Trabajo Futuro

Esta publicación se basa en el trabajo del equipo de investigadores del PI&D: "*Herramientas de soporte a la Ingeniería de Requisitos Dirigida por Modelos: desde las necesidades de negocio hacia los requisitos de software*", proyecto parte del Grupo GIDAS del Departamento de Sistemas de Información de la Facultad Regional La Plata - UTN, que fue la continuidad de un PID anterior llamado "*Modelado Ágil para la Producción de Software MAPS*" por el que se realizaron publicaciones [12, 13, 14, 15, 16] siempre con la temática principal: Desarrollo Dirigido por Modelos.

En lo que va de proyecto ya se ha demostrado que es factible su realización desde todo punto de vista, por lo que se comenzará a desarrollar el DSL_SIGES y la herramienta CASE que van a ser distribuidos como un

plugin para Eclipse que permite construir modelos a partir de nuestro metamodelo DSL_SIGES, extendido del modelo OpenEHR/FHIR, disponer de la funcionalidad de transformaciones automáticas M2M y M2T (escritas en QVT y Xpand respectivamente).

Dicho plugin permitirá llevar a cabo una correcta modelización y transformación automática desde un modelo construido e instanciado visualmente a partir de nuestro DSL, hacia distintos diagramas UML como por ejemplo Diagrama de Actividades, contribuyendo así a la generación de un modelo PIM necesario para la etapa de inicio del proceso de desarrollo de sistemas orientados a objetos. Nuestro DSL contribuirá con el desarrollo de sistemas de información de gestión sanitaria, agilizando los modelos iniciales, el análisis y diseño orientado al dominio específico.

Podrá destacarse, en comparativa con no adoptar un dsl específico, la facilidad que tendrán los stakeholders del desarrollo del proyecto para reducir errores y mejorar el entendimiento y comprensión del dominio de salud; apoyados en las restricciones y relaciones entre conceptos, como también reglas de negocio, las cuales serán de gran aporte para analistas de negocio, desarrolladores y diseñadores de software.

Referencias

- [1] Ariste, C., Rocca, L., Caputti, M., Zugnoni, I. "Diseño de un Lenguaje Específico del Dominio para sistemas de Salud basado en estándares de interoperabilidad FHIR de HL7 y OpenEHR". Congreso Argentino de Informática y Salud (2017).
- [2] Pons, C., Giandini, R. y Pérez, G. "Desarrollo de Software Dirigido por Modelos: conceptos teóricos y su aplicación práctica". 1ª Edición 2010. EDULP & McGraw-Hill.
- [3] J. García, F. O. García, V. Pelechano, A. Vallecillo, J.M. Vara, C. Vicente-Chicote. "Desarrollo de Software Dirigido por Modelos". ISBN 978-84-9964-215-4 (2013).
- [4] MDA, "Model Driven Architecture Guide" (OMG). V.2.0, 2014. Disponible en <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?ormsc/14-06-01>
- [5] I. Sommerville, "Ingeniería de Software", 7ma edición, Pearson, 2005. ISBN: 84-7829-074-5.
- [6] "Domain-Specific Modeling., Enabling Full Code Generation", STEVEN KELLY, JUHA-PEKKA TOLVANEN, IEEE COMPUTER SOCIETY - Ed. 2008
- [7] A Domain-Specific Language Toolkit, Richard C. Gronback - Addison Wesley - Ed. 2009.
- [8] Especificación de FHIR de HL7, Release 3. Disponible en: <https://www.hl7.org/fhir>
- [9] OpenEHR Information Model, 2017. Disponible: <http://www.openehr.org/releases/RM/latest/docs/ehr/ehr.html>
- [10] Línea de Investigación del CEIS - Centro de Estudios de Ingeniería de Software <http://www.ceisufro.cl/index.php?id=45>
- [11] UML, "Unified Modeling Language Infrastructure" (OMG). Versión 2.4.1, 2011. Disponible en <http://www.omg.org/spec/UML/2.4/>
- [12] Ariste Cecilia, Ponisio Julieta, Nahuel Leopoldo, Giandini Roxana. JAIIO - ASSE (2015). "Diseñando Transformaciones de Modelos CIM / PIM: desde un enfoque de negocio hacia un enfoque de sistema".
- [13] Informe técnico "Especificación de la Transformación de Proceso BPD en BPMN a Diagrama de Actividades UML" PID MAPS 2015. Disponible en: <http://maps.frlp.utn.edu.ar/>
- [14] Giandini, Roxana, Nahuel, Leopoldo, Rocca, Leandro, Caputi, Matías, Zugnoni, Ivan - CoNaiISI (2014). "Implementando Transformación de Modelos utilizando MOSKitt Tool en adhesión al Paradigma MDD". Congreso Nacional de Ingeniería en Informática/Sistemas de Información.
- [15] L. Nahuel, E. Santanera, M. C. Ariste, L. Rocca, R. Giandini. Integración Metodológica para el Desarrollo de Tecnologías Software Dirigidas por Modelos y Basadas en Procesos de Negocio. CIINDET 2014.
- [16] L. Nahuel, E. Santanera, L. Rocca, C. Ariste, R. Giandini. Aportes de las Tecnologías para Gestión de Procesos de Negocio al Desarrollo de Software Dirigido por Modelos. HCITISI 2013, (ISBN 978.88.96.471.25.8).

Sistema para el relevamiento de daños estructurales

Macoritto Torcivia, Martín
Soria, Diego Rodrigo
Tolaba, Antonio Nahuel

Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería

Abstract

En diversas oportunidades, se apreció como las diferentes magnitudes de los sismos sufridos, ocasionaron daños de grandes magnitudes. Llegando a consecuencias catastróficas si el movimiento sísmico fuera de gran intensidad o de gran duración de tiempo.

En estos casos, el material que se verá mayormente afectado por las oscilaciones del suelo serán las edificaciones, que se encuentren en la zona afectada, provocando posibles derrumbes, ya sea parciales o totales, dejando al descubierto a un sinnúmero de familias tras dañarse sus hogares.

Dichos eventos, obligarían al estado de la provincia a tomar medidas inmediatas para disminuir el tiempo de padecimiento de las personas afectadas.

Motivo por el cual se decidió desarrollar este proyecto, el cual involucra un sistema informático capaz de recolectar todos los datos de las zonas afectadas tras un evento sísmico, para llevar a cabo un análisis completo de cada una de las edificaciones que se evalúen, determinando de forma específica y eficiente cuantas personas están necesitando ayuda en ese momento. Una vez recopilado todos los datos necesarios, el sistema propuesto creará un informe estadístico, para determinar cuáles sectores de la provincia son los más afectados, para poder tomar las medidas correspondientes lo más rápido posible y con el menor costo económico.

Si bien es un sistema simple, es lo suficientemente robusto y confiable, innovando no tan solo en la metodología de captura de datos, sino también siendo el primer sistema informático de este tipo presente en la región.

Palabras Clave

Aplicación móvil, relevamiento de datos, análisis de datos, catástrofe natural, almacenamiento local, almacenamiento en la nube.

1. Introducción

En este artículo se presenta un sistema informático post-sísmico capaz de recolectar información necesaria de un sector determinado que haya sido afectado por un evento sísmico, para poder llevar a cabo un análisis detallado del mismo que se tendrá a disposición a final de jornada en forma de informe, detallando cada punto de la región afectada, para tomar las medidas correspondientes en el menor tiempo posible.

Los objetivos principales que pretende cumplir el sistema propuesto son: reducir el tiempo de respuesta y costo de relevamiento de datos de los elementos edilicios que sufrieron desmoronamientos o derrumbes, de qué forma y qué cantidad de ellos se encuentra en esa situación, como así también dónde se ubican y cuáles son las zonas más afectadas, para brindar a las autoridades la situación actual de la provincia en el menor tiempo posible, transformando los datos obtenidos de las evaluaciones en información para el correcto accionar.

Para realizar el relevamiento de datos, el sistema propuesto adopta el formulario elaborado y utilizado por COPAIPA¹, en la provincia de Salta-Capital, el cual asigna a un determinado edificio una de las siguientes calificaciones: Seguro (verde), Uso restringido (amarillo), Inseguro (rojo). Este formulario consta de 3 partes, las

¹ Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesionales Afines (Provincia de Salta-Capital)

cuales se completan antes de asignar una calificación al edificio: Inspección, Descripción del edificio y Evaluación. Entre los datos solicitados, podemos resaltar los siguientes: fecha y hora de evaluación, dirección del edificio, uso del edificio. Se asociará a cada evaluación las coordenadas geográficas del domicilio, para lograr que los datos sean geo-referenciados.

Actualmente, el relevamiento de datos en la provincia de Salta es llevado a cabo mediante papel, lo cual hace que este proceso sea lento y hasta a veces confuso, tanto para la recolección de datos como así también para el análisis de los mismo, es por ello que el sistema propuesto busca eliminar el uso de papel, implementando formularios digitales, permitiendo recolección y análisis de datos en tiempo real.

En catástrofes como estas, un recurso importante para la comunicación es internet, es por ello por lo que este sistema fue planteado para ser de utilidad ante cualquiera adversidad de situaciones que se puedan presenciar. El sistema cumple todas sus funciones de manera correcta ante la presencia o ausencia de internet, sin importar cuanto perdurase. La recolección de los datos, el análisis, el estudio y el informe de resultados, se pueden llevar a cabo con total normalidad en ambos casos.

2. Organización de Trabajo

El sistema definido establece el siguiente marco organizacional:

- Se creará la figura de inspectores: los mismos serán capacitados para realizar las evaluaciones, mediante el uso de una aplicación móvil, de las diversas infraestructuras. Estos futuros inspectores serán profesionales de la rama civil, arquitectos o estudiantes avanzados de estas carreras, para certificar un estándar de calidad mínima de cada una de las evaluaciones realizadas.
 - Se creará la figura de administradores: el cual serán las personas encargadas de la supervisión de la página web, en las instalaciones gubernamentales. Entre otras tareas, se encargará del seguimiento y avance de los inspectores, y de los formularios realizados.
- Esta organización de trabajo irá acompañada de protocolos estándares, para llevar a cabo toda esta actividad con el mejor resultado posible. Los protocolos propuestos, para este sistema, son:
- Protocolo de iniciación de inspectores: una vez designado quienes serán los inspectores, cada uno de ellos deberá poseer la aplicación de relevamiento de datos. Una vez instalada la misma, se llevará a cabo una capacitación de cómo será la utilización, los requerimientos como así también los alcances disponibles en la app. Terminada la capacitación brindada, recién podrán llevar a cabo el relevamiento de datos. Para ello, los datos de los inspectores deberán ser cargados en la base de datos de trabajo para así poder llevar a cabo un correcto seguimiento y almacenamiento de las inspecciones realizadas.
 - Protocolo de privacidad de datos: cada una de las evaluaciones realizadas es codificada, para evitar el filtrado de esta. Todo este tratado es imperceptible para el inspector, debido a que lo realiza la aplicación de forma automática.
 - Protocolo de realización de inspecciones: cada una de las

inspecciones se realizará bajo las siguientes condiciones:

1. Se realizará una inspección por vez. Concluida la evaluación recién se podrá iniciar las siguientes.
2. Se capturará fotografías obligatoriamente.
3. Se completará todos los datos necesarios de cada infraestructura a realizar, por más que al inspector le resulte redundantes. Todo dato es importante.
4. Preferentemente, no realizar “evaluaciones de prueba” en pleno ejercicio, para ello está el curso de capacitación, en caso de duda o consulta, se deberá recurrir a los supervisores generales.

3. Sistema Propuesto

El sistema desarrollado consta de dos subsistemas:

- o Subsistema de relevamientos de datos
- o Subsistema de análisis, decodificación y obtención de resultados

Respecto al almacenamiento de datos, el sistema utilizara el servicio de alojamiento de Firebase².

Firestore proporciona una base de datos en tiempo real y back-end³. El servicio proporciona a los desarrolladores de aplicaciones una API que permite que la información de las aplicaciones sea sincronizada y almacenada en la nube de Firebase. Este servicio permite la integración para aplicaciones de tipo Android, iOS, Java, Swift, entre otros. Debido a su gran eficiencia, maniobrabilidad como así también relativamente corta curva de aprendizaje, fue el candidato ideal para llevar a cabo este proyecto, además de poseer la

posibilidad de ser un almacenamiento en tiempo real, permitiendo llevar a cabo un control preciso a medida que se van realizando las distintas evaluaciones.

3.1. Subsistema de relevamiento de datos

Este subsistema está constituido por una aplicación para dispositivos móviles. Esta app fue desarrollada de forma nativa para sistema Android, utilizando el IDE⁴ Android Studio. La principal funcionalidad de esta es la recolección de datos, mediante el cargado de formularios digitales.

A medida que pase el tiempo de evaluación de cada uno de los domicilios en cuestión, en cada aplicación de los inspectores, se irá generando un mapa donde mediante marcadores de diversos colores (verde, amarillo y rojo, a depender del estado estructural de cada uno de los domicilios), se podrá apreciar cada una de las evaluaciones previamente realizadas, para que cada inspector lleve su propio control de las edificaciones ya analizadas. Ver figura 1 y 2

Figura 1

Figura 2

² Plataforma de desarrollo móvil en la nube de Google.

³ Área que se dedica a la parte lógica de un sitio web.

⁴ Entorno de desarrollo integrado.



En la Figura 3 se puede apreciar, las principales funciones de esta aplicación, la captura de posicionamiento GPS, para conocer dónde está el edificio evaluado, el completado de formularios, creado por profesionales para la ocasión, la posibilidad de captura de fotografías como evidencia del estado que se encuentren los edificios evaluados y la creación de código QR con la información de toda la evaluación colocada en él.

Este último ítem, código QR, actúa como medio de compresión y codificación de los datos, de esa forma se evitará la pérdida o filtrado de los datos.



Figura 3

Para el almacenamiento correcto de los datos, la aplicación fue codificada para las dos instancias posibles:

- Con internet: en el caso de haberlo, la aplicación detectará automáticamente cuando haya cobertura de este para poder enviar a una base de datos,

previamente configurada para la aplicación. De esta manera se mantendrán todas las evaluaciones totalmente sincronizadas, evitando la pérdida de estas como así también pudiéndose observar en tiempo real todas las evaluaciones hechas y las que se están haciendo en el momento (Actividad que será visualizada desde la página web).

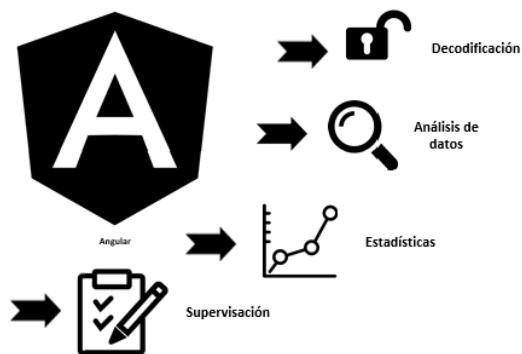
- Sin internet: no hay que olvidar que, en caso de catástrofes de esta índole, es común que lo primero en perder son las comunicaciones, por ello la aplicación fue pensada para que cada evaluación se guardase dentro del teléfono (como código QR) las cuales se guardarán en la memoria interna del teléfono para su pasaje manual a una computadora. Si bien pareciera engorrosa esta alternativa, es considerada como plan de contingencia, conlleva más tiempo y labor como así también seguridad al transferir las evaluaciones sin pérdidas de datos, ni modificaciones involuntarias de los mismos.

El espacio requerido para la instalación de esta aplicación es poco, permitiendo ser instaladas en teléfonos de alta, media y baja gama, siendo como versión de sistema básica para el funcionamiento correcto de esta aplicación Android Lollipop 5.0 (API⁵ 21).

3.2. Subsistema de análisis, decodificación y obtención de resultados

Una vez capturados los datos, se llevará a cabo análisis estadísticos de los mismos, para finalmente así conformar un informe detallado de cada una de las zonas afectadas, cantidades específicas de

5 Interfaz de programación de aplicaciones.



domicilios dañados y lo más importante cantidad de gente que requiere atención inmediata, lo cual es el objetivo de este



subsistema.

Se propone la implementación de una



página web, mediante la cual se realizará la decodificación, consulta y análisis, de los datos obtenidos mediante el uso del App anteriormente descripta. Brindará la posibilidad de generar informes de los resultados obtenidos cuando se lo requiera. Como medida de seguridad, esta página será alojada en un servidor local, en la institución que la requiera.

Esta página fue desarrollada utilizando el framework⁶ Angular Cli, el cual permite

⁶ Conjunto estandarizado de conceptos, prácticas y criterios para enfocar un tipo de problemática particular.

realizar conexión en tiempo real con Firebase, mediante la librería Angular Fire2, permitiendo integrar la página web al sistema propuesto. En la Figura 4, 5 y 6 se puede apreciar las principales funciones de la página web.

Se crearon dos instancias, tal cual como la aplicación móvil:

- En el caso de poseer internet, la página web carga todos los datos desde la base de datos que almacene todas las evaluaciones, una vez cargadas las mismas se podrá analizar cada uno de

Figura 4

los datos proporcionados para poder determinar mediante diversos filtros, cuáles son las zonas más afectadas, de qué forma, que cantidad, como así también poder generar el informe correspondiente.

- Sin internet se cargarán los datos para su análisis desde una base de datos montada en un ámbito local, siendo el mismo donde se alojase esta página

Figura 5

web, para poder realizar el análisis.

4. Trabajos Relacionados

Dentro del marco de simulacros realizados en Salta Capital “Ejercicio de respuesta inmediata 2.017” se pudieron realizar pruebas de funcionamiento al

Figura 6

sistema propuesto, llevando a cabo las capacitaciones correspondientes a los profesionales de cómo sería el

funcionamiento de la aplicación móvil, instalándola y realizando los análisis estadísticos de los datos obtenidos, que fueron capturados sin anomalías ni modificaciones involuntarias. Los usuarios de la aplicación denotaron que la aplicación es muy intuitiva y fácil de utilizar, sin embargo, hicieron algunas acotaciones para maximizar aún más la comodidad de la aplicación, las cuales fueron escuchadas y ya están instaladas en la aplicación. Sin detalles alarmantes, como filtrado o alteraciones de datos, al final de jornada se pudo apreciar un informe autogenerado del estudio realizado con los gráficos correspondientes. Se logró apreciar que el análisis y posterior impresión se realizó en un tiempo ínfimo, el cual cumpliría otro de los objetivos deseados de este proyecto.

En países como Ecuador, tras sufrir diversas catástrofes de esta índole, se planteó la idea de la necesidad de un sistema informático que colabore en el relevamiento de datos, es por ello que, apreciada la idea por un Ingeniero Civil, profesor adjunto de la facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta (Bernad, Germán Claudio), nos transmitió la esencia de la misma como así también las falencias que tenía. A partir de ello, se pretendió desarrollar un sistema similar, más simple, con los menores costos posibles y que conlleve a resultados óptimos en el menor tiempo posible.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

Actualmente el sistema informático de registración de daños estructurales se encuentra en su etapa final de desarrollo, si bien fue probado por terceros, en el ejercicio militar de simulación de sismo en el 2017 en la provincia de Salta Capital, continuamos desarrollando e

implementando aún más novedades y mejoras.

Una limitación que se pudo apreciar es que la aplicación móvil (una de las partes del sistema), es para uno de los sistemas operativos más populares, Android (presente en casi todos los teléfonos), con el cual se lleva a cabo todo el trabajo de relevamiento de datos, pero si los futuros evaluadores no tienen un dispositivo con dicho sistema no podrán trabajar con el sistema propuesto, sistema como ser iOS de Apple, presente en todos los iPhone.

Como planes futuros, se nos presenta como objetivo extender aún más la utilidad de nuestro sistema, abarcando otro tipo de catástrofes como ser incendios, aludes o inundaciones. De esta forma se tendrá un solo sistema capaz de colaborar en prácticamente cualquier caso de catástrofe, pretendiendo abrir nuevos horizontes en el desarrollo de software local como así también en la creación de éstos como agentes colaboradores de la sociedad, ayudando en la coordinación, obtención de datos y análisis de los mismos para evitar el prolongado padecer de las personas damnificadas por las diversas catástrofes que pudieran ocurrir.

También, esta presenta la idea de extender el proyecto, para el caso presísmico, creando un mapa de vulnerabilidades para de esa manera poder actuar de forma puntual y concreta ante las zonas afectadas previamente capturadas y fijadas de manera precisa en un mapa determinado. De esta manera, el proyecto presente no será solo para el relevamiento de daños estructurales post-sismo, sino también para estar lo “más prevenido posible para el evento” y poder tomar las medidas correspondientes.

Creemos que es un proyecto prácticamente sin punto final, por el hecho de que se extiende cada vez más, tras encontrar nuevas ideas para implementar al

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

proyecto presente, logrando un sistema informático cada vez mas completo.

6. Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Bernard, Claudio Herman por sus directivas, apoyo, tiempo y constante impulso en el proyecto, a la Ing. Orosco Segura, Lia Elizabeht por su interés, contribuciones y permanente apoyo, al Ing. Rivera Bernsdorff, Fernando por sus contribuciones y permanente seguimiento, como así también a la Ing. Nieves, Guillermina Rosana por el tiempo y constante impulso en la puesta en marcha de este proyecto.

7. Referencias

[1] <https://developer.android.com/guide/?hl=es-419> , guía del desarrollador Android.

[2] <https://firebase.google.com/docs/android/setup?hl=es-419> , guía de Firebase.

[3] <https://www.udemy.com/> , cursos a distancia de capacitación.

[4] El gran libro de Android 6° edición Alfaomega.

[5] El gran libro de Android avanzado 2° edición Alfaomega.

8. Datos de Contacto

*Martin Macoritto Torcivia, Diego Rodrigo Soria,
Antonio Nahuel Tolaba.
Universidad Católica de Salta.
Campus Castañares, Salta, Argentina
squabsoftware@gmail.com*

Experiencia de aplicación de patrones de usabilidad en el diseño de software

**Fernandez, Ezequiel Enrique; Solis Luna, Santiago Jose; Fernandez
Taurant, Juan Pablo; Perez, Nicolas; Moreno, Juan Carlos; Marciszack,
Marcelo Martin**

*Centro de investigación, desarrollo y transferencia de Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
Maestro López esq. Cruz Roja Argentina, Ciudad Universitaria, C.P.: 5016, Córdoba, Argentina.*

Abstract

Hoy en día, en la construcción de una aplicación de software se deben considerar no solamente los Requisitos Funcionales sino también los Requisitos No Funcionales, para desarrollar una aplicación de calidad. Se ha observado, muchas veces, que no se tienen en cuenta los requerimientos no funcionales, sobre todo los de usabilidad, en el momento del diseño, sino más bien cuando el producto se encuentra casi terminado, lo que provoca grandes inconvenientes y costos al proyecto. Por esta razón, se buscó a través de los patrones, como buenas prácticas probadas como soluciones a problemas concretos, verificar si es factible incorporar aspectos de usabilidad en forma temprana en la construcción del software evaluando algunos casos concretos. Asimismo, a través de esta experiencia se busca relacionar los patrones de usabilidad con los patrones de diseño, mediante una experiencia de aplicación de patrón concreto.

Palabras Clave

Patrones de diseño, patrones de usabilidad.

Introducción

Cuando se diseña un software, solo se consideran los requerimientos no funcionales a la hora de definir la arquitectura, por lo que muchos atributos de calidad no son tratados en detalle en etapas tempranas del ciclo de desarrollo.

Uno de los atributos de calidad del software más reconocido e importante, es la usabilidad. Se conoce, que muchos sistemas han fracasado por no tener resueltos aspectos fundamentales de usabilidad.

La usabilidad se debe tener presente en todos los diseños de los sistemas y por lo tanto no debería resolverse a posterior en la

etapa de la implementación. Si la usabilidad no se tiene en cuenta tempranamente, previo a la implementación de un sistema, esto puede aumentar la complejidad y los costos de mantenimiento [1].

Este trabajo busca verificar la aplicación de buenas prácticas relacionadas con la usabilidad, incluyendo patrones de Usabilidad durante el diseño, ya que consideramos que sería el momento indicado para abordar los criterios de usabilidad y no cuando el producto está terminado. Esto permitiría relacionar patrones de diseño juntos con los de usabilidad, para potenciar la calidad del sistema.

Desarrollo

Para el desarrollo de este trabajo se ha elegido uno de los criterios de usabilidad más conocido, la posibilidad de revertir una acción.

Cualquier software debería proveer de acciones de deshacer/rehacer para proporcionar al usuario la posibilidad de recuperarse de errores (por ejemplo, que el usuario elija una opción del sistema por equivocación). Para brindar esta característica esencial de usabilidad en procesos complejos, lentos o que produzcan grandes cambios en los estados de distintos

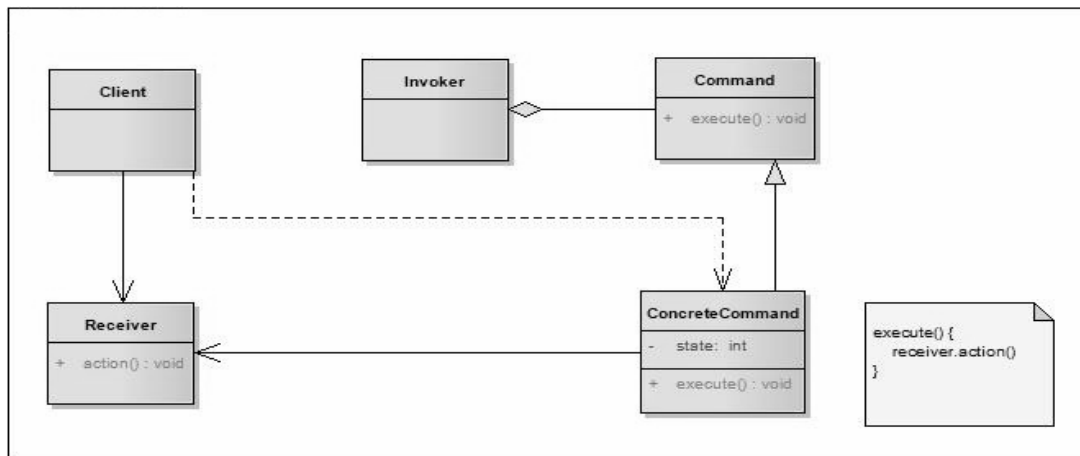


Figura 1. Patrón de diseño Command.

objetos, se modifican algunas clases del patrón Command, para implementar el patrón de usabilidad Undo [2].

A continuación, en la figura 1 se muestra un diagrama de clases para el patrón Command.

El patrón de usabilidad Undo fue implementado adaptando el patrón Command. Precisamente, la clase invocador, ahora llamada UndoRedo, será la encargada de contener la clase comando, que define los métodos execute() and unDo(). Las clases comando concreto, que existirá una por cada opción que ofrezca el software al usuario, heredan de la clase comando. A través del método execute() implementan comportamientos específicos que desencadenan una secuencia de acciones en el objeto receptor provocando cambios en este.

El método unDo() implementa los algoritmos inversos al método execute(). La clase Receptor representa la abstracción de varias clases, de las que surgirán objetos que participen en procesos críticos,

complejos o que demanden una gran cantidad de tiempo.

En efecto, el usuario requerirá, a medida que trabaje con el software, de rehacer/deshacer acciones. Por lo tanto, de acuerdo a la opción elegida por el usuario (clase Cliente), el software instancia comandos concretos para resolver dicha petición.

La clase UndoRedo, cuenta con una pila (stackCommands), en la cual acumula los comandos ejecutados a lo largo del tiempo. De tal manera, puede seguir la trazabilidad de los mismos. Si el software recibiera una o más peticiones de deshacer, el objeto UndoRedo tendrá disponible en el stack todos los comandos ejecutados. Por lo tanto, emplea los métodos Undo() para restablecer el o los objetos receptores a sus estados anteriores a la ejecución del método execute() de cada comando. En consecuencia, el usuario es capaz de navegar entre los diferentes estados del sistema, de acuerdo a las opciones que haya elegido.

El uso del patrón Command permitiría además implementar una opción para

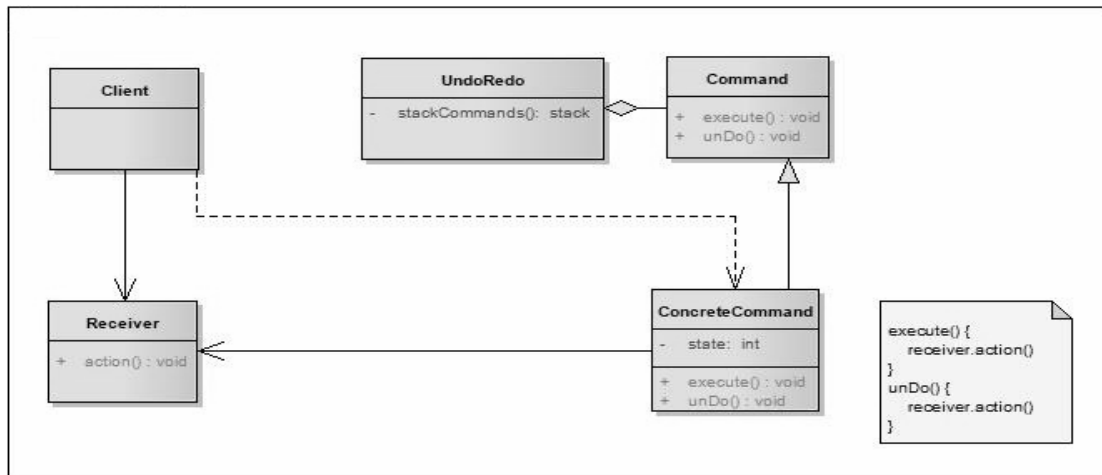


Figura 2. Patrón de usabilidad Undo incluido en el patrón de diseño Command.

cancelar procesos dentro del sistema, por ejemplo, procesos que demoren más tiempo del esperado. Esto se resuelve implementando en hilos separados los objetos UndoRedo y Receptor. Esto posibilita la ejecución asíncrona del algoritmo del receptor (finalizar el proceso que se encuentra en ejecución) y considerando lo explicado anteriormente, llevar el sistema al estado previo al proceso que se estaba ejecutando.

En síntesis, utilizando el patrón Command es posible implementar un componente dentro del sistema que se encargará de resolver los aspectos de usabilidad mencionados, de manera tal que no se deba lidiar con ellos en el futuro. Además, permite modularizar estados de procesos que realiza el sistema en los diferentes objetos comando concreto, lo que permite extender escalar el sistema de ser necesario.

Trabajos Relacionados

- **Patrones arquitectónicos sobre usabilidad en el dominio de las aplicaciones web [1]:** La principal contribución de este artículo es la

identificación de los patrones arquitectónicos y en qué medida éstos impactan en las propiedades de usabilidad en el contexto de las aplicaciones web. Este estudio demuestra que los patrones arquitectónicos tienen una influencia directa en la usabilidad propiamente dicha; y que la usabilidad de la aplicación web se ha mejorado al usarlos.

- **Patrones de Usabilidad: Mejora de la Usabilidad del Software desde el momento de Arquitectónico [1]:** presenta una idea para mejorar la usabilidad de un sistema de software aplicando un proceso específico de diseño para usabilidad. Esta aproximación difiere de la idea tradicional de medir y mejorar la usabilidad una vez finalizado el sistema. Las soluciones de diseño que se obtuvieron por medio de este proceso garantizan que éstas son soluciones posibles, aunque no tienen por qué ser únicas.

Conclusión y Trabajos Futuros

Se ha visto que la aplicación del patrón fue lo que se esperaba ya que agilizo el proceso e introdujo la usabilidad de forma temprana dentro del proceso de software, lo cual abre la puerta para seguir estudiando la adaptación de patrones para construir los sistemas de información.

Los patrones de diseño y arquitectura pueden ser relacionados y modificados, para incluir aspectos de usabilidad desde la fase de diseño de software. En consecuencia, incluir aspectos de usabilidad no debería posponerse hasta la etapa de implementación del software. Se pueden reducir costos y tiempo de desarrollo, como así también la complejidad del sistema, aplicando soluciones de usabilidad, en una etapa de desarrollo temprana. Por otra parte, contemplar la usabilidad del sistema como un eje en su desarrollo en todas las etapas aumenta su calidad y, por lo tanto, la posibilidad de éxito del mismo.

Como trabajo futuro se propone investigar con mayor detalle el impacto que pueda tener la modificación de los patrones de Diseño, al incluir patrones de usabilidad y verificar el impacto de los cambios mediante la trazabilidad de los mismos.

Agradecimientos

Los autores del presente trabajo quieren manifestar su agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, y al Ministerio de Ciencia y Tecnología de la provincia de Córdoba, mediante el Proyecto Apoyo a Grupos de Reciente Formación con Tutores (GRFT 2018 - Res. Nro: 000079 / 2018) del Programa de Generación de Conocimientos (PGC) 2018 por sus contribuciones para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Referencias

- [1] Luis Arciniegas Herrera, María Verónica Fernández de Valdenebro, María Amparo Hormiga Juspian, Aleyda Tulande Arroyo, Cesar Alberto Collazos Ordoñez. Patrones arquitectónicos sobre usabilidad en el dominio de las aplicaciones web, INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 30 No. 1, ABRIL DE 2010.
- [2] Ana M. Moreno & M. Isabel Sánchez, Patrones de Usabilidad: Mejora de la Usabilidad del Software desde el momento de Arquitectónico.
- [3] Elena, Ma & Hdz, Hernández & Alvarez Carrión, Guillermo & Muñoz-Arteaga, Jaime. (2003). Patrones de Interacción para el Diseño de Interfaces WEB usables.
- [4] Paloma Díaz, Susana Montero, Ignacio Aedo. Ingeniería de la web y patrones de diseño.

Datos de Contacto

Ezequiel Enrique Fernandez.
CIDS, UTN, Facultad Regional Córdoba.
Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja Argentina.
<ezequiel004@gmail.com>

Santiago Jose Solis Luna
CIDS, UTN, Facultad Regional Córdoba.
Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja Argentina.
<sant.solis.luna@gmail.com>

Juan Pablo Fernandez Taurant
CIDS, UTN, Facultad Regional Córdoba.
Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja Argentina.
<jtaurant@gmail.com>

Nicolas Perez
CIDS, UTN, Facultad Regional Córdoba.
Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja Argentina.
<nicoperez444@gmail.com>

Juan Carlos Moreno
CIDS, UTN, Facultad Regional Córdoba.
Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja Argentina.
<jmoreno33@gmail.com>

Marcelo Martin Marciszack
CIDS, UTN, Facultad Regional Córdoba.
Maestro Marcelo López esq, Cruz Roja Argentina.
<marciszack@gmail.com>

GeoUNNE: Aplicativo Móvil con Geolocalización, de una institución universitaria

Fernández, Hugo; Godoy Ma. Viviana; Fernández, Mirta

Universidad Nacional del Nordeste.

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura.

Secretaría General de Ciencia y Técnica.

Corrientes. Argentina.

Abstract

La Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) se encuentra emplazada en la región Nordeste Argentino, con sedes en las Provincias de Chaco y Corrientes. Su extensión en muchos casos dificulta conocer la diversidad de ofertas académicas, servicios y dependencias que posee. Por tanto, emerge la posibilidad de desarrollar una Aplicación para contribuir a facilitar el acceso a dicha información; se describe en este trabajo las etapas para implementación de una Aplicación para dispositivos móviles con herramientas de geolocalización. Se empleó una metodología para tal fin, se realizaron prototipos y se construyeron los primeros módulos funcionales. Los destinatarios del aplicativo pueden conocer a través de esta, a una variedad de información empleando diversos criterios de búsqueda. El trabajo se realiza en el marco de una beca otorgada mediante Proyecto de Investigación.

Palabras Clave

Aplicativo móvil, Método de desarrollo, Ingeniería de software.

1. Introducción

La Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) ha experimentado en los últimos años un crecimiento considerable [1]. Con aproximadamente 12 mil inscriptos para el Ciclo Lectivo 2018, la misma expone un crecimiento del 2,3% de su matrícula en los últimos cinco años, y sigue entre las universidades del norte-este argentino con mayor número de alumnos [2]. El ingreso es una de las instancias claves de la vida universitaria, por ello desde las facultades e institutos de la Universidad centran sus esfuerzos en actividades de acompañamiento para ambientar a los ingresantes en su nuevo trayecto de formación, además de favorecer la vinculación de los conocimientos y las

competencias básicas de la carrera que cursarán.

Al ser una institución universitaria de gran envergadura (con sedes en dos provincias); se requiere que los alumnos conozcan las áreas funcionales, servicios, vías de comunicación, emplazamientos, y toda otra información a efectos de reconocer la institución a la que pertenecen desde el momento que se matriculan, y que luego les será de suma utilidad, para su desplazamiento, realización de trámites diversos.

Un principal canal de información es, el sitio Web institucional www.unne.edu.ar; allí se difunde información de variada índole, el mismo cuenta a su vez con más de cincuenta subdominios pertenecientes a Facultades, Institutos, Secretarías Generales, Servicios sociales, Centros Culturales, Campus y otras dependencias.

Se trata de un sitio web, que según el Ranking de Webometrics [3] de universidades (que mide la presencia en la web y la visibilidad de las instituciones), se encuentra en la posición número quince a nivel nacional. Además, otra fuente de análisis arroja que en los últimos tres meses, ha recibido más de tres millones y medio, tal como se muestra en la **Figura 1** [4].



Figura 1. Total de visitas a la web www.unne.edu.ar entre los meses de mayo y julio de 2018

(Elaboración propia desde
<https://pro.similarweb.com>)

El informe también discrimina por tipo de dispositivos (de escritorios y móviles) y que se presentan en porcentajes en la **Figura 2**. En la misma, se observa un alto nivel de acceso desde dispositivos móviles.



Figura 2. Estadísticas de los accesos a www.unne.edu.ar por dispositivos móviles y de escritorio (Elaboración propia desde <https://pro.similarweb.com>).

La disminución del coste de los servicios y aparatos, la mejora de la infraestructura de redes inalámbricas y la adecuación de contenidos, son algunas de las motivaciones de esta tendencia.

Por otra parte, las posibilidades de comunicación que brindan los dispositivos móviles están siendo explotada al máximo desde hace varios años; de allí surge una premisa en relación a desarrollar proyectos que vinculen lo institucional con el entorno social y tecnológico, en que se desenvuelve el alumnado en una comunidad universitaria. En este sentido, tal como se muestra en la **Figura 3**, la UNNE se vincula fuertemente con la comunidad a través de las redes sociales, especialmente Facebook.



Figura 3. Vinculación de la Universidad a través de las redes sociales.

Bajo esta realidad surge la iniciativa de potenciar el acceso a la información de la universidad a través de dispositivos móviles; mediante una aplicación que ofrezca información a todos los actores de la comunidad académica y de la región, y principalmente a sus estudiantes, del emplazamiento de los numerosos edificios que conforman el complejo universitario, en ambas provincias; utilizando para ello geolocalización de las instalaciones.

El software desarrollado utiliza las redes sociales como medio principal de identificación y registro, para acceder a la información de la UNNE; vinculando por lo tanto lo social con lo institucional. Permitiendo obtener información actualizada de manera más amigable.

2. Solución propuesta y herramientas utilizadas

Las aplicaciones móviles se clasifican por su arquitectura en Nativas, Web o Híbridas; las aplicaciones Nativas tienen archivos ejecutables binarios que se descargan directamente al dispositivo y se almacenan localmente; las aplicaciones Web son aquellas basadas en navegador, desarrolladas mediante lenguaje de definición de páginas.

En tanto las Híbridas, representan una combinación de las dos anteriores e incorpora las ventajas de cada una de ellas [5]. Se desarrollan mediante tecnologías Web, tales como HTML5, JavaScript y CSS principalmente, con esto logran una ejecución en múltiples plataformas.

En este proyecto, el software desarrollado posee las características de aplicativo Híbrido, que utiliza tecnologías emergentes para su optimización tanto desde el punto de vista del diseño, como de la obtención de los datos que presenta.

Para su implementación se utilizaron además herramientas que, por sus características, facilitan el desarrollo y optimizan los costos de recursos que utiliza para su ejecución.

2.1. Entornos de desarrollo

Ionic Framework es un entorno que provee facilidad en la generación de proyectos híbridos, como el que se presenta en este trabajo [6].

2.2. AngularJS

AngularJS es un framework MVC (Modelo Vista Controlador) de JavaScript para el Desarrollo Web Front-End que permite crear aplicaciones SPA (Single-Page Applications). Ionic utiliza AngularJS con el fin de crear un marco más adecuado para desarrollar aplicaciones ricas y robustas. AngularJS permite ampliar el vocabulario HTML para la aplicación.

2.3. Herramientas de Base de datos

En la actualidad existen numerosos utilitarios que posibilitan la gestión de información de una base de datos en el desarrollo de un aplicativo móvil.

Firebase es un producto de Google para programar aplicaciones comúnmente llamadas Apps, que permite interactuar con usuarios, escalar y traducir proyectos con facilidad [7]. Al mismo tiempo que provee funcionalidades para almacenar y sincronizar datos de aplicaciones a escala global, aprendizaje automático para desarrolladores móviles, ejecución de código de back-end para dispositivos móviles sin administrar servidores, autenticación de usuarios de forma simple y segura, base de datos en tiempo real que almacena y sincroniza datos de a App en milisegundos; etc.

3. Marco metodológico

La metodología propuesta para el desarrollo de aplicaciones para móviles se fundamenta en investigaciones previas y la evaluación del potencial de éxito que tiene en el desarrollo de las etapas para la construcción de software [8]. Para la implementación del proyecto se optó por la Metodología de Desarrollo Ágil de Aplicaciones Android (D3A) [9] basado en:

- i. Definición de Roles.
- ii. Etapa 1. Etapa de planeación.
- iii. Etapa 2. En base a prioridades se definen los primeros prototipos.

Luego se validaron los diseños y se avanzó con el desarrollo de las funcionalidades. Se retrotrae constantemente y se modifica incluyendo mejoras.

4. Resultados

Siguiendo el marco metodológico propuesto, se realizó:

4.1. Definición de roles

a) El usuario descrito con perfil *alumno* es el destinatario principal de la información que ofrezca el producto software, la cual estará sujeta a actualizaciones por parte del *usuario Administrador* de la App.

4.2. Etapa 1. Etapa de planeación.

En base a los roles definidos, se determinó que el objetivo principal es que “ofrezca información actualizada, del emplazamiento de los numerosos edificios que conforman el complejo universitario, en ambas provincias; utilizando para ello geolocalización”.

Para alcanzar este objetivo se dividió el proyecto en iteraciones. Cada iteración con un tiempo determinado. Luego se propuso la generación de demostraciones parciales de la App; los objetivos se fueron refinando y priorizando a medida que avanzó el proyecto. Se documentó las mismas para su revisión y mantenimiento.

En las primeras iteraciones las tareas se centraron en obtener requisitos básicos y realizar algunos prototipos, así como la implementación de la arquitectura sobre la que trabajaría la aplicación. Seguidamente, se incluyó la información de las áreas funcionales, servicios y localizaciones edilicias; se incorporaron distintos filtros para la búsqueda y la geolocalización del usuario, proporcionando las funcionalidades definidas.

Se detallaron las acciones de los perfiles o roles para la utilización de la aplicación: el Rol Alumno, es todo aquel que tiene la característica de acceso general a la información que ofrece la App, identificándose previamente con alguna red social; y un Rol Administrador que es el encargado de la configuración, actualización y mantenimiento del software

tal como se muestra en la **Figura 4** de los Casos de Uso identificados.

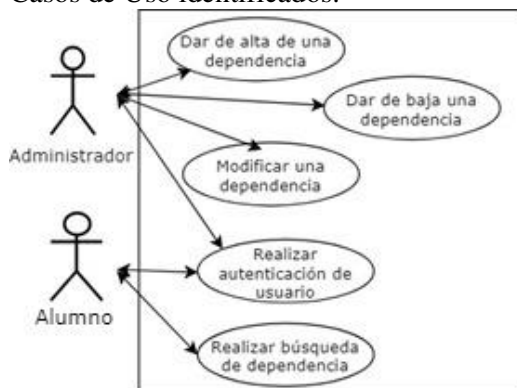


Figura 4. Principales Casos de Uso identificados en el proyecto de desarrollo.

En base a lo antes mencionado, se delimitaron los Requisitos Funcionales (#RF) y Requisitos No Funcionales (#RNF).

- *RF Para los alumnos.*

RF#1 El sistema debe obtener localización del dispositivo. La aplicación debe de ser capaz de obtener las coordenadas del lugar donde el dispositivo se encuentra, existiendo consentimiento por parte del usuario.

RF#2 El sistema debe mostrar en el mapa la posición geográfica del usuario. La aplicación deberá mostrar en un mapa, siempre que disponga de alguna conexión de red, la posición geográfica del usuario y actualizarla en tiempo real. El usuario podrá manipular el mapa mediante zooms y desplazamientos y volver a centrarse en la posición del usuario.

RF#3 El sistema debe ubicar en el mapa dependencias de la UNNE.

RF#4 El sistema debe mostrar lista de las dependencias de la UNNE. La aplicación deberá mostrar en una pantalla el listado de las dependencias organizado por clase.

RF#5 El sistema debe ubicar en el mapa una dependencia de la lista. El usuario podrá mostrar en el mapa cualquiera de las mismas, de la lista de manera independiente.

RF#6 El sistema debe mostrar datos de interés de cualquier dependencia. El usuario deberá poder consultar en una misma

pantalla todos los datos disponibles de la dependencia que seleccione.

- *RF Para el Rol Administrador:*

RF#1 El sistema debe permitir al usuario “administrador” ingresar con su usuario y contraseña.

RF#2 Cualquier dato se almacenará en la base de datos.

RF#3 El sistema debe permitir al usuario “administrador” consultar, insertar, modificar y borrar dependencias.

Entre los Requisitos No Funcionales se definieron se mencionan:

- *RNF Para el perfil de alumno:*

RNF#1 El dispositivo móvil debe disponer de GPS y poder realizar el envío de coordenadas.

RNF#2 El tiempo de reinicio después del fallo deberá ser en 15 segundos.

RNF#3 El tiempo de respuesta al usuario deberá realizarse en 5 segundos.

RNF#4 El sistema se implementará en lenguaje Angular, apoyado en framework de Ionic.

- *RNF Para el Rol Administrador:*

RNF#1 La interfaz debe ser poco compleja a la hora de administración de datos para facilitar la actualización de la información.

RNF#2 El tiempo de reinicio después del fallo deberá ser en 60 segundos.

RNF#3 El tiempo de respuesta al usuario deberá realizarse en 30 segundos

i. *Etapa 2.- En base a prioridades define los primeros prototipos.*

En otra instancia se diseñaron las interfaces, tales como se muestran en la **Figura 5**.



Figura 5. Diseños de la interfaz de acceso a la aplicación (Prototipo).

Se consideró principalmente una disposición simple y clara en los elementos que la componen para su facilidad de uso, tal como se ilustra en la **Figura 6**.



Figura 6. Proyección de interfaz de accesos a las dependencias (Prototipo).

4.3. Implementación del prototipo.

Se concretó el desarrollo de la aplicación de manera parcial, siguiendo los prototipos antes expuestos. En la **Figura 7**, se muestra la interfaz inicial.

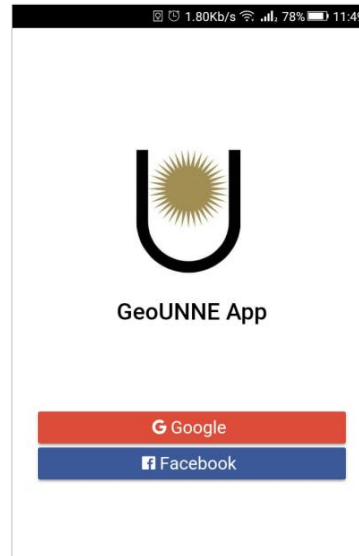


Figura 7. Interfaz inicial desarrollada para GeoUNNE.

De esta manera es posible ofrecer un servicio a la comunidad universitaria y al medio en general, aportando un artefacto software con diferente tipo de información. En la **Figura 8**, se puede observar otra de las capturas de GeoUNNE.



Figura 8. Interfaz desarrollada con herramienta de geolocalización.

5. Conclusión y Trabajos Futuros

El aporte principal del producto obtenido es el acceso, la practicidad y la versatilidad de

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

la información puesta a disposición de la comunidad universitaria, en particular para los estudiantes de la Universidad.

Siendo la UNNE, una institución, de una dispersión geográfica amplia y variada, en cuanto a Sedes, Facultades, Campus, Centros Regionales, Centros Culturales, Secretarías Generales, Instituto de Obra Social, etc. resulta de suma utilidad para los destinatarios que pueden ser estudiantes e interesados en acceder a través de dispositivos móviles, para poder ubicar en tiempo real las dependencias a la que necesita situar o dirigirse, para diversas cuestiones de la comunidad vida académica, cultural, deportiva, etc.

Agradecimientos

A la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE, a través del Proyecto de Investigación acreditado por dicha Secretaría. PI F019: Sistemas de Información y Tic: Modelos, Métodos y Herramientas.

Referencias

[1]. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar/homepage/unne-en-cifras/estudiantes>

[2] Portal informativo UNNE-Medios: http://medios.unne.edu.ar/index.php?option=com_k2&view=item&id=1873:la-unne-se-mantiene-entre-las-universidades-con-mas-inscriptos&Itemid=128&lang=es

[3] Ranking Web de Universidades www.webometrics.info/es.

[4] Análisis de sitio web. <https://pro.similarweb.com>

[5] IBM Software (2012). Thought Leadership White Paper “El desarrollo de aplicaciones móviles nativas, Web o híbridas”.

[6] Wilken, J. (2016). Ionic in action: hybrid mobile apps with Ionic and AngularJS.

[7] Adrián Catalán (2015) “ Mi primer app con Firebase y Android (Parte 1)” <https://medium.com/@ykro/mi-primer-app-con-firebase-y-android-parte-1-fd0b7d717e0>

[8] MCS, U. P. M., Moreno, I. V. Y., & Bernal, M. R. A. S. (2014). Propuesta Metodológica para Desarrollo de Aplicaciones Móviles para Dispositivos Android.

[9] Blanco, P., Camarero, J., Fumero, A., Warterski, A., & Rodríguez, P. (2009). Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles. Introducción al desarrollo con Android y el iPhone. Dr. en Ing. Sist. Telemáticos, 1-30.

Datos de Contacto:

mirtagf@hotmail.com

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Trabajos estudiantiles Trabajo Final

Deletreador con diccionario basado en el potencial evocado

P300

de Lima, Nicolás

Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería

Abstract

En el presente documento se muestra el desarrollo hasta el momento de un prototipo básico de deletreador basado en potenciales evocados P300 con un diccionario que permite el autocompletado de palabras. El mismo consiste en un sistema que permite a un usuario ingresar caracteres a una computadora concentrándose en un elemento de una matriz de símbolos presente en pantalla, pudiendo además elegir de entre una lista de palabras sugeridas. El sistema fue desarrollado en su totalidad con tecnologías libres.

Palabras claves

OpenBCI, OpenVibe, python, EEG, BCI, P300.

1. Introducción

Existen múltiples condiciones conocidas por la medicina actual que impiden la comunicación normal de una persona, condiciones tan severas como por ejemplo el síndrome de encierro, esclerosis lateral amiotrófica y secuelas de accidentes cerebro vasculares, por nombrar algunas. Frente a esto se hace necesario encontrar formas de sobrepasar estas limitaciones para lograr una mejora en la calidad de vida de las personas afectadas. El desafío está en que, al estar comprometida la movilidad de varios grupos musculares, la comunicación no puede estar basada en ellos y es necesaria una alternativa.

Es aquí donde entran en juego las llamadas “Interfaces cerebro-computadora” (desde ahora BCI, por sus siglas en inglés “Brain Computer-Interface”): sistemas que buscan ser un nexo entre un sistema electrónico y un sistema orgánico y que pretenden que una computadora pueda recibir información directamente desde el cerebro de un usuario. Un método común para transmitir esta información es mediante el uso de un electroencefalógrafo, que puede captar las corrientes eléctricas que son generadas por el encéfalo durante el desarrollo de diferentes actividades. Algunas de estas corrientes eléctricas son bien conocidas y reproducibles, como el potencial evocado P300 en el cual se basa este trabajo. Un potencial evocado es una reacción eléctrica que se da en el cerebro debido a un estímulo sensorial. En el caso particular del potencial P300 la reacción se puede observar como un pico positivo de voltaje que se da 300 mili segundos tras la presentación de un estímulo; particularmente, si a una persona le presentamos una serie de estímulos idénticos y en un momento cambiamos el estímulo presentado por uno inesperado se produce la respuesta P300. En base a este fenómeno se presenta una solución al problema planteado inicialmente: un sistema que permite

ingresar caracteres a un computador mediante el análisis de las reacciones P300 que se producen cuando se estimula de manera controlada al sujeto. Además del deletreador en sí se incluye un módulo de autocompletado, a partir de ahora diccionario, que sugiere opciones al usuario en base a las entradas de caracteres.

2. Base teórica

2.1 El cerebro

El cerebro es el órgano principal del sistema nervioso central humano y su complejidad es muy alta y, si bien no se conoce de forma cierta como funciona, se sabe que la base de su funcionamiento se encuentra en las neuronas: células que se encargan de la transmisión y procesamiento de los estímulos eléctricos que reciben. Las neuronas se conectan unas con otras y reciben y envían impulsos eléctricos entre ellas en el proceso llamado sinapsis, funcionando de forma similar a componentes en un circuito electrónico. Debido a limitaciones físicas no se puede medir la corriente a nivel neutra, pero si podemos observar el efecto macroscópico que se produce sobre la superficie del cerebro cuando un grupo grande de neuronas se activan debido a la estimulación de un área del cerebro relacionada a determinada función que se está realizando, como la excitación de la corteza visual en el lóbulo occipital al estimular la vista o la excitación de la corteza motora en el lóbulo frontal al realizar movimientos. Estas corrientes pueden ser medidas usando sensores colocados lo más cerca de la corteza cerebral posible para medir la señal eléctrica y enviarla a un computador.

2.2 Funcionamiento general de una BCI

Una BCI es un sistema que se espera que funcione en tiempo real, clasificando las señales del cerebro constantemente y comunicándose con un computador para que ejerza alguna acción en consecuencia.

Para que la BCI funcione necesita pasar por una etapa de entrenamiento previa para aprender a reconocer los diferentes estados que necesitamos identificar. Esta etapa se realiza fuera de línea y es necesario contar con un grupo de datos de entrenamiento que estén etiquetados de acuerdo a la clase correspondiente. La clase se refiere al estado mental (i.e. conjunto de señales en un determinado momento) que queremos reconocer, por ejemplo: en el caso de nuestro deletreador queremos reconocer si hubo respuesta a algún estímulo, entonces nuestras clases serán verdadero o falso.

La segunda etapa es la clasificación en línea, o el experimento propiamente dicho. Una vez entrenado el clasificador queremos utilizarlo para reconocer clases en tiempo real y para esto es necesario procesar las señales de entrada de la misma forma en que fueron procesadas en la etapa de entrenamiento.

2.3 Procesamiento de señales

A fin de poder realizar una clasificación exitosa es necesario determinar que parte de la señal es la más útil y en que forma lo es, lo que conlleva a reducir la cantidad de datos que tomamos del instrumento de medición y generar un vector de características (i.e. un arreglo que contenga una cantidad reducida de datos que representen los aspectos importantes de la señal).

Podemos considerar algunas formas de reducir el volumen de datos manteniendo la mayor cantidad de información posible: reducir la banda de frecuencia, la cantidad de canales utilizados o la cantidad de muestras temporales, entre otras.

A fin de reducir las bandas de frecuencia se pueden utilizar filtros convencionales. En cuanto a la cantidad de canales podemos limitarnos a aquellos que están sobre los lóbulos en los que consideramos que podremos obtener la mejor calidad de señal e ignorar el resto o podemos tomar la señal de algunos canales adyacentes y obtener una señal resultando de alguna combinación de las señales originales.

Finalmente, para reducir la cantidad de datos temporales podemos disminuir la frecuencia de muestreo rechazando algunos datos (decimación).

Una vez realizado el procesamiento necesario, la señal en su forma final es organizada en un vector que es usado para alimentar al clasificador.

2.4 Clasificación

Para decidir si una parte de la señal corresponde a un fenómeno que queremos detectar necesitamos un conjunto de vectores de características con sus clases (puede ser más de dos), que serán nuestro conjunto de entrenamiento, para luego reconocer las clases de vectores sin clasificar.

En este proyecto se hace uso del algoritmo “*Linear Discriminant Analysis*” (desde ahora LDA), extensamente utilizado en este tipo de aplicaciones debido a sus bajos costos computacionales y su simpleza. El LDA consiste en utilizar una función discriminante para calcular la

probabilidad de pertenencia de una observación a una clase en particular. Para derivar esta función se parte de la suposición de que los datos obtenidos provienen de una distribución de probabilidad normal multivariante, y que las matrices de covarianza para cada clase y en general son iguales. La función discriminante es:

$$f_i = \mu_i C^{-1} X_k^T - \frac{1}{2} \mu_i C^{-1} \mu_i^T + \ln P(i)$$

Ecuación 1: Función discriminante lineal

Siendo f_i la función discriminante de la clase i , μ_i la media de la clase i , C la matriz de covarianza y X_k la observación a clasificar.

3 Construcción del sistema

3.1 Tecnología utilizada

Se hizo uso de las plataformas libres OpenVibe y OpenBCI, con el sistema operativo Ubuntu 16.04 LTS.

La plataforma OpenBCI ofrece placas electrónicas para realizar mediciones de la actividad eléctrica del cuerpo humano. Para el presente proyecto se utilizó la placa “Cyton” que cuenta con 8 canales, frecuencia de muestreo de 250Hz, un microcontrolador de 32 bits de la empresa Microchip y conexión inalámbrica vía Bluetooth.

Por su parte, OpenVibe provee una suite de herramientas estadísticas, de minería de datos, de procesamiento de datos y de visualización, en un entorno sencillo de utilizar: cada herramienta está empaquetada en una “caja” que puede arrastrarse a un escenario, y solo debemos conectar las entradas y las salidas según corresponda para generar un experimento.

Se utilizó el lenguaje de programación Python para la comunicación entre

OpenVibe y el diccionario, usando Gtk para el desarrollo de la interfaz gráfica y Postgres como motor de base de datos para almacenar el diccionario.

3.2 Descripción del sistema construido

3.2.1 Dispositivo de toma de datos

Inicialmente utilizaremos solo tres canales: O1, O2 y CZ. Esto es debido a que los canales O1 y O2 del sistema 10/20 se ubican sobre el lóbulo occipital, fuertemente relacionado con la visión.

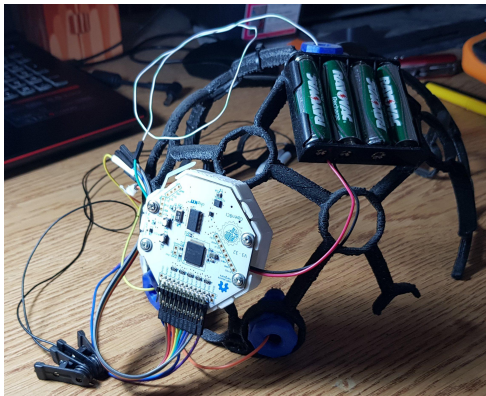


Figura 1: Casco con placa Cyton

3.2.2 Entrenamiento

Para empezar se presenta en pantalla al usuario una matriz de letras desde la A a la Z, 3 opciones, los signos de exclamación e interrogación, el punto, la coma y una opción para colocar un espacio y otra para eliminar la última letra.

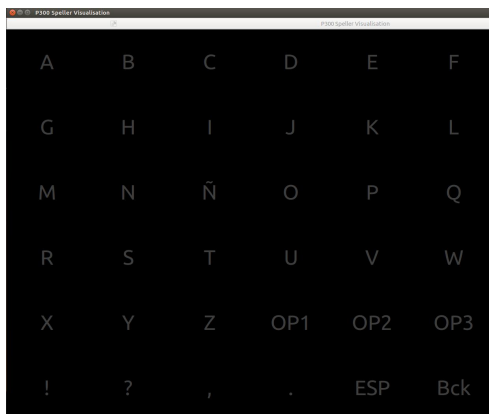


Figura 2: Matriz de letras

Para tomar los datos de entrenamiento, se pide al usuario que se concentre en una letra en particular, resaltándola por un momento en color azul. Seguido a esto se realizan doce pasadas de estimaciones (i.e. doce ciclos en los que se resaltan de forma pseudoaleatoria las filas y columnas de la matriz, de una por vez) para esa letra. Este proceso es realizado para diez letras en total, y la señal que toma el casco es grabada en un archivo junto con las señales de control que genera el sistema durante esta etapa. Luego se entrena al clasificador, procesando la señal guardada en el archivo del proceso anterior y preparando los vectores de características necesarios para alimentar al LDA. El procesamiento de la señal consiste en aplicar un filtro pasa banda para solo tener componentes de frecuencias entre 1Hz y 20 Hz, seguido seguido por la decimación de la señal en un factor de 5. Como la frecuencia de muestreo del casco es de 250Hz, si solo tomamos una muestra de cada cinco obtendremos un total de 50 muestras en cada segundo de experimento. Los vectores de características se arman cuando una fila o columna de la matriz de letras se resalta, y consisten en las mediciones del casco correspondientes a los 0,6 segundos siguientes a ese momento. Primero se representa la señal como una matriz 3x30, siendo las filas los canales y las columnas las muestras en el tiempo de estos canales, y luego se genera el vector de características concatenando las filas para dar un total de 90 columnas. En base a estos vectores se alimenta a la caja del entrenador de OpenVibe, la cual genera un archivo con los resultados del algoritmo LDA.

3.2.3 Clasificación online

Se presenta al usuario dos pantallas: la primera contiene la matriz de letras del entrenamiento y la segunda tiene las opciones para el usuario. Esta última pantalla presenta cuatro secciones verticales: la primera muestra el texto ingresado por el usuario hasta el momento y las otras muestran una sugerencia cada una, ofrecidas por el sistema, pudiendo haber menos de tres.

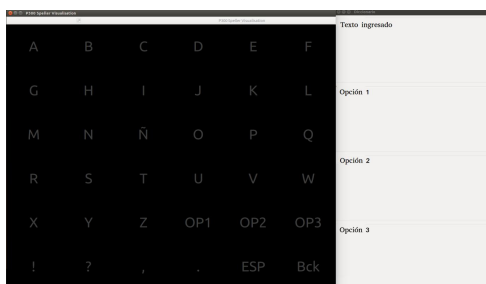


Figura 3: Matriz y opciones

En esta etapa el usuario ingresa caracteres concentrándose en algún elemento de la matriz. Se realizarán las mismas pasadas de estimaciones de la etapa anterior, solo que ahora la señal va a ser analizada por el clasificador entrenado y se dará una estimación del elemento elegido. En base a ese carácter el diccionario ofrecerá opciones adecuadas, que el usuario puede elegir con los elementos de la matriz correspondiente (OP1, OP2 y OP3).

3.4 Diccionario

Esta parte del sistema se ejecuta fuera del entorno de OpenVibe. Consiste en tres partes: el diccionario en sí, el gestor y un hilo listener.

El listener se ejecuta en el fondo y está escuchando constantemente un puerto en el que espera que se presente una letra, para enviar una señal al gestor.

El diccionario recibe una letra o letras del gestor y brinda tres opciones que

recupera desde una base de datos de palabras comunes.

El gestor se encarga de recibir señales del listener y pedir al diccionario las sugerencias, para luego actualizar la interfaz gráfica. El gestor también se encarga de la lógica que lleva la cuenta de cual es la palabra actual, como se agregan o eliminan letras y otras cuestiones básicas.

4. Verificación experimental

Se realizaron pruebas con dos sujetos diferentes: uno sin experiencia con el deletreador y el otro con una experiencia de 3 pruebas ya realizadas.

4.1 Procedimiento

1. Se coloca el casco al usuario y se controla la calidad de la señal.
2. Se toman datos de entrenamiento. Este procedimiento dura 10 minutos y se pide al usuario que se concentre en un total de 10 letras.
3. Se entrena al clasificador. Este proceso tiene una duración aproximada de 20 minutos.
4. Se pide al usuario que ingrese una serie de letras: para el primer sujeto serán 5 y para el segundo serán 10.

4.2 Resultados obtenidos

La validación cruzada y la matriz de confusión fueron:

	Sujeto 1	Sujeto 2
Promedio	87,75%	83,75%
Desviación	1,44%	0,63%

Tabla 1: Validación cruzada con 5 particiones

	Predicción objetivo	Predicción no objetivo
Clase objetivo	14,6% / 17,5%	85,4% / 82,5%
Clase no objetivo	2,4% / 3%	97,6% / 97%

Tabla 2: Matriz de confusión (sujeto 1 / sujeto 2)

Los promedios de las distancias Manhattan entre las letras objetivo y la letra obtenida:

	Sujeto 1	Sujeto 2
Promedio	4,8	2,6

Tabla 4: Distancias Manhattan promedio

Se considera que es una buena métrica ya que mide cuán alejado está la predicción de la fila y columna elegida por el usuario, en el peor escenario existe una distancia de 10 unidades entre letras, y en el mejor hay 0 unidades.

4.3 Evaluación general

Las siguientes son conclusiones derivadas de los resultados obtenidos:

- Los resultados de la validación cruzada son buenos pero, observando la matriz de confusión, puede notarse que el sistema tiende a fallar en detectar una clase objetivo. Esto se debe a que se tiene mucha más información sobre la clase no objetivo.
- Observando las distancias de Manhattan entre las letras, en particular la del usuario con experiencia, puede decirse que el sistema utilizado para decidir la letra elegida tiene un rendimiento aceptable, ya que permite otorgar resultados aproximados con una clasificación no tan precisa.

5. Conclusiones y trabajos futuros

Se concluye que el prototipo es capaz de procesar datos y realizar predicciones básicas, tal como se esperaba en este punto del desarrollo.

Se planea profundizar la investigación para mejorar la precisión del deletreador mediante:

- El uso de más sensores para aumentar la cantidad de datos, y el correspondiente procesamiento para mejorar la calidad de los mismos.
- La evaluación de otros algoritmos de clasificación usados en el área.

6. Referencias

- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. (2017). The elements of statistical learning, Springer.
- Tomasi, W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas, Prentice Hall.
- 10/20 System Positioning manual (2012). Trans Cranial Technologies.
- Fabien Lotte et al. A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces. Journal of Neural Engineering, IOP Publishing, 2007, 4, pp.24. <inria-00134950>
- Fabien Lotte. A Tutorial on EEG Signal Processing Techniques for Mental State Recognition in Brain-Computer Interfaces, Springer, 2014. <hal-01055103>
- Farwell, L.A., Donchin, E. (1988). Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 70:510-523510, Elsevier Scientific Publishers Ireland, Ltd.

Helpo: una plataforma online con fines sociales

Borello, Agustín
Gil, Luciano
Lorenzo, Juan Pablo
Ríos, Julieta
Ulla, Gonzalo

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Cátedra Proyecto Final*

Abstract

Enmarcada como Trabajo Final en desarrollo de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, Helpo surge como una plataforma online orientada a vincular organizaciones sin fines de lucro con voluntarios y empresas mediante un sistema web y móvil. Su objetivo es incrementar el flujo de recursos de estas organizaciones, brindando oportunidades para que voluntarios y empresas colaboren en actividades sociales, ya sea donando o participando de eventos y campañas. Tanto la página web como la aplicación móvil están siendo desarrolladas empleando metodologías ágiles, sistemas recomendadores y servicios en la nube para alcanzar una solución social trascendente a nivel local. Así, Helpo dará respuesta de forma innovadora a una necesidad vigente en la actualidad, gestionando organizaciones, voluntarios y empresas, así como sus perfiles, su interacción y sus principales procesos: organizar, participar y patrocinar actividades sociales, siendo notificados, recibiendo recomendaciones y difundiendo las mismas.

Palabras Clave

Impacto Social, tercer sector, RSE, ONG, voluntarios, empresas, actividades sociales, eventos, campañas, aplicación móvil, sistema web.

Introducción

Actualmente, según La Nación [1], se estima que existen más de cien mil organizaciones sin fines de lucro (de aquí en más: “organizaciones”) en Argentina que requieren recursos, tanto humanos como materiales, para cumplir sus

objetivos. Además, en 2017, la Subsecretaría de Responsabilidad Social del Ministerio de Desarrollo Social [2] confirmó que, en dicho año, el sector privado invirtió más de trece millones de pesos en proyectos sociales, colocando al país como líder latinoamericano en Responsabilidad Social Empresaria (RSE) al tener 150 compañías con certificación GRI [3].

Esto indica que la relevancia de las actividades sociales es cada vez mayor: no sólo por el número de organizaciones dedicadas a ellas, sino también por la cantidad de empresas involucradas.

Sin embargo, durante los últimos años, el número de personas que participan en tareas de voluntariado está descendiendo. Según un estudio realizado por TNS Gallup en 2014 [4], sólo un 13% de los argentinos desempeña actividades voluntarias, aunque un 30% declara estar predispuesto a hacerlo.

En efecto, esta combinación de numerosas organizaciones sin fines de lucro y descenso de voluntarios en actividades de bien social, motiva a transformar esa predisposición en acciones concretas.

Con este propósito, el presente Proyecto Final de Carrera pretende desarrollar una plataforma, denominada Helpo, que

consista en una aplicación web y móvil a ser utilizada por organizaciones, empresas y voluntarios, destinada a fomentar su interacción de forma dinámica e innovadora.



Figura 1: Actores Involucrados
Fuente: elaboración propia

El trabajo está centrado en dar soporte a la gestión de los principales procesos de negocio de dichos actores: organización, participación y patrocinio de actividades sociales que ocurren por única vez (denominadas “eventos”) como de aquellas recurrentes que se repiten periódicamente (“campañas”). Esto permitirá que las organizaciones incrementen el flujo de recursos y de voluntarios en sus actividades, que las empresas maximicen la visibilidad de sus políticas de RSE patrocinando estas últimas y que los voluntarios accedan fácilmente a oportunidades para colaborar.

De esta forma, Helpo se plantea como una solución innovadora, accesible y trascendente a una necesidad social vigente en la actualidad.

El trabajo en cuestión comienza describiendo la metodología y los elementos utilizados. Para ello, se hace foco, primero, en el relevamiento de necesidades que han motivado al mismo y el proceso de investigación efectuado junto a las materias de la carrera vinculadas. Luego, se detallan sus aspectos técnicos de

implementación y gestión que sentarán las bases y permitirán ejecutar el desarrollo propiamente dicho de la plataforma.

Posteriormente, se analizan los resultados de Helpo en términos de funcionalidades incluidas y, finalmente, se procede a discutir el impacto social de esta plataforma concluyendo sobre ella y sobre trabajos futuros.

Elementos del Trabajo y metodología

En la presente sección, se detalla cómo se ha efectuado este Trabajo, partiendo desde su fase embrionaria en la que se capturaron sus requerimientos, e incluyendo cuestiones prácticas referidas a la implementación de Helpo desde una perspectiva tanto técnica como de Gestión de Proyectos.

Relevamiento. Para detectar las necesidades de las organizaciones en Argentina, se relevaron, usando entrevistas y encuestas, las siguientes entidades: TECHO Argentina, Patitas de Perro (Córdoba) y Fundación Sanatorio Argentino (San Juan). Ninguna de estas organizaciones posee acceso a una fuente genérica de recursos o a una plataforma que las vincule con voluntarios y empresas, y todas ellas poseen necesidades insatisfechas a la hora de realizar sus actividades sociales, lo que justifica el desarrollo del proyecto Helpo.

Además, en este sentido, acorde al estudio de TNS Gallup citado previamente, los argentinos más predispuestos a colaborar con tareas voluntarias son adultos de 25 a 49 años provenientes de niveles socio-económicos altos y de mayor educación. Tomando como base estas características demográficas, es posible inferir que existe una necesidad latente de implementar una solución tecnológica acorde a los usos y costumbres de estos voluntarios potenciales. Es decir, al plantearse Helpo como un sistema web y una aplicación móvil fácilmente accesibles, se genera un canal inédito de colaboración social acorde a las tendencias de uso tecnológico presentes en Argentina.

Investigación y Asignaturas vinculadas.

Habiendo detectado una oportunidad concreta para este Trabajo, se emprendió un proceso de investigación por parte del equipo desarrollador en pos de incrementar sus conocimientos sobre temáticas específicas. Primero, se retomaron y profundizaron áreas estrechamente relacionadas con las materias Análisis y Diseño de Sistemas, tales como modelado de procesos, elicitación y análisis de requerimientos, requisitos funcionales y no funcionales, metodologías de desarrollo y patrones arquitectónicos. A su vez, habiendo optado por seguir un proceso empírico para este proyecto, se retomaron conceptos trabajados en Ingeniería de Software sobre metodologías ágiles y frameworks de gestión de proyectos.

Por otro lado, si bien el equipo contaba con cierta experiencia en el ámbito de la programación (derivada de trabajos académicos propios de asignaturas como Algoritmos y Estructuras de Datos, Paradigmas de Programación y otras), resultó menester investigar sobre las tecnologías específicas a utilizar, de las que se hablará luego, ya que las mismas no habían sido empleadas en el marco de ninguna materia perteneciente al Plan de Estudios de la Carrera. Fundamentalmente, se hizo especial hincapié en los frameworks y librerías de desarrollo, como también en tecnologías de Aseguramiento de Calidad, integración y despliegue, permitiendo ahondar en conceptos teóricos tratados no sólo en Ingeniería de Software, sino también en Redes de Información.

Por último, fue necesario realizar un estudio adicional sobre Sistemas Recomendadores, que serán descritos en una de las últimas secciones de este Trabajo, lo cual presenta una estrecha relación con la asignatura Inteligencia Artificial.

Herramientas de desarrollo. Transitando hacia aspectos técnicos dentro de los Elementos del Trabajo empleados, el software en cuestión estará conformado, como se ha mencionado, por un sistema web y una aplicación móvil que soportará

las plataformas iOS y Android. Para este desarrollo móvil multiplataforma se recurrirá al framework React Native [5] que permite construir aplicaciones móviles haciendo uso de la librería React [6] y el lenguaje de programación JavaScript. Estos últimos serán empleados también para programar la parte web del software por lo que este enfoque garantizará reutilización de código, reduciendo tiempo y costos de desarrollo. Complementariamente, se utilizará HTML y CSS, para el diseño de interfaces de usuario.

Tanto el front-end web como móvil se comunicarán vía múltiples APIs con el back-end de la aplicación. Este último será desarrollado en el lenguaje Python usando un framework web denominado Django [7], el cual emplea el patrón Model-View-Template (MVT) para crear sitios web orientados a datos. De los múltiples módulos que integran dicho framework, se utilizarán aquellos denominados Django REST y Django ORM para la conexión con la Base de Datos PostgreSQL.

Versionado, integración y despliegue.

Para realizar el control de versiones y gestión de configuración se recurrirá a la herramienta Git, a través del servicio de hosting más utilizado actualmente a nivel mundial: GitHub. En forma conjunta, se empleará CircleCI como servicio de integración continua para compilar y realizar pruebas sobre el producto. Las mismas, se han paralelizado a los fines de optimizar su tiempo de ejecución, siendo divididas dichas pruebas en tres flujos de trabajo, uno correspondiente a “Helpo-API” (el back-end de la aplicación), otro referido a “Helpo-Web” (el front-end web del sistema) y otro consistente en “Helpo-Mobile” (la compilación y prueba de la aplicación móvil creada con React Native).

A la hora de desplegar la aplicación, se hará uso de los servicios en la nube Amazon Web Services (AWS) [8], los cuales conciben a la infraestructura como un servicio y permiten escalar fácilmente. Dentro de todos los servicios de Amazon, actualmente se han empleado sólo algunos

de ellos: AWS Elastic Compute Cloud (EC2), AWS CloudWatch, AWS AutoScaling Group (ASG), AWS Elastic Load Balancing (ELB) y AWS Elastic Block Store, brindando alta disponibilidad a bajo costo.

Se prevé que en un futuro esta infraestructura pueda escalar rápidamente, cumpliendo con requisitos no funcionales como performance, disponibilidad y concurrencia, en caso de que el número de usuarios de la plataforma Helpe crezca exponencial y abruptamente.

En pos de facilitar este posible cambio futuro sobre el despliegue de Helpe, se ha llevado a cabo el mismo utilizando tecnología de contenedores o habitualmente denominados *containers*. Para ello, se ha recurrido a la herramienta Docker [9] y su derivado, Docker Compose [10]. Esta tecnología permite aislar la infraestructura subyacente, logrando desplegar Helpe sin problemas independientemente del entorno en el que se encuentre.

Como aplicación *multi-container*, el back-end del sistema se despliega en un contenedor, el front-end en otro y la base de datos, en otro. El container destinado a back-end corre el servidor Django, aquél de front-end, provee los archivos estáticos JavaScript mediante NGINX [11] y el de base de datos aloja la instancia PostgreSQL. En caso de que, a lo largo de su ciclo de vida, Helpe enfrente altos niveles de demanda fruto de un incremento en su número de usuarios, estos containers podrán replicarse, distribuyendo la carga entre distintas unidades de procesamiento.

A su vez, se ha adquirido el dominio helpe.com.ar a NIC Argentina. El mismo ha sido delegado a los servidores DNS de CloudFlare [12], sitio que se utiliza para gestionar la resolución del dominio y sus distintos registros, como también para proveer los certificados SSL necesarios para encriptar toda comunicación a Helpe, brindando así un servicio seguro a los usuarios.

Gestión del Proyecto. Para finalizar con esta sección referida a Elementos y Metodología de Trabajo, se describen a continuación sus aspectos de gestión propiamente dicha. En pos de administrar el proyecto en cuestión se recurrirá a la Guía PMBOK del PMI [13] y al framework Scrum [14] ya que, al ser una metodología ágil, fomenta el aprendizaje del equipo mediante ciclos de inspección-adaptación. Además, este marco de trabajo brinda un enfoque empírico, minimalista y fácil de aplicar mediante una serie de ceremonias, artefactos y roles que serán implementados en este proyecto que tiene como producto a Helpe.

Más precisamente, en cuanto a Documentación del Proyecto, se han elaborado diferentes entregables, entre ellos: Idea-Proyecto, Estudio Inicial, Plan de Proyecto e Informes de Avance periódicos. Los mismos contienen documentos tales como: modelado de procesos de negocio usando notación BPMN [15], diversos diagramas de clases y vistas arquitectónicas empleando el estándar UML [16], cronograma, plan de riesgos, Declaración del Alcance del Proyecto o Scope Statement y Estructura de Descomposición del Trabajo o Work Breakdown Structure (WBS), entre otros.

En cuanto a las ceremonias del framework Scrum, se han implementado las siguientes: Sprint Planning, Daily Meetings, Sprint Review y Sprint Retrospective, en adición a Product Backlog Refinement como una instancia complementaria. Estas reuniones han permitido organizar el trabajo del equipo, estructurado mediante un Scrum Master rotativo, generando artefactos tales como: Product Backlog, Sprint Backlog, User Stories, Themes, Epics y Spikes.

Por otra parte, se emplea la suite de productos y soluciones en la nube de Google Drive (Google Docs, Google Slides y Google Spreadsheets, principalmente) tanto para el almacenamiento como para la confección de la documentación y organización del trabajo, principalmente por su flexibilidad: permite que el equipo

defina cómo gestionar y documentar el proyecto en base a sus necesidades, optimizando el tiempo dedicado a estas actividades.

Si bien estas soluciones en la nube proveen alta disponibilidad, se ha definido e implementado una política de respaldos periódicos, efectuados localmente, a fines de mitigar el riesgo de pérdida de información sustancial y esencial para este Trabajo Final de Grado. Dicha política, entre otras, forma parte del mencionado plan de riesgos del proyecto.

En cuanto a la planificación del Trabajo, el mismo comenzó formalmente en el mes de abril de 2018 y se prevé que finalice el último mes de dicho año. Este proyecto consiste en un total de 15 Sprints, de dos semanas de duración cada uno, distribuidos entre los meses de mayo y noviembre del corriente. Cada Sprint comienza un día miércoles y termina un día martes, luego de realizar las ceremonias de Sprint Review, Sprint Retrospective y Sprint Planning de la próxima iteración, en conjunto a la reunión con la docente tutora de este Trabajo.

Resultados

Helpo se distingue por proponer diversas funcionalidades, las cuales, modularmente, incluyen:

- **Gestión de voluntarios:** busca que las personas interesadas en colaborar puedan administrar su experiencia, perfil o carrera como voluntarios, obteniendo información sobre futuras actividades sociales y sobre aquellas en las que hayan participado previamente. Para ello podrán registrarse en la plataforma, administrar su perfil y acceder a información detallada sobre su historial de participación en actividades sociales, acompañando así el desarrollo de la carrera en voluntariado de los distintos usuarios.
- **Gestión de organizaciones:** permite que las organizaciones puedan incrementar sus recursos fácilmente, la aplicación permitirá que las mismas se registren indicando su localización y que

gestionen su historial de actividades organizadas. A su vez, las mismas definirán su perfil de forma personalizada, vinculando el mismo a sus actividades sociales, en pos de atraer y maximizar el flujo de recursos recibidos y de voluntarios involucrados.

- **Gestión de empresas:** promueve brindar visibilidad y vinculación con organizaciones y voluntarios, las empresas podrán registrarse como auspiciantes o “sponsors” de una actividad social, accediendo también a información sobre el impacto de patrocinios previos efectuados a eventos o campañas. De esta forma, una empresa podrá buscar y contactar organizaciones sin fines de lucro, brindándoles su colaboración y patrocinio y, al mismo tiempo, maximizando la difusión de sus políticas de RSE en la comunidad.
- **Actividades sociales:** se ocupa de dar soporte a la gestión tanto de eventos como de campañas, según la distinción realizada previamente en la introducción del presente Trabajo. Esta administración girará en torno a tres procesos principales:
 - **Participación:** los voluntarios buscarán actividades, informándose sobre las organizaciones que generaron las mismas y sus necesidades, para luego colaborar y posteriormente brindar *feedback* sobre su participación social. A la hora de colaborar, podrán ofrecerse como voluntarios para cumplir una determinada función o rol en la actividad, y/o también podrán aportar recursos materiales necesarios para quien organiza la misma.
 - **Organización:** las actividades serán registradas por organizaciones que podrán gestionarlas a través de Helpo, definiendo necesidades humanas y materiales, vinculándose con voluntarios y empresas y

- generando contenido una vez concluidas dichas actividades. También, las organizaciones tendrán acceso al detalle de las colaboraciones recibidas tanto para actividades en curso como para aquellas finalizadas, proponiéndoles a su vez un mecanismo de contacto con los voluntarios inscriptos en una actividad para efectuar la gestión previa de ella. De forma posterior a un evento o campaña, cada organización podrá retroalimentar a voluntarios y empresas, fomentando así la interacción entre estos tres actores a través de la plataforma.
- **Financiamiento:** las empresas podrán contribuir con las actividades registradas brindando recursos materiales o colaborando en ellas a través de acciones de voluntariado corporativo. Para esto, obtendrán información sobre cuáles patrocinar y, una vez auspiciadas, sobre cuál ha sido el impacto de su contribución. Serán capaces de buscar organizaciones o actividades de su rubro o interés específico, poniéndose en contacto con ellas en pos de efectuar un aporte de índole material o un proceso de voluntariado corporativo.
 - **Módulo de recomendaciones:** haciendo uso de técnicas de *Machine Learning*, como *Support Vector Regression* [17] y *Singular Value Decomposition* [18] brinda sugerencias sobre actividades sociales a voluntarios, organizaciones y empresas. Implementando Inteligencia Artificial a través de Sistemas Recomendadores, se les informará a las organizaciones cuándo resulta más conveniente que planifiquen una actividad a partir de participaciones previas de voluntarios y empresas. A estos últimos dos actores, se les recomendará actividades sociales en función de sus intereses y experiencia dentro de la plataforma.
 - **Módulo de notificaciones:** promueve que todos los actores involucrados se mantengan actualizados respecto de las últimas novedades, siendo notificados sobre sucesos de su interés. Para ello, se recurrirá a mecanismos de notificación tales como envío de e-mails y de notificaciones push a los voluntarios que se hayan registrado en la aplicación móvil. Por ejemplo, quien se haya inscripto a un evento será informado si la organización que lo registró modifica alguno de los datos del mismo o si le envía un mensaje a través de la plataforma.
 - **Módulo de difusión social:** para maximizar la adopción y el impacto social de la plataforma, la misma se articulará con redes sociales, maximizando así su difusión y alcance. Específicamente, tanto organizaciones como voluntarios y empresas serán capaces de compartir en distintas redes sociales una actividad social puntual o todas aquellas gestionadas por una organización en particular.

Discusión y Trabajos Futuros

¿Qué probabilidad hay de que una plataforma como Helpo alcance una masa crítica de usuarios en el país? Sin dudas, este interrogante no resulta fácil de responder. Sin embargo, en lo que se posee certeza es en que existe una oportunidad para contribuir con múltiples necesidades del tercer sector local.

El problema en el cual este trabajo se ha centrado no ha sido ampliamente tratado, no existen antecedentes de plataformas similares que hayan logrado una significativa difusión, por lo cual no se denotan trabajos relacionados o vinculados. Los aportes de Helpo a la comunidad resultan claros: mayor flujo de recursos para organizaciones, mayor visibilidad para empresas y mayor número de oportunidades de autorrealización para voluntarios.

Sin embargo, existen posibles aspectos de superación para este sistema que quedan pendientes, en virtud de los resultados

alcanzados, para futuras versiones: implementar un módulo de gestión de comunidades y grupos de usuarios, integrar una herramienta de mensajería instantánea y desarrollar funcionalidades vinculadas a premios y concursos, capacitaciones y cursos, y transmisión en vivo de una actividad social, entre otras.

Conclusión

Hoy en día en Argentina no existe una plataforma que reúna a los tres actores mencionados en la misma forma y a través de los mismos canales que Helpo. Esto, sumado a la presencia de una necesidad latente por parte de las organizaciones, resume los principales motivos que argumentan este trabajo.

Por otra parte, cada vez son más las empresas y las personas que desean colaborar con actividades sociales. Sin embargo, al no existir una plataforma que vincule estos tres sectores, gran parte de esta potencial ayuda se pierde o desaprovecha. Precisamente, este rol integrador de esfuerzos es el que pretende desempeñar Helpo, este es su propósito final: crear sinergia agregando valor tanto a organizaciones, empresas y voluntarios, para finalmente contribuir a toda la comunidad.

Innovación, accesibilidad y trascendencia son tres conceptos claves en el presente proyecto. Innovación, ya que se orienta a resolver una problemática social de forma sumamente novedosa. Accesibilidad, debido a que, al fundarse en un sistema web y una aplicación móvil, Helpo provee un método de rápida adopción y un uso fácil, adecuado a las tendencias tecnológicas actuales. Trascendencia, ya que su propósito es generar un impacto social, una transformación fundada en colaboraciones compartidas, actuando como nexo entre organizaciones, empresas y voluntarios y fomentando su interacción y unión.

Más allá de encontrarse dentro del ámbito académico universitario y ser un Trabajo Final de Carrera, se espera implementar esta plataforma, ya que existe una

oportunidad para la misma en la sociedad argentina actual y debido a que ella posee una aplicación práctica real y concreta: fomentar la participación de toda la comunidad en actividades del tercer sector que contribuyan al bien común.

Referencias

[1] Zolezzi, Teresa. “Cerca del 90% de las ONG funciona en la informalidad”. *La Nación*. 4 de mayo de 2013.

<<https://www.lanacion.com.ar/1578357-cerca-del-90-de-lasong-funciona-en-la-informalidad>>
Último acceso: agosto de 2018.

[2] Goldschmidt, Olivia. “El país lidera la RSE en América Latina”. *La Nación*. 23 de abril de 2017

<<https://www.lanacion.com.ar/2015021-el-pais-lidera-la-rse-en-america-latina>>
Último acceso: agosto de 2018.

[3] GRI: Global Reporting Initiative.

<https://www.globalreporting.org/information/about-gri/Pages/default.aspx>

Último acceso: agosto de 2018.

[4] TNS Gallup Argentina S.A. “Cae el trabajo voluntario entre los argentinos y se ubica en las cifras más bajas desde 1997. No obstante, hay propensión a colaborar.”

<https://www.comunicarseweb.com.ar/sites/default/files/biblioteca/pdf/1393276589_Informe_de_Prensa_-_VOLUNTARIADO_2014.pdf>

Último acceso: septiembre de 2018.

[5] React Native

<https://facebook.github.io/react-native/>

Último acceso: agosto de 2018.

[6] React: <https://reactjs.org/>

Último acceso: agosto de 2018.

[7] Django: <https://www.djangoproject.com/>

Último acceso: agosto de 2018.

[8] Amazon Web Services:

<https://aws.amazon.com/>

Último acceso: septiembre de 2018.

[9] Docker: <https://www.docker.com/>

Último acceso: septiembre de 2018.

[10] Docker-Compose:

<https://docs.docker.com/compose/>

Último acceso: septiembre de 2018.

[11] NGINX: <https://www.nginx.com/>

Último acceso: septiembre de 2018.

[12] CloudFlare: <https://www.cloudflare.com/>

Último acceso: septiembre de 2018.

[13] PMI: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok>

Último acceso: agosto de 2018.

[14] Scrum: <https://www.scrumguides.org/>

Último acceso: agosto de 2018.

[15] Hitpass, B. BPMN: Manual de Referencia y Guía Práctica. *Carmunda, BPM Center*. 2017.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[16] Booch, G., Jacobson, I. & Rumbaugh, J. "The Unified Modeling Language. Reference Manual". Addison Wesley. 1999.

Último acceso: septiembre de 2018.

[17] Carmona Suárez, E. "Tutorial sobre Máquinas de Vectores Soporte (SVM)". *Dpto. de Inteligencia Artificial, ETS de Ingeniería Informática, UNED*. 11 de julio de 2014.

<[http://www.ia.uned.es/~ejcarmona/publicaciones/\[2013-Carmona\]%20SVM.pdf](http://www.ia.uned.es/~ejcarmona/publicaciones/[2013-Carmona]%20SVM.pdf)>

[18] Vaccaro, R. "SVD and Signal Processing II: Algorithms, Analysis and Applications". *ACM Digital Library*. 1991.

Datos de contacto

Agustín Borello. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Deán Funes 1809, Torre 2, Piso 7, Depto. A, CP 5000. agustinborello21@gmail.com

Luciano Gil. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Pasaje Perrini 527, CP 5000, Córdoba, Argentina. luchogil96@gmail.com

Juan Pablo Lorenzo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. San Lorenzo 252, piso 6ºA, 5000, Córdoba, Argentina. juampilorenzo@gmail.com

Julieta Ríos. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Muluches 9651, Villa Allende Parque, CP 5147 Córdoba, Argentina. julirios299@gmail.com

Gonzalo Ulla. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Francisco de Paula Otero 173, San Salvador, CP 5003, Córdoba, Argentina. gonzauulla@gmail.com

Estetoscopio digital inalámbrico con compartimiento de auscultaciones realizadas

Bilotti, Mauro - Bonabía, Augusto - Furst, Pablo - Jaime, Diego - Morales, Nicolás

Universidad Tecnológica Nacional (UTN - FRBA)

Medrano 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

mauro_bilo@hotmail.com, augusto.bonabía@gmail.com, furstpablo@gmail.com,

diegonjaime@gmail.com, nicmora@gmail.com

Abstract

El proyecto consiste en fabricar un estetoscopio que funcione de forma electrónica e inalámbrica, a diferencia de los estetoscopios tradicionales que funcionan de forma mecánica y a través de tubos auditivos. El sistema estará compuesto básicamente por tres elementos: El estetoscopio -hardware-, la aplicación mobile donde se obtendrán las auscultaciones vía streaming en tiempo real -software- y los audífonos que se conectarán al dispositivo móvil para poder escuchar los sonidos capturados por el estetoscopio. Las auscultaciones¹ podrán ser guardadas en un archivo de audio para luego ser compartidas fácilmente. El trabajo surge de la necesidad de profesionales del sector de salud de poder compartir diagnósticos con otros colegas de forma ágil y sencilla pudiendo así tener una segunda opinión sobre los mismos a partir de los síntomas que se presentan y los resultados de las auscultaciones. A su vez, el mismo posee fines académicos, ya que permitirá a un docente exponer a un alumnado sonidos o patologías conocidas.

Palabras Clave

Estetoscopio, PCM, Android, Adafruit, auscultación, socket, fonocardiograma, stream, TCP, Wi-fi, SNR, ADC, Frecuencia.

1. Introducción

El presente documento pretende hacer una descripción del sistema desde un enfoque técnico y funcional, haciendo hincapié en los fundamentos teóricos que respaldan nuestro trabajo como también en la manera en que se relacionan todos los elementos. El desarrollo de este sistema apuntará a hacer un aporte a la comunidad

¹ Auscultación: Acción de explorar los sonidos que se producen en el interior de un organismo humano o animal, especialmente en la cavidad torácica y abdominal, mediante los instrumentos adecuados o sin ellos.

científica y médica, otorgando una herramienta innovadora que permitirá un mejor análisis de forma colaborativa y también permitirá a docentes exponer de forma abierta los sonidos típicos tomados por el estetoscopio.

2. Escenario del problema

Actualmente no se cuenta con mecanismos de fácil acceso que permitan compartir los sonidos y diagnósticos que los profesionales de la salud toman mediante auscultaciones realizadas por estetoscopios. El trabajo que se pretende realizar permitirá almacenar de forma local en un dispositivo móvil los sonidos obtenidos mediante el hardware (estetoscopio) permitiendo que los sonidos grabados puedan ser compartidos con otros profesionales de la salud con el fin de cotejar los diagnósticos y descartar otras posibles patologías que no se observaron en la primera medición. En complemento a esto, también se podrá compartir un fonocardiograma del propio sonido, teniendo un elemento extra de análisis de forma visual.

Adicional a lo anteriormente mencionado, servirá de material didáctico para los docentes universitarios. Los mismos no cuentan con la practicidad de poder mostrar ante un alumnado los sonidos que se obtienen mediante un estetoscopio en tiempo real, como tampoco los gráficos de frecuencias que se obtienen en un fonocardiograma. Con nuestra herramienta se pretende mejorar esta situación permitiendo a un docente exponer las nuevas patologías frente a sus oyentes.

3. Desarrollo

3.1. Fundamentos teóricos

Para poder comprender los fundamentos técnicos de nuestro proyecto es de vital importancia primero entender cómo funciona el audio digitalizado.

Como es sabido, el sonido no es más que una onda que se propaga por el aire y que en el caso de un transductor² como el **micrófono de condensador**³, produce una vibración en un diafragma⁴ que forma parte de un capacitor (también llamado condensador) de placas paralelas. Al desplazarse el diafragma de acuerdo con las diferentes presiones de las ondas sonoras captadas, se modifica la distancia entre placas del capacitor generando variaciones en la diferencia de potencial en la salida del micrófono.

De todos los tipos de micrófonos existentes, nos centraremos en los de tipo MEMS (micro-electromecánicos) con salida digital, los cuales presentan numerosas ventajas, como la posibilidad de integrarse con electrónica analógica y digital en el mismo dispositivo, lo cual es central para nuestro trabajo. De esta manera, se obtienen micrófonos que integran toda la etapa de acondicionamiento e incluso digitalización de la señal y ofrecen a su salida una representación eléctrica del nivel de presión sonora a su entrada de una manera mucho más aprovechable en sistemas electrónicos.

Para no alejarnos del foco de esta presentación, diremos que el sonido captado por el micrófono es muestreado a intervalos regulares de tiempo, lo que se denomina **tasa de muestreo (sample rate)** y que no

es más que el número de muestras obtenidas por el micrófono por intervalo de tiempo (segundo). Según el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, para poder digitalizar una señal analógica, transmitirla por un medio eléctrico y poder recuperarla en el extremo distante con la máxima integridad y fidelidad posible, se requiere que la señal analógica sea muestreada al menos dos veces respecto de su frecuencia máxima, lo que matemáticamente se expresa como:

$$f_{nyquist} = f_{s \min} = 2f_{\max}$$

Para dar un ejemplo concreto del uso del teorema, si se desea cubrir el espectro audible del oído humano que va desde los 20Hz a los 2 KHz, la frecuencia de muestreo debería ser de al menos 40 kHz (**40.000 muestras por segundo**) en caso de querer replicar el audio de la mejor forma posible.

Por otra parte, estos impulsos eléctricos generados por el transductor micrófono pueden poseer distintos niveles de tensión [V:volts], los cuales son consumidos por el conversor (ADC) encargado de realizar el proceso de digitalización. En dicha etapa, de acuerdo con la cantidad de valores que se quiera representar, se selecciona la profundidad de bits (bit depth), siendo la cantidad de valores posibles = 2^N , con N: bit deph. De esta manera, si se incrementa, es posible representar una mayor cantidad de valores, lo cual reduce errores de cuantificación mejorando la SNR (relación señal-ruido).

La *Figura 1* presenta los valores que podrían alcanzarse en enteros signados y los valores de relación señal-ruido correspondientes a cada uno de los valores de profundidad de bits (**bit depth**) en base 2.

3.2. Fundamentos técnicos

Luego de explicar el contexto necesario para abordar la solución, hay que

² **Transductor:** Dispositivo que tiene la misión de recibir energía de una naturaleza eléctrica, mecánica, acústica, etc., y suministrar otra energía de diferente naturaleza, pero de características dependientes de la que recibió.

³ **Condensador:** Componente eléctrico para aumentar la capacidad eléctrica y la carga sin aumentar el potencial, que consiste en dos conductores (armaduras) separados por un dieléctrico o medio aislante.

⁴ **Diafragma:** Separación en forma de lámina movable o porosa que intercepta o regula la comunicación entre dos partes de determinadas máquinas y aparatos

# bits	SNR	Valores enteros posibles (por muestra)	Rango signado en base 10 (por muestra)
4	24.08 dB	16	-8 a +7
8	48.16 dB	256	-128 a +127
11	66.22 dB	2048	-1024 a +1023
12	72.24 dB	4096	-2048 a +2047
16	96.33 dB	65,536	-32,768 a +32,767
20	120.41 dB	1,048,576	-524,288 a +524,287
24	144.49 dB	16,777,216	-8,388,608 a +8,388,607
32	192.66 dB	4,294,967,296	-2,147,483,648 a +2,147,483,647
48	288.99 dB	281,474,976,710,656	-140,737,488,355,328 a +140,737,488,355,327
64	385.32 dB	18,446,744,073,709,551,616	-9,223,372,036,854,775,808 a +9,223,372,036,854,775,807

Figura 1 - Valores que podrían alcanzarse en enteros signados y los valores de relación señal-ruido

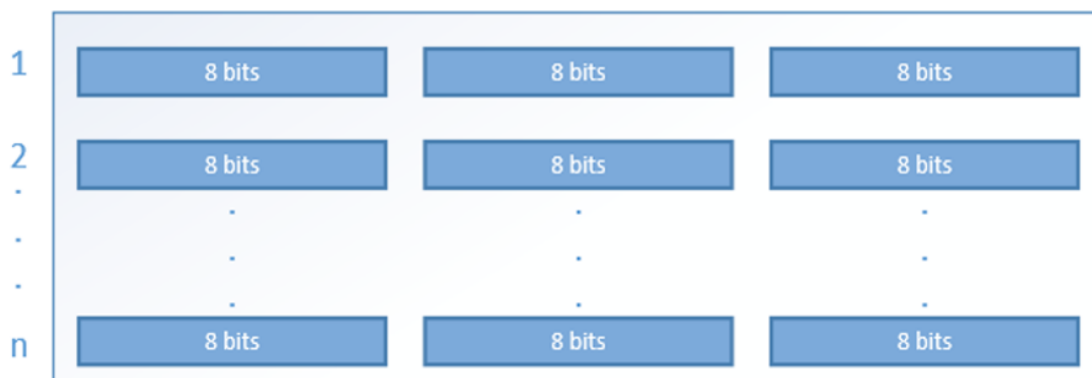


Figura 2 – Formato PCM 24

mencionar que existen distintos formatos para representar el audio en forma digital, muchos de los cuales dependen del sistema operativo, nivel de compresión esperada, fidelidad deseada, entre otras cuestiones. Entre todos estos, el más primitivo y similar a lo aquí expuesto, es el formato **PCM (Pulse Code Modulation)** el cual representa un audio sin compresión ni encabezados, utilizando en su contenido la información de la **tasa de muestreo (sample rate)** y la **profundidad de bits (bit depth)**, siendo este último un valor variable según la necesidad del usuario. Existen 4 variaciones del formato PCM tanto signado como no signado, variando la profundidad de bits en 8, 16, 24 y 32. Para el proyecto en cuestión y por razones que explicaremos a lo largo de esta sección, se ha escogido el formato **PCM 24 bits signado**, el cual, si se observa la tabla antes expuesta, ofrece 16.777.216 valores por muestra (-8.388.608 a +8.388.607).

Para dar más entendimiento podríamos representar el formato PCM 24 como se indica en la *Figura 2*. Como se observa en la imagen, cada muestra toma 3 bytes del stream⁵ utilizando el formato *complemento a dos* para representar los valores negativos. De aquí se desprende que, por una cuestión lógica, todo archivo almacenado en este formato deberá ser múltiplo de 3 a fin de no desperdiciar ningún byte o evitar errores de lectura. Respecto al transductor de audio, el tipo de micrófono MEMS utilizado será el **Adafruit SPH0645 i2s**, el cual cumple ampliamente la respuesta de frecuencia esperada para la auscultación (de 20 Hz a 2 KHz, siendo la frecuencia de muestreo que soporta el micrófono de 32 kHz a 64 kHz) y una correcta relación señal-ruido (SNR).

Como se puede ver en la *Figura 3*,

⁵ Stream: transferencia continua o que fluye sin interrupción.

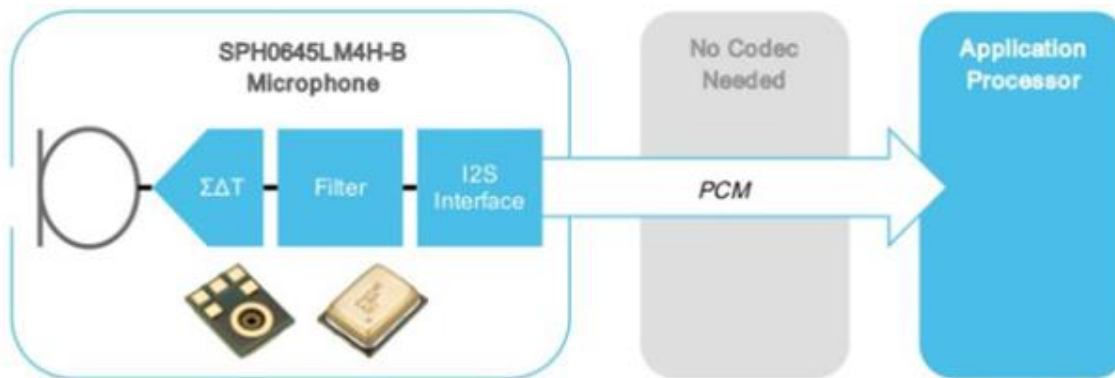


Figura 3 – Arquitectura de comunicación (Ref. [3])

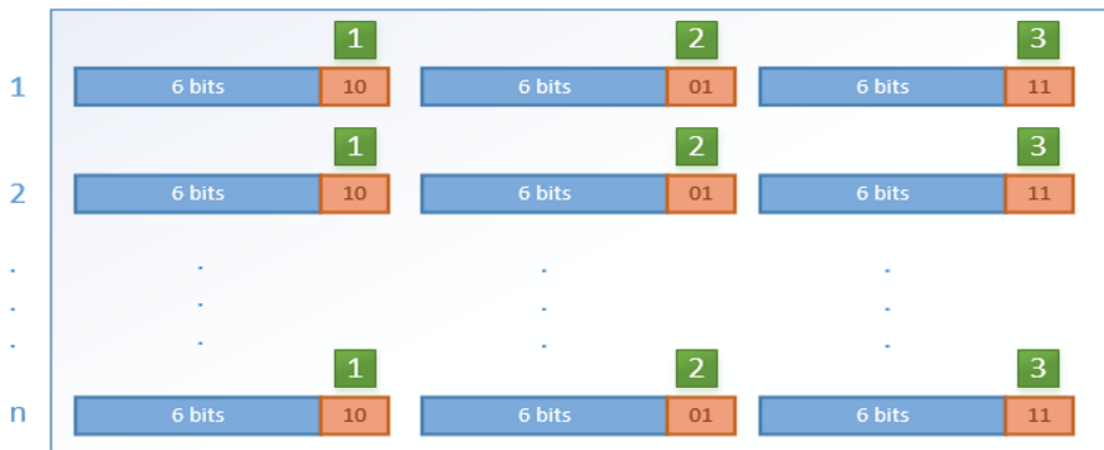


Figura 4 – Formato de transferencia de datos Servidor/Cliente

por medio del protocolo de comunicación, i2s genera una respuesta en formato PCM24 con la salvedad de que solo ofrece 18 bits de datos útiles y un padding de 6 bits relleno por ceros. Por razones que detallaremos a continuación, se ha optado por reorganizar el formato de los bits. Como lo expone la *Figura 4*, cada byte posee 6 bits de datos y los dos bits restantes se utilizan con propósito de secuenciar los bytes para tener un control de flujo, considerando el bit más significativo a derecha. Dicho control permite que los datos siempre sean leídos de a 3 bytes como el formato lo exige.

3.3. Controladores

Nada de lo antes expuesto es posible sin la controladora que se encargue del procesamiento y gestión de los datos obtenidos, como así también su posterior transferencia. Para este módulo, se

consideró una controladora **Adafruit Huzzah ESP32 Feather** la cual ofrece el procesamiento deseado, integración con el micrófono mencionado y amplia gama de protocolos inalámbricos como *Bluetooth 802.15* y *WiFi 802.11 b/g/n*, siendo este último el escogido debido a su gran alcance, velocidad de transferencia y facilidad de integración entre los distintos componentes involucrados.

La controladora es la encargada de ejecutar el código C++ necesario para la interacción con el micrófono, la obtención de cada una de las muestras obtenidas en los rangos mencionados y su posterior transferencia actuando como servidor de una *access point* que ella misma genera.

En principio, y luego de una investigación en profundidad, dichos datos serán transferidos hacia la aplicación cliente mediante la recepción de segmentos **TCP (Transmission Control Protocol)** como protocolo de capa de transporte, ya que

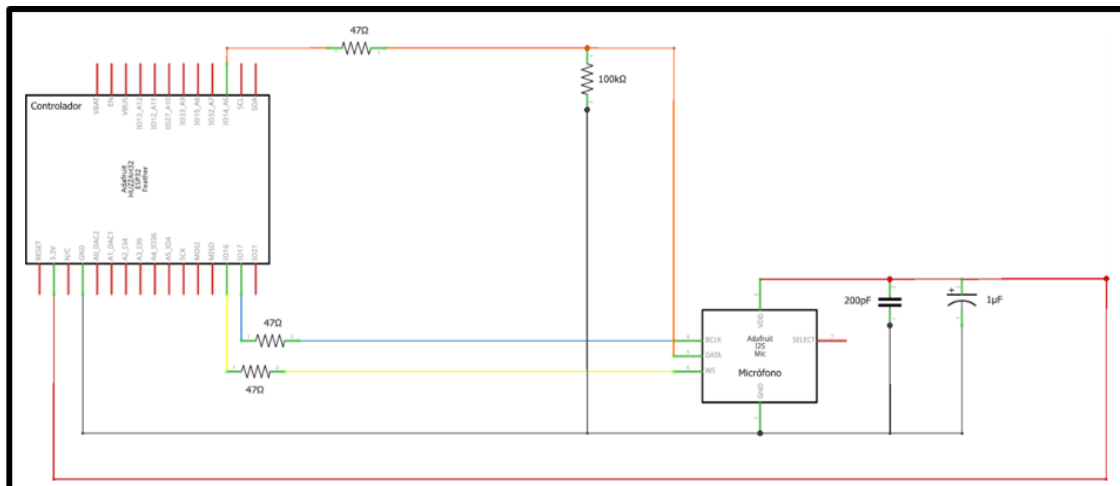


Figura 5 – Esquema de conexión de controladora

la pérdida de algunos paquetes de datos evitaría que el profesional de la salud pueda realizar un correcto diagnóstico del paciente. Por otra parte, la velocidad de transferencia disminuiría un poco en comparación con UDP debido a que los segmentos TCP son más extensos, pero no tendría impacto ya que la capacidad de procesamiento que manejamos es considerable.

Por su parte, dichos datos a transferir serán obtenidos mediante el uso de una *biblioteca para el chipset ESP32 que permite obtención de los datos escritos por el micrófono I2S.*

Los parámetros de funcionamiento se determinan mediante la estructura **i2s_config_t** la cual define parámetros de importancia tales como:

- Tasa de muestreo: **sample_rate**
- Profundidad de bits:
bits_per_sample
- Cantidad de buffers de acceso directo a memoria (DMA): **dma_buf_count**
- Formato de comunicación (I2S, PCM, MSB, LSB):
communication_format
- Tamaño de los buffers DMA:
dma_buf_len
- Modo de funcionamiento (Maestro o Esclavo): **mode**

A su vez, se configuran los pines sobre los cuales la controladora realizará la entrada/salida eléctrica mediante el uso de la estructura **i2s_pin_config_t**. Dicha configuración se corresponde con el siguiente esquemático de conexión:

- Pin de recepción RX: **16**
- Pin de datos: **21**
- Pin de transmisión TX: **17**

3.4. Dispositivo Móvil

Finalmente, la arquitectura cobra sentido final con el complemento de una aplicación Android que obrará de cliente consumidor de los datos generados por el dispositivo hardware presentado anteriormente. Dicha aplicación estará desarrollada con el lenguaje de programación Android nativo (JAVA) que proveerá una interfaz amigable para el profesional de la salud y será la encargada de consumir los datos generados por el hardware mediante la apertura de un receptor TCP, realizar la gráfica del audio (fonocardiograma) como así también la reproducción a través de los auriculares u otro dispositivo de salida de audio que se encuentre conectado al **jack⁶** de audio del smartphone o bien mediante Bluetooth (ver esquema en *Figura 6*).

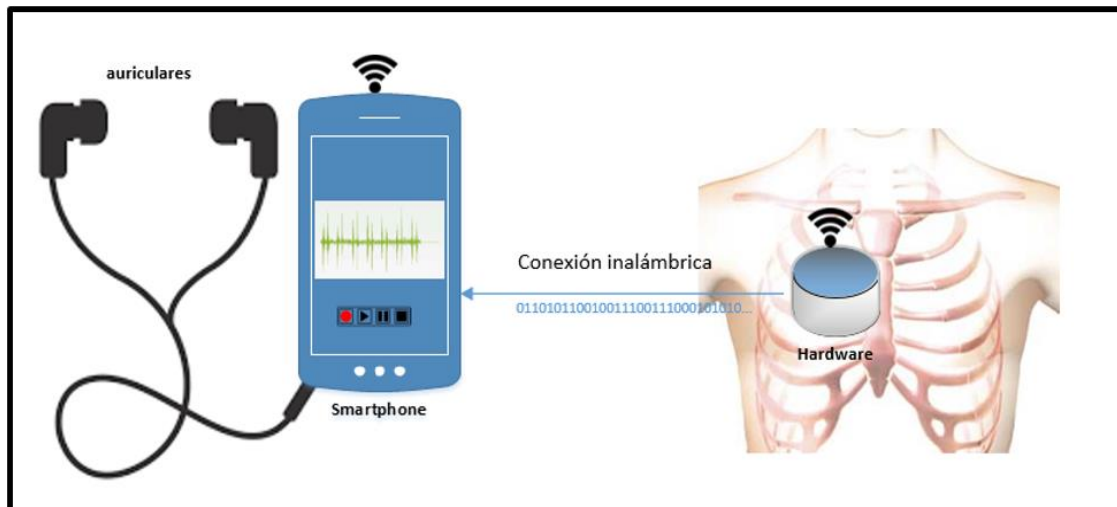


Figura 6 – Esquema del sistema completo

4. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado la arquitectura de un estetoscopio electrónico inalámbrico y de qué forma podemos implementarlo. El principal objetivo fue contribuir desde nuestra profesión y nuestro conocimiento a la comunidad científico-médica, apuntando principalmente al sector de educación y de salud pública dentro de la República Argentina, que actualmente no cuenta con una infraestructura de punta que le permita abastecerse de este tipo de artefactos debido a que no se fabrican en la región y su obtención implicaría costos elevados.

La mayoría del tiempo incurrido hasta el momento fue en investigación y actualmente el proyecto se encuentra en plena implementación, habiendo obtenido avances significativos. Una vez terminado, vemos como posibilidad que el mismo pueda expandirse respecto de su funcionamiento base ampliando el espectro de usuarios objetivo, además de mejorar la calidad del resultado y la posterior obtención de información sobre el estado de salud del paciente.

Agradecimientos

A todos los que contribuyeron en los análisis y estudios de campo y a nuestra querida universidad, la cual nos dio las herramientas necesarias a lo largo de toda la carrera para llegar a concretar este trabajo.

Referencias

- [1] "Microphones - Juan P Bello." https://www.nyu.edu/classes/bello/FMT_files/3_microphones.pdf. Accessed 29 Aug. 2018.
- [2] "El teorema de muestreo de Nyquist-Shannon - Virtual Udabol." <http://virtual.udabol.edu.bo/mod/resource/view.php?id=45289>. Accessed 29 Aug. 2018.
- [3] "I2S Output Digital Microphone - Adafruit." 9 Jun. 2015, <https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3421/i2S+Datasheet.PDF>. Accessed 29 Aug. 2018.
- [4] Especificaciones de MEMS – Sin autor <https://www.digikey.com/product-detail/es/knowles/SPH0645LM4H-B/423-1405-1-ND/5332432> Accessed 22 Aug. 2018.
- [5] "Adafruit HUZZAH32 – ESP32 Feather Board ID: 3405" <https://www.adafruit.com/product/3405.com>. Accessed 30 Aug. 2018
- [6] "TCP and UDP Protocols" - <https://fedvte.usalearning.gov/courses/Security+ v4 01/course/videos/pdf/Security+ v401 D02 S05 TO 3 STEP.pdf> Accessed 10 Sep. 2018

⁶ **Jack:** puerto del dispositivo móvil donde se conectan el auricular o reproductor de audio.

[7] "I2S — ESP-IDF Programming Guide v3.2-dev-708 - Espressif Systems."

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v2.1.1/>
Accessed 2 Sep. 2018.

[8] "(PDF) fonocardiograma - ResearchGate." 28
Jun. 2018,
https://www.researchgate.net/publication/269104885_fonocardiograma. Accessed 2 Sep. 2018.

[9] "What's The Difference Between Bit Rate And
Baud Rate? – Lou Frenzel"
https://www.rpi.edu/dept/ecse/mps/Bit_&_Baud_Rate.pdf
Accessed 2 Sep. 2018.

[10] "Aritmética binaria – Ins. Ind. Luis A. Huergo "
<http://www.huergo.edu.ar/tcweb/pdf/APCap6.pdf>
Accessed 2 Sep. 2018.

Herramienta para agilizar y centralizar el estudio y análisis de malware utilizando grafos

Araujo, Diego Maximiliano

Barbacil, Ruth Esmeralda Elizabeth

Bronzetti, Damian Nicolas

Desplats, Michel

Nievas, Agustín David

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En este trabajo se ha analizado una situación real, basada en la problemática actual que sufren los analistas de malware al tener que cumplir con su labor diaria estudiando grandes volúmenes de información, dispersos entre varias fuentes proveedoras de las mismas, junto con la dificultad de identificar patrones específicos entre ellas. Por tal motivo el objetivo de la presente investigación es otorgar a los analistas de malware una herramienta para agilizar y centralizar el estudio de los mismos, el cual involucra grandes cantidad de datos, facilitado por una plataforma principalmente visual por medio de la utilización de grafos, que a su vez también permitirá la generación de reglas de hunting y protección, que son los principios/normas que permiten detectar strings (cadenas de texto), secuencias de instrucciones, expresiones regulares y otros patrones existentes dentro de los archivos maliciosos.

Palabras clave

Malware, Análisis por grafos, Dispersión de

información, Fuentes OSINT, Mutaciones, Reglas de hunting, Análisis de Malware

Introducción

El malware es un tipo de software que está intencionalmente diseñado para infiltrarse y/o dañar una computadora, servidor, red o cualquier tipo de sistema de información en contra de los intereses de sus usuarios.

Los estudios de Symantec publicados [1] sugieren que el ritmo al que se ponen en circulación códigos maliciosos y otros programas no deseados podría haber superado al de las aplicaciones legítimas (ver figura 1). Según un informe de F-Secure [2], se produjo tanto malware en 2007 como en los 20 años anteriores juntos.

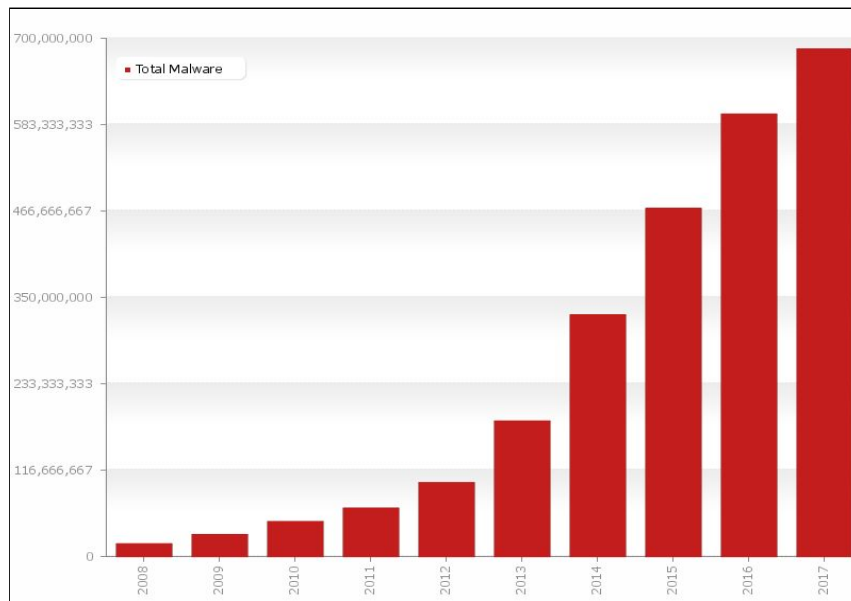


Figura 1. Crecimiento del malware durante los últimos años [2]

Tal como se verificó en el análisis publicado en ese informe, la cantidad de malware ha estado incrementándose a niveles exponenciales, por lo que en consecuencia desde ese momento hasta la actualidad también se ha visto incrementada la cantidad de información disponible de los mismos, generado por las herramientas de análisis, los analistas de malware y las empresas de antivirus. Debido a la diversidad de entidades que realizan esta tarea se tienen grandes variaciones y dispersión de los datos generados por cada uno de ellos, por tal motivo para los analistas de hoy en día la tarea de recolectar, cruzar e interpretar esa información conlleva mucho esfuerzo y tiempo que resulta crucial en la detección de potenciales amenazas.

La mención del tiempo como un factor del trabajo de los analistas es crucial, ya que les permite obtener mejor calidad de datos al analizar muestras mientras siguen “vivas” (en el caso de malware que se contacta para recibir nuevos comandos), prevenir ataques

y priorizar la gestión de vulnerabilidades de amenazas emergentes (aquellas que utilizan técnicas no observadas previamente o versiones modificadas de malware conocido) de manera temprana. Un ejemplo reciente y tangible sobre la importancia del tiempo, es el ransomware detectado en el año 2017, conocido como “Wannacry”, en el cual un investigador de malware encontró la forma de detener el ataque luego de que fueron afectadas 300,000 computadoras, aprovechando una vulnerabilidad en el protocolo SMB de Windows[4]. Para entender mejor las consecuencias de este hecho, se debe comprender que un ransomware es un tipo de software que mantiene parte (o todos) los archivos de su computadora como rehenes y exige una tarifa para liberarlos. Por lo general, sus datos están encriptados de tal manera que no hay otra forma de recuperar los datos que no sea por medio del pago exigido. Otras amenazas pueden permanecer durante años en los sistemas de información, filtrando y monetizando información

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

confidencial de las organizaciones, quienes suelen tardar 206 días (promedio mundial) en detectar la situación, momento en el que es demasiado tarde al haber perdido dominio de la información, a la cual se asocia un valor de U\$S 141 por registro (record) perdido.

Como producto de la realidad, demostrada en los casos referenciados anteriormente, se observa que hay 3 puntos importantes que definen al problema: la cantidad de información disponible de malware, la dispersión y diversidad de la misma y el tiempo que los analistas tardan en estudiar toda esa información. Tomando como base de la investigación estos puntos se puede formular la siguiente pregunta: ¿Cómo manejar tanta cantidad de información de una forma óptima que ayude a minimizar los tiempos de análisis a los equipos de analistas de malware?.

Comenzando a estudiar en detalle la pregunta formulada como hipótesis de esta investigación se identificaron algunas dificultades principales que desprenden las siguientes preguntas a resolver para poder concluir con una solución apropiada al problema inicialmente planteado: ¿Como recolectar la información dispersa en tantas fuentes? ¿Cómo y de qué manera almacenar dicha información para lograr un análisis útil y eficiente? ¿De qué manera mostrar la información para que los analistas puedan estudiar malware de una forma óptima que agilice su labor diaria? ¿De qué manera podemos acelerar la generación de reglas para protección temprana de las organizaciones en riesgo?

Por estos motivos, se necesita un sistema cuyo objetivo principal es el de optimizar el estudio de malware como un medio para la defensa de los sistemas en base a la centralización de grandes set de datos a través de una plataforma visual. Para eso, los analistas deben contar con una base de conocimiento unificada y estandarizada sobre las amenazas existentes. Es por eso que esta herramienta tiene la capacidad para acelerar este proceso, buscando muestras potencialmente maliciosas y automatizando el proceso de detección de comportamiento anómalo.

La herramienta se encarga de simplificar el estudio de malware en grandes volúmenes de datos, aumentando la velocidad de detección en nuevas muestras, sugiriendo patrones detectados para posterior análisis y validación de los mismos, al utilizar características frecuentes de una familia, así como sus mutaciones mediante una herramienta principalmente visual.

Adicionalmente ofrece a los clientes la posibilidad de integrar sus propias fuentes de datos para obtener información sobre las amenazas enfocadas en su organización, evitando filtraciones o fugas de datos sensibles que podrían ser compartidos con otras compañías y puedan llegar a utilizar esa información privada y/o confidencial.

Cabe resaltar que este proyecto está centrado en el análisis de datos, no en ser una plataforma de threat sharing (el cual es un software gratuito y de código abierto que ayuda a compartir información sobre la inteligencia de amenazas, incluidos los indicadores de seguridad cibernética como MISP, OTX, etc), sino una herramienta de análisis de archivos (potencialmente maliciosos) a gran escala con todas sus

características utilizando un desarrollo modular que nos permita extender su funcionalidad no solo al estudio y/o análisis sino también a la sugerencia de reglas de hunting (por ejemplo, Yara) y protección (Yara, Snort, etc) en un futuro.

Desarrollo

Para cumplir con nuestro objetivo, desarrollamos una herramienta encargada de generar relaciones por medio de grafos en base a grandes conjuntos de datos de entrada, propios o de terceros, para simplificar el descubrimiento de características en común que pueda tener una familia de malware y permita sugerir reglas preventivas para que sean verificadas y validadas por los analistas.

En una primera etapa se comenzó con la selección de fuentes OSINT (Acrónimo anglosajón de “Open Source Intelligence”, Inteligencia de fuentes abiertas, que recopilan información de inteligencia de fuentes públicamente disponibles, información de acceso libre, gratuitas y desclasificadas) que posean la mayor cantidad de información útil para su estandarización y posterior utilización en los estudios a realizar por los analistas. Ya con las fuentes propiamente seleccionadas se creó su respectivo script de extracción y estandarización de la información, siendo estos los encargados de nutrir a una base de datos de grafos, por medio de procesos automáticos que se ejecutarán según un cronograma configurable.

Cabe destacar que el modelado en este tipo de base de datos, nos brinda una ventaja importante en la comprensión e interpretación de los datos para su posterior análisis, ya que permite identificar patrones

y propiedades comunes fácilmente por medio de las relaciones formadas por la naturaleza de la información y la representación visual de los nodos en un grafo. Permitiendo también, aplicar algoritmos de clusterización¹ de una manera sencilla. Como toda base de datos no relacional (comúnmente denominada NoSql), no tiene la restricción de tener estructuras predefinidas para su posterior carga, aun así, podemos decir que ciertos nodos y relaciones siempre van a estar presentes, como por ejemplo los nodos de archivos, comportamiento, dominio, ip, url, fqdn, asn, whois, country, entre otros con sus respectivas relaciones, etiquetados con el tipo de nodo y con el tipo de capa a la que pertenecen (ver figura 2). Las capas se dividen en red, infraestructura, dinamico y estatico (ver figura 3).

Una vez que toda la información se encuentre cargada en la base de datos de grafos, se podrá visualizar en las distintas interfaces de la plataforma, las relaciones que fueron creadas por la información extraída y cargada por los procesos automáticos, permitiendo realizar búsquedas entre esos datos por medio de la aplicación de filtros predeterminados o personalizados, según la necesidad de los analistas que utilicen la herramienta, en base a los requerimientos que tengan al momento del estudio de un determinado malware. Cabe destacar que además de permitir modificar la visualización de los datos, también se podrán crear filtros personalizados que hayan sido utilizados y sean útiles para los usuarios en futuros casos de análisis.

¹ Es un procedimiento de agrupación de una serie de conjunto de valores de acuerdo con un criterio. Esos criterios son por lo general distancia o similitud.

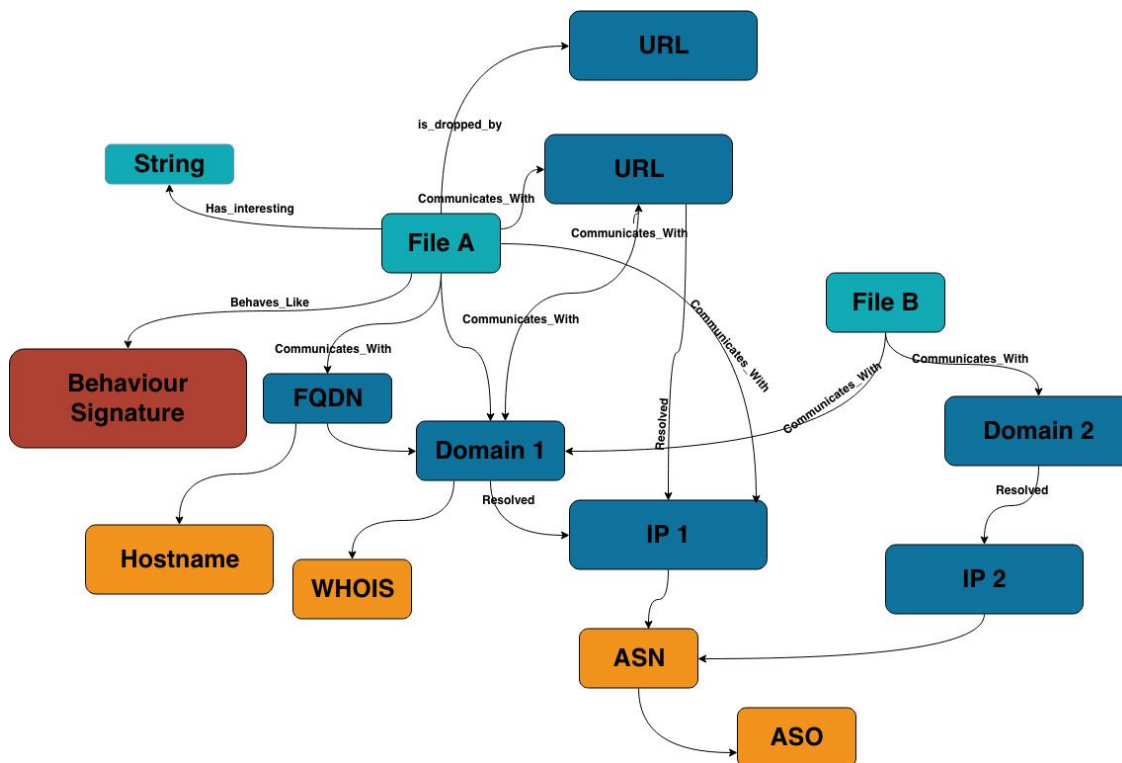


Figura 2. Ejemplo de relación de nodos.

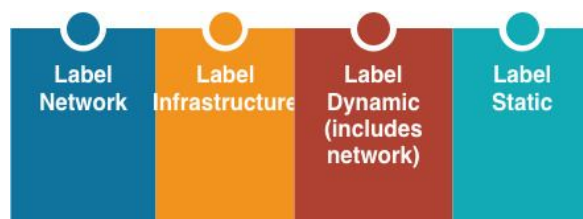


Figura 3. Referencia de capas a la que pertenecen los nodos de la figura 2.

Los analistas tendrán la posibilidad de crear listas blancas (proveniente del término en inglés “Whitelist”) el cual indica a un grupo de elementos que serán identificados como elementos benignos o “limpios” dentro del sistema con el objetivo de evitar falsos positivos en las detecciones de malware.

En consiguientes etapas de desarrollo del sistema se agregaron más fuentes de datos OSINT complementarias o de otra índole que ayudan a proveer mayor cantidad relaciones útiles a los usuarios de la plataforma brindando la posibilidad de

agilizar sus análisis aún más, encontrando nuevos patrones de comportamientos de forma gráfica o incluso nuevas familias de malware. Como característica adicional, utilizando toda la información disponible y conociendo ciertos patrones de comportamiento ya conocidos a nivel público, el sistema permite generar sugerencias de reglas de hunting y protección que los usuarios podrán generar de una forma ágil en base a las muestras de información tanto públicas como privadas que hayan sido cargadas en el sistema, las cuales podrán ser compartidas con los

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

correspondientes equipos de trabajo dentro de una empresa o cliente, para su respectiva actualización de hardware o software (según corresponda a cada sugerencia realizada)

Conclusión

En relación al problema presentado, los objetivos de esta investigación y el desarrollo expuesto, podemos concluir que la creación de esta plataforma centralizada podrá agilizar de manera significativa el trabajo de los equipos de analistas de malware, de una forma más intuitiva y visual dándoles la posibilidad de encontrar comportamientos, relaciones, sugerencias de protección de los sistemas, así como también evitar análisis repetitivos en base a determinadas características ya conocidas.

Una de las limitantes detectadas que se podrá ver en los comienzos de la utilización de esta herramienta es que la cantidad de información, que si bien es mucha, no podrá ser completa debido a que esto se dará de forma incremental a medida de que el sistema siga evolucionando y se pueda complementar en mayor medida todos los datos recopilados hasta el momento. Está claro que esta limitante es la principal que posee la herramienta por lo cual es importante destacar que a cuanto mayor cantidad de datos sean almacenados, mayor será la posibilidad de encontrar nuevos patrones de comportamientos, relaciones y posibles nuevas familias de malware.

Referencias

[1]<https://www.joesecurity.org/blog/2171264024328990968>

[2]https://www.f-secure.com/documents/10192/1118990/AnnualReport_2007_en.pdf/

[3]<https://www.csoonline.com/article/3251606/data-breach/what-does-stolen-data-cost-per-second.html>

[4]<https://www.theguardian.com/technology/2017/may/13/accidental-hero-finds-kill-switch-to-stop-spread-of-ransomware-cyber-attack>

Datos de contacto

Araujo Diego Maximiliano - Universidad Tecnológica Nacional - Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. - diegoar27@gmail.com

Barbacid Ruth Esmeralda - Universidad Tecnológica Nacional - Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. - ebarbacid33@gmail.com

Bronzetti Damian Nicolas - Universidad Tecnológica Nacional - Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. - damianbronzetti@gmail.com

Desplats Michel - Universidad Tecnológica Nacional - Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. - michel.desplats@gmail.com

Nievas Agustin - Universidad Tecnológica Nacional - Medrano 951 (C1179AAQ) C.A.B.A. - agustindavidnievas90@gmail.com

Enseñanza virtual automatizada y personalizada de matemática

**Borenstein, Ezequiel; Fernández, Samuel; Perez de Ambrogio, Mariana;
García, Leandro y Silva Agustín**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstract

En los últimos años, el rendimiento de los alumnos de las escuelas secundarias de nuestro país en la disciplina matemática, ha ido empeorando levemente, al punto de tener cada vez menos alumnos que logran aprobar la asignatura, llegando con una base insuficiente y frágil a la universidad. En este trabajo se desarrolla un sistema que presenta una aplicación de enseñanza automatizada y personalizada de matemática para que los alumnos puedan ejercitar de manera autónoma, recibiendo feedback en el momento. El alumno podrá ingresar un ejercicio, para resolverlo en conjunto con la aplicación (la cual lo guiará, resaltando los puntos positivos, y reforzando los aspectos en los cuales, hay oportunidades de mejora). Adicionalmente, la aplicación irá recopilando los errores cometidos por el alumno, para generar nuevos ejercicios basados en dichos errores, permitiéndole al alumno, enfocarse en sus aspectos menos sólidos. De esta forma, el alumno podrá no solo practicar en el lugar que lo desee (colectivo, sala de espera, etc.), sino que también, podrá recibir correcciones y nuevos ejercicios adaptados a sus necesidades.

Palabras Clave

Aprendizaje, autónomo, personalizado, matemática, proactividad, generación de ejercicios, inteligente, feedback.

1. Introducción

En los últimos años, la tendencia en el rendimiento de los alumnos de las escuelas secundarias de nuestro país en la disciplina matemática ha sido negativa, provocando que lleguen con una base insuficiente y frágil a la universidad. A continuación, se exponen los resultados [1] de los exámenes Aprender, tomados en los años 2016 y 2017 [2], únicamente para matemática, a nivel nacional:

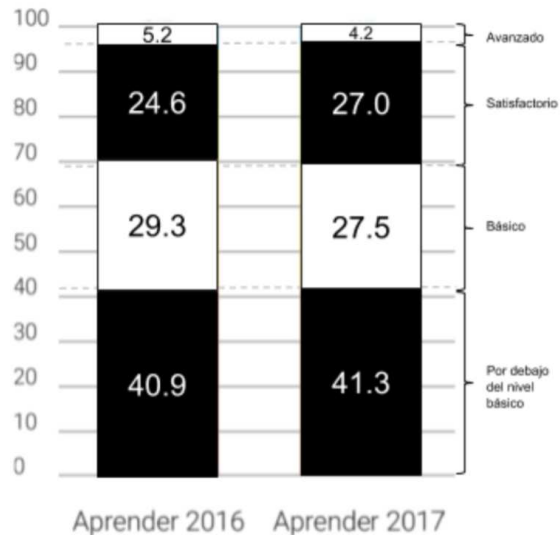


Figura 1: Porcentaje del nivel de desempeño en matemática a nivel nacional

De la Figura 1, se desprende que un 1% del alumnado, bajó de nivel “Avanzado” a nivel “Satisfactorio”; un 1,4% subió de nivel “Básico” a “Satisfactorio”, y un 0,4% bajó de nivel “Básico” a “Por debajo del nivel básico”. En otras palabras, hubieron mejoras en alumnos que ya alcanzaban cierto nivel, pero no mejoró la cantidad de alumnos que no alcanzan el mínimo nivel requerido.

Por otro lado, según la Universidad Nacional del Sur: “Apenas el 6% aprobó el examen de nivelación de matemática” [3].

Según encuestas y relevamientos realizados a docentes de escuelas secundarias, se detallan algunas de las principales causas que explican la baja mencionada:

- Práctica insuficiente por parte de los alumnos. Matemática es una disciplina teórico-práctica, que

- requiere de mucha ejercitación para poder aprenderla. La ejercitación requiere de concentración, dedicación y sobre todo, interés.
- Disminución del tiempo dedicado a la escuela. Existen hoy en día muchas distracciones que dispersan la atención de los jóvenes, la mayoría de ellas canalizadas en la tecnología y redes sociales.
 - Tiempo de clases insuficiente, combinado con una gran cantidad de temas a dar. Según los docentes consultados en Aprender 2017, más del 40% reconoce que “[...] *no llegan a dar todos los temas que plantea la currícula.*”. Según los mismos docentes *“nos está faltando un método claro, una planificación del uso del tiempo en el aula destinado a los temas relevantes. Tenemos que definir cuáles son esos núcleos de aprendizaje prioritarios (NAP) que permiten que los chicos tengan una trayectoria exitosa en vez de dar toneladas de temas que no son los necesarios”* [5].
 - Falta de motivación. Se puede definir a la motivación como la “[...] *movilización de energía que hace que el individuo pase de la inactividad a un estado de actividad [...]*” que surge ante la “[...] *llegada de un estímulo exterior al organismo a través de los sentidos [...]*” [4]. Sentir que se está aprendiendo, plasmado a través de mejores resultados, estimula al alumno a querer seguir por ese camino. Por el contrario, el no entender, o encontrar barreras o resultados negativos, produce frustración y desinterés.
 - Falta de material. Abarca desde la falta de poder adquisitivo para conseguir el material en formato físico (como libros), hasta la imposibilidad de acceder a una conexión a internet.

- Necesidad de devoluciones en el momento por parte de los docentes, o las devoluciones son insuficientes.

Si la tendencia actual no se revierte, el rendimiento seguirá bajando, provocando que disminuya la cantidad de ingresantes universitarios y aumente el nivel de deserción. Como consecuencia, habrá menos profesionales que terminan carreras de grado.

1.2. Formulación del problema

Teniendo en cuenta la información presentada, ¿cómo se podrán optimizar el tiempo dedicado y la calidad de la ejercitación por parte de los alumnos, para que su rendimiento en matemática mejore, y que a su vez dicha optimización sea aceptada por ellos, permitiendo que sea factible su aplicación en el tiempo?

1.3. Sistematización del problema

1. ¿Cómo lograr que el sistema a desarrollar se incorpore a las rutinas de los alumnos, sin consumir un tiempo adicional excesivo (y que por tanto, no sea factible su uso)?
2. ¿Cómo lograr que el sistema a desarrollar sea entendible, fácil de aprender y fácil de usar?
3. ¿Cómo lograr que el sistema funcione según las necesidades del alumno?
4. ¿Cómo lograr que el alumno tenga un rol proactivo en la ejercitación?
5. ¿Cómo lograr que el sistema genere devoluciones/feedback en el momento, para que el alumno sepa si debe o no mejorar algún aspecto?
6. ¿Cómo lograr que el alumno tenga material de práctica suficiente para que pueda pulir sus aspectos más frágiles?

1.4. Objetivo general

Desarrollar un sistema que permita:

- Ingresar ejercicios matemáticos en un formato apropiado para el alumno.
- Resolver en conjunto con el alumno dichos ejercicios.
- Brindar devoluciones sobre las acciones realizadas por el alumno, detectando oportunidades de mejora.
- Generar una nueva ejercitación, teniendo en cuenta las oportunidades de mejora del alumno.
- Disponibilizar el acceso independientemente de la ubicación del alumno y la conectividad a Internet.

1.5 Objetivos específicos

1. Desarrollar una aplicación para dispositivos móviles con Android como sistema operativo, para permitir que el alumno pueda utilizarla en cualquier ámbito y en cualquier momento, pudiendo aprovechar los “tiempos muertos” (viajes, salas de espera, etc.).
2. Desarrollar métodos de ingreso de ejercicios, que sean intuitivos y cómodos. En particular, desarrollar:
 - a. Pizarra virtual: permite que el alumno dibuje a mano alzada el ejercicio. El sistema interpretará el trazo ingresado, y generará el ejercicio en cuestión, dejándolo listo para comenzar su resolución.
 - b. Cámara de fotos: permite que el alumno capture una imagen a través de la cámara de su dispositivo móvil, del ejercicio en cuestión. A partir de la foto, y mediante un reconocimiento óptico de caracteres (OCR), se interpretará el ejercicio y lo

dejará listo para comenzar su resolución.

3. Desarrollar un sistema capaz de construir diversos caminos de resolución, a partir del ejercicio propuesto por el alumno. Además, debe poder interpretar el ejercicio del alumno, de manera lo suficientemente robusta como para adaptarse a distintas formas de escritura (por ejemplo: la multiplicación como punto o como asterisco).
4. Desarrollar un sistema de generación de multiple choices, para la resolución del ejercicio ingresado. A través del mismo, el alumno recorrerá cada uno de los pasos necesarios para llegar al resultado, dentro de los cuales deberá reconocer cual es la única opción válida, entre 3 disponibles. Las opciones restantes, que son inválidas, representan algunos de los errores más comunes que se cometen en ese tipo de pasos.
5. Desarrollar un sistema que sea capaz de brindar justificaciones teóricas que complementen las opciones correctamente elegidas por los alumnos en los multiple choices, y refuercen las que fueron elegidas de manera incorrecta.
6. Desarrollar un sistema que:
 - a. sea capaz de recopilar los errores cometidos por el alumno.
 - b. incluya un módulo inteligente que sea capaz de recibir un listado de errores, y genere un listado de ejercicios que aborde dichos errores, para que el alumno pueda reforzar los aspectos de mejora.

2. Elementos de trabajo y metodología

2.1. Descripción general de la solución propuesta

En la primer versión de la aplicación desarrollada en el presente trabajo, se incluyen ciertos tópicos matemáticos, que fueron seleccionados con el objetivo de cubrir núcleos conceptuales de casi todos los años del nivel secundario; en particular, se eligieron aquellos temas que se consideran centrales para cada nivel:

- Ecuaciones e inecuaciones de primer y segundo grado (primer y segundo año de secundario).
- Casos de factoro, de entre los que se incluyen factor común, fórmula cuadrática y método de Gauss (tercer año)
- Funciones: dominio, imagen, raíces y ordenada al origen. Las funciones contempladas son la función lineal, cuadrática y homográfica (cuarto y quinto año).

2.1.1. Flujo normal del uso de la aplicación

1. El alumno selecciona un tópico de entre los disponibles y el método de ingreso del ejercicio. Luego, ingresa el ejercicio.
2. La aplicación recibe el ejercicio, y lo transforma a una estructura interna para su manipulación, calculando el camino correcto de resolución, y formulando el múltiple choice.
3. El alumno responde cada multiple choice, acción que le permite avanzar con la resolución.
4. Una vez finalizada la resolución, la aplicación envía asincrónicamente el reporte de errores a un servidor remoto, el cual ejecutará un módulo inteligente para generar nuevos ejercicios en función de los errores.
5. El servidor remoto envía los nuevos ejercicios generados a la aplicación

del alumno, como sugerencia de práctica adicional. El alumno podrá resolverlos opcionalmente si así lo desea.

2.1.2. Arquitectura general

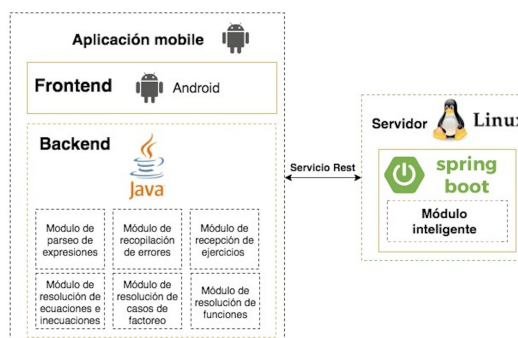


Figura 2: Diagrama de arquitectura

- **Módulo de parseo de expresiones:** convierte una expresión matemática a una estructura en forma de árbol.
- **Módulo de recopilación de errores:** recolecta los errores generados por el alumno para ser enviados al servidor remoto.
- **Módulo de recepción de ejercicios:** recibe los nuevos ejercicios generados por el servidor remoto para presentarlos al alumno.
- **Módulo de resolución de ecuaciones e inecuaciones:** resuelve las ecuaciones e inecuaciones ingresadas por el alumno.
- **Módulo de resolución de casos de factoro:** aplica casos de factoro sobre los polinomios ingresados por el alumno.
- **Módulo de resolución de funciones:** opera las funciones ingresadas por el alumno.
- **Módulo inteligente:** genera nuevos ejercicios a partir de los errores generados por el alumno.

2.2. Métodos de ingreso de ejercicios

El alumno podrá escoger, en función de su comodidad, los siguientes métodos de ingreso:

Pizarra virtual: la pantalla de su dispositivo móvil se convertirá en una pizarra donde podrá dibujar a mano alzada su ejercicio:

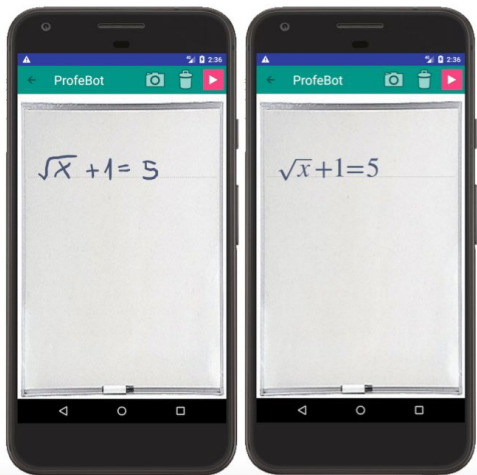


Figura 3: Pizarra virtual

a resultados; es decir, el alumno deberá reconocer cual es el próximo concepto a utilizar, en lugar de seleccionar la nueva fórmula que resulta de aplicar dicho concepto. Un ejemplo de opción posible del multiple choice podría ser: “Distribuir el 3 al binomio (x+1)”.

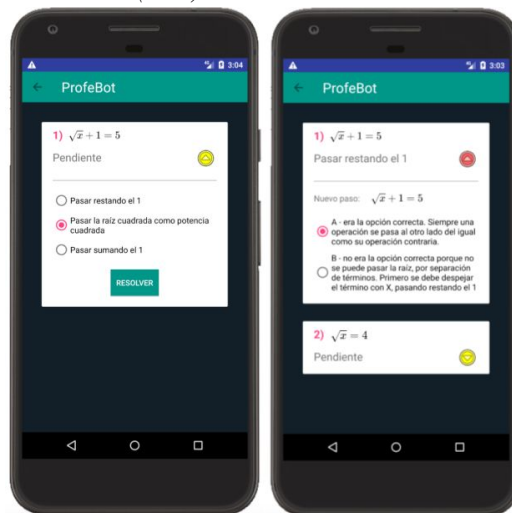


Figura 5: Multiple choice

Cámara de fotos: la cámara de su dispositivo móvil se convertirá en un scanner matemático, con el cual podrá reconocer y capturar distintos ejercicios, como ecuaciones o inecuaciones:

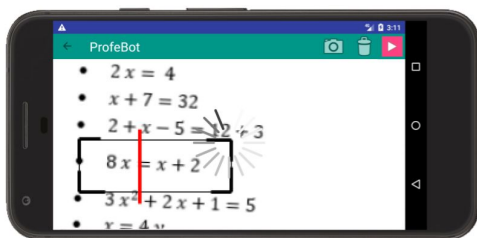


Figura 4: Cámara de fotos como scanner de expresiones matemáticas

Luego de responder, el alumno recibirá una devolución por parte de la aplicación, que complementará lo que sabe (en caso de haber respondido correctamente), o reforzará el concepto (en caso de haber respondido incorrectamente). En ambos casos, la devolución se da mediante una justificación teórica.

2.3. Resolución de ejercicios

Para la resolución del ejercicio, la aplicación generará una serie de pasos, expresados a través de multiple choices, dentro de los cuales, se ofrecerán 3 opciones, con una única correcta. Es importante destacar que los enunciados de cada opción apuntan a procedimientos, y no

2.3.1 Descripción del algoritmo

El alumno debe ingresar una expresión a través de cualquiera de los dos métodos disponibles, escrita en notación infija [6]. Luego, la misma es convertida a una estructura en forma de árbol, donde cada nodo no terminal representa una operación, y cada hoja (nodo terminal) un operando.

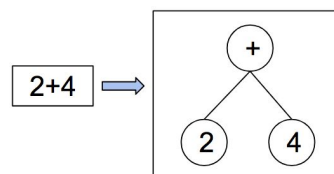


Figura 6: Conversión de notación infija a árbol binario

2.3.1.1 Generación de respuestas correctas para el multiple choice

Las respuestas correctas son aquellas que permiten avanzar en la resolución de un ejercicio. Cada una implica la ejecución de un paso de resolución, el cual está alineado por completo a las metodologías de enseñanza de las escuelas, como por ejemplo, la búsqueda de denominador común, o la suma de exponentes en un producto de bases iguales elevadas a una potencia. Para las ecuaciones e inecuaciones, un paso de resolución puede ser:

- **Pasaje de término:** se da cuando se puede aplicar a ambos miembros del igual, una operación para cancelar un término. Esta operación debe ser contraria a la operación del término que se desea cancelar.
- **Reducción de subárbol:** se da cuando se puede reemplazar un subárbol existente, por otro más simple, o bien por otro que contribuye a la resolución (por ejemplo, porque permite una nueva reducción). Se destacan 4 tipos de reducciones posibles:
 - Suma, resta, multiplicación, división, raíz o potencia de términos numéricos
 - Distributiva
 - Asociativa
 - Cuadrado de un binomio

2.3.1.2 Generación de respuestas incorrectas para el multiple choice

Para generar respuestas incorrectas, se debe tener en cuenta el estadio de la resolución en la que se encuentra, para poder reproducir pasos incorrectos “con sentido” (es decir, que emulen alguno de los errores más frecuentes, y que tiendan a la

confusión del alumno). Para formular las respuestas incorrectas, se desarrollan dos criterios:

Pasaje erróneo de término: se puede dar de dos formas:

- No se invierte la operación al realizar el pasaje, por ejemplo: pasar sumando un término que está sumando.
- No se separa correctamente en términos, lo que produce que se pase un término cuando existe otro con mayor precedencia, por ejemplo: en una suma de productos, la suma tiene más precedencia, y por tanto se debe despejar primero.

Reducción errónea de subárbol: se puede dar ante 4 casos:

- Realizar incorrectamente una operación numérica directa (por ejemplo: $1+2$ devuelve 4).
- No aplicar bien el criterio de distributiva.
- Asociar erróneamente términos, invirtiendo las precedencias.
- Aplicar distributiva de potencias, en binomios de suma o resta.

2.4. Módulo inteligente

A medida que el alumno avanza en la resolución de un ejercicio, la aplicación irá recopilando los errores cometidos. Una vez finalizada la resolución, se enviarán los errores al servidor remoto de manera asíncrona, para que se ejecute el módulo inteligente de generación de nuevos ejercicios. El objetivo general de este módulo, es generar a partir de las expresiones donde se cometieron errores, nuevos ejercicios que contengan expresiones *similares* a las recopiladas.

2.4.1. Similitud de expresiones

Mientras que el concepto de **igualdad** implica que dos expresiones posean los mismos operadores y operandos, y en el mismo orden (*verificación sintáctica*), la **similitud** radica en la semejanza de conceptos utilizados (*verificación semántica*). La similitud por tanto, tiene en cuenta criterios como el anidamiento de funciones, los operandos de una operación, la complejidad de resolución de las sub expresiones, etc.

2.4.2. Criterios para la generación de nuevos ejercicios

Por cada error cometido por el alumno, se registrará tanto el término concreto, cómo así también la expresión que lo contiene, de manera de no perder el contexto. Ambos datos (término y contexto) implican un error registrado. Para cada uno de estos errores, se invocará al módulo inteligente para generar nuevos ejercicios, los cuales tendrán complejidad creciente. Según la información que se recabó de varios docentes, para aprender de un error, primero es necesario reconocerlo, y luego, dominarlo. Para esto, el alumno debe enfrentarse a ejercicios de complejidad similar (para el reconocimiento) y superior (para el dominio y la interiorización).

2.4.3. Sistema experto

El sistema experto base a utilizar será un algoritmo genético (AG), por las siguientes razones:

- La naturaleza del problema lo convierte en una búsqueda de soluciones cercanas a un máximo (donde la función a optimizar es la similitud de la expresión generada con respecto a la expresión original), lo cual responde perfectamente ante los resultados de un AG, debido a que asegura encontrar soluciones buenas, que no sean necesariamente las mejores.

- La cantidad de posibles soluciones (expresiones) es infinita, con lo cual una búsqueda por fuerza bruta no es aceptable.
- Generar cada solución requiere de cierta creatividad y debe adaptarse a la complejidad de la expresión dada, con lo cual puede aprovecharse el azar brindado por el AG para encontrar soluciones sin tener reglas predefinidas para crearlas (sin considerar las restricciones para que la expresión generada sea correcta).

El AG, a partir de una expresión dada, buscará otra, lo más similar posible. Para esto, representará internamente a las expresiones como vectores de operandos y operaciones, y ejecutará una función de aptitud que determinará el porcentaje de similitud entre ambas expresiones. Este procedimiento se puede observar de manera resumida en la Figura 7.

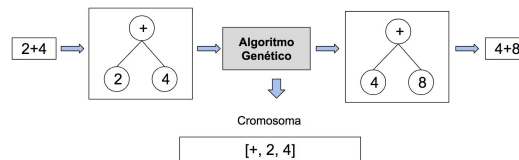


Figura 7: Ejecución del algoritmo genético

2.4.4. Función de aptitud del AG

La función de aptitud recibe dos expresiones matemáticas, y devuelve el porcentaje de similitud entre las mismas. Para determinar este porcentaje, se calculan tres niveles de similitud:

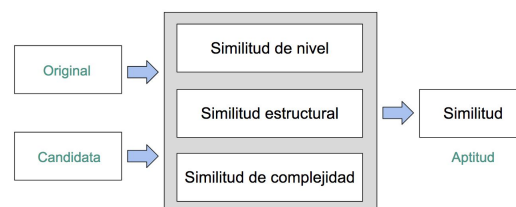


Figura 8: Función de aptitud

- **Similitud de nivel:** el nivel de una expresión está determinado por la operación más compleja que forma parte de dicha expresión. Algunos ejemplos de niveles: número, expresión algebraica, polinomio, cociente de polinomios, etc.
- **Similitud estructural:** tiene en cuenta el anidamiento de funciones, y la repetición de operaciones.
- **Similitud de complejidad [7]:** tiene en cuenta la complejidad de resolución, en función de las operaciones y operandos que estén presentes.

3. Resultados

Se realizaron pruebas sobre el módulo inteligente, para evaluar los resultados. Debido a que este módulo es el único no determinístico del sistema (es decir, el que posee cierto comportamiento estocástico), resulta mandatorio entender si los resultados que arroja, se adaptan a las necesidades del alumno. Esto es, que pueda responder expresiones del nivel que espera el alumno, y que sean comparables a las expresiones donde el alumno cometió algún error. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Expresión original	Expresión hallada	Aptitud	Generación
$4*x$	$x*6$	1.0000	29
$4+\sqrt{25}/(3*2-1)$	$\sqrt{6}/8$	0.9939	23
$(x^2)+(3*x)+1$	$x-x+3*(x+x)*(x+4)$	0.9645	23
$3(x+1)$	$(8+4-x)/9$	1.0000	38
$x+2x^2$	$5*((x)*(4+x))$	1.0000	47
$x+x^3+x^5$	$(x*x)*(x*(x*x)+x)$	1.0000	29
$(x+1)^2$	$(7+x/8)^2$	1.0000	27

Tabla 1: Corridas del algoritmo genético

Como se puede observar en la Tabla 1, luego de pocas iteraciones/generaciones, el módulo inteligente generó expresiones afines en todos los casos. Queda en evidencia la diferencia entre los conceptos de similitud e igualdad; por ejemplo, en la

anteúltima expresión, el módulo recibió un polinomio de grado cinco, y si bien la expresión que halló no posee la potencia cinco de manera “literal”, si se resuelven los productos y distributivas se llega a un polinomio de grado cinco. En la similitud, está la diversidad; dos expresiones, aunque sean diferentes, pueden referir al mismo concepto. Ese concepto, es el que se debe ejercitar, en lugar de memorizar expresiones.

4. Trabajos Relacionados

4.1. Wolfram Alpha

Wolfram Alpha [8] es una plataforma con una gran cantidad de tópicos de diferentes disciplinas, sobre los cuales se pueden generar gráficos, hallar resultados, resolver problemas complejos, etc. Además, existe una versión paga en la cual se puede acceder a un *step by step* [9] de resolución:

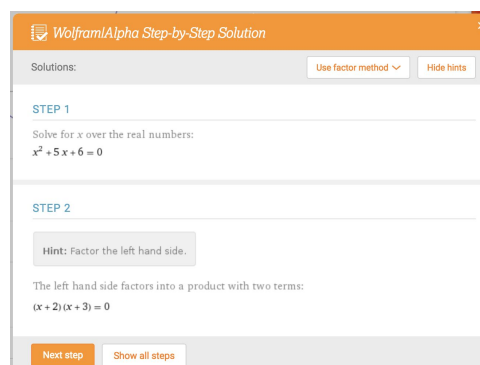


Figura 9: Step by Step de Wolfram Alpha

Si bien esta plataforma es ideal para el nivel superior (universidad), presenta algunas falencias para alumnos de nivel secundario:

- El alumno tiene un rol “reactivo” en la resolución. Los únicos accionables del lado del alumno, son pedir una pista, o mostrar el próximo paso.
- El *step by step* está orientado únicamente al flujo de resolución correcto. Es decir, no aborda errores

comunes relacionados al ejercicio ingresado, ni detecta aspectos con oportunidades de mejora para el alumno.

- La plataforma no es personalizada al usuario. Si bien permite cargar muchos ejercicios con formatos variados, no se enfoca en el comportamiento del usuario, sino en el propio. Es decir, el sistema busca generar mucha información, en lugar de que el alumno aprenda.

Las ventajas principales de la plataforma, son, por un lado, la cantidad de temas que abarca y la velocidad de resolución, y por otro, la variedad de opciones que tiene para operar una expresión, que abarcan desde el análisis completo hasta su gráfico.

4.2. Photomath

Photomath [10] es una aplicación que permite ingresar ejercicios matemáticos a través de la cámara de fotos del dispositivo móvil, lo que facilita de gran manera su uso. Además, al igual que Wolfram Alpha, expone el paso a paso de la resolución, indicando de manera muy prolija y sintética, la justificación de cada decisión, como se puede ver en la Figura 10.

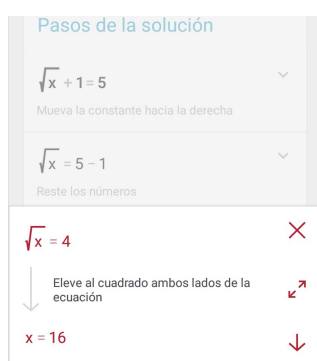


Figura 10: Step by Step de PhotoMath

Si bien abarca muchos tópicos matemáticos, y tiene un método de entrada muy cómodo, comparte las mismas desventajas que tiene Wolfram Alpha. La

aplicación únicamente se enfoca en el flujo correcto de resolución, dejando de lado flujos alternativos o erróneos. Por otro lado, no detecta oportunidades de mejora en el alumno, porque éste no participa proactivamente de la resolución. Los únicos accionables que tiene el usuario de la aplicación, son cargar un ejercicio, y navegar en su resolución.

5. Discusión, Trabajos Futuros y Conclusión

Las desventajas o puntos de mejora de la solución propuesta frente a los trabajos existentes citados son:

- Cantidad limitada de temas, a causa de tratarse de una primera versión.
- Cantidad de operaciones limitadas. Quedan fuera del alcance de la primer versión, funcionalidades como graficado, análisis en profundidad, etc.

Las ventajas de la solución propuesta frente a los trabajos existentes citados son:

- Rol proactivo del usuario: se presentan interacciones con el usuario/alumno, los cuales influyen en la resolución del ejercicio, a través de sus decisiones en los multiple choices.
- Generación de nuevos ejercicios: se tienen en cuenta los errores cometidos por el alumno, para generar una nueva ejercitación a medida.

La principal limitación que impidió pulir las desventajas citadas, fue el tiempo disponible. Creemos que aumentando por un lado, la capacidad de resolución de la propuesta, y por otro, el abanico de tópicos disponibles, se puede lograr una propuesta superadora, que no solo sea para escuelas secundarias, sino que también pueda abarcar niveles superiores (como universitario), y hasta incluso, nivel inicial

y primario. Adicionalmente, podemos pensar en futuras versiones con mucha más participación del alumno, donde por ejemplo, nuestra pizarra virtual no solo permita la carga de un ejercicio, sino que también permita desarrollar a mano alzada, la resolución completa del mismo, emulando lo que cualquier alumno haría en un pizarrón de su escuela o universidad. Alternativamente, también se podría pensar en el uso de la cámara de fotos del dispositivo móvil para escanear una demostración o resolución de un pizarrón físico, obteniendo feedback de la aplicación en el momento, donde por ejemplo, nos podría decir si la resolución es correcta o no, si existen alternativas más óptimas, si tiene recomendaciones para alcanzar un mejor procedimiento, etc. Como punto final, se podría evolucionar el módulo inteligente para que aprenda del alumno permitiendo que no solamente detecte aspectos de mejora cuando comete un error, sino que también, tenga en cuenta su comportamiento en todo momento; por ejemplo, el sistema podría inferir que ante el mismo concepto, el alumno siempre tarda X segundos en responder, lo que podría significar que no lo tiene interiorizado (porque tarda mucho), o que hasta incluso, está respondiendo al azar porque no sabe la respuesta correcta (porque tarda muy poco).

Pensando más a futuro, los profesores podrían armar evaluaciones personalizadas para cada alumno, teniendo en cuenta sus puntos de mejora; para esto, los docentes podrían enseñarle a la aplicación los resultados y rendimientos de sus alumnos, para que un módulo inteligente integrado los aprenda, y genere en consecuencia, un listado de ejercicios apropiados para cada uno, rompiendo la barrera de la estandarización, pero manteniendo el nivel académico requerido.

Para concluir, creemos que es fundamental que el alumno tenga una participación

activa en su aprendizaje. Debemos sembrar en ellos, la curiosidad y la necesidad de saber más y de aprender, ya que estas cuestiones son esenciales para impulsar su progreso. El rendimiento y las métricas, mejorarán como una consecuencia directa del aumento de voluntad e interés por parte del alumno, a causa de sentirse acompañado por una herramienta personalizada y adaptada a sus necesidades.

6. Referencias

- [1] Página 48 del reporte a nivel nacional https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reporte_nacional_2017_secundaria_2.pdf
- [2] <https://www.argentina.gob.ar/educacion/aprender>
- [3] Mario Minervino - Diario "La Nueva" - 4 de Marzo del 2018: <https://www.lanueva.com/nota/2018-3-4-8-0-32-ape-nas-el-6-aprobo-el-examen-de-nivelacion-de-matematica-en-la-uns>
- [4] Jorge Stern y otros "Las claves del marketing actual" - 2005 - capítulo 1
- [5] Maximiliano Fernandez - Infobae - 29 de Mayo del 2018 - <https://www.infobae.com/educacion/2018/05/29/ens-enar-menos-y-aprender-mas-detalles-del-nuevo-metodo-matematico-inspirado-en-singapur-que-se-implementara-en-2019/>
- [6] Infix notation: <http://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/BasicDS/InfixPrefixandPostfixExpressions.html>
- [7] An Approach to Similarity Search for Mathematical Expressions using MathML. (English). In: Sojka, Petr (ed.): Towards a Digital Mathematics Library. Grand Bend, Ontario, Canada, July 8-9th, 2009. Masaryk University Press, Brno, 2009. pp. 27-35 (https://dml.cz/bitstream/handle/10338.dmlcz/702557/DML_002-2009-1_5.pdf)
- [8] <http://www.wolframalpha.com/>
- [9] <http://www.wolframalpha.com/examples/pro-feature/s/step-by-step-solutions/>
- [10] <https://photomath.net/en/>

Captura y Procesamiento de Eventos para Obtención de Funciones Probabilísticas

Bacchini, Yamila – Buteler, Álvaro – Carbajales, Leandro – Finzi, Nadia – Mosca, Ornella

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El proyecto consta de la realización de una aplicación software dedicado a procesar eventos¹ en formato dd/MM/aaaa HH:mm:ss provenientes de distintas fuentes con el fin de realizar un ajuste de los mismos, obtener la Función de Densidad de Probabilidad (de ahora en más FDP) que mejor responde a ellos, y calcular a partir de la misma la Función Inversa, que constituyen los datos fundamentales para la realización de ejercicios prácticos de las materias donde se explican conceptos de Simulación. Además, el proyecto brinda el agregado de contar con diversos módulos de captura de dichos eventos: una aplicación para smartphones que permite de manera manual registrar la ocurrencia de un evento a través de un botón; y un sensor infrarrojo conectado a un dispositivo Arduino que realizará el mismo trabajo pero de forma automática. Este proyecto brindará una facilidad computacional para estos cálculos, haciendo que el alumno se focalice en resolver el problema de simulación y no en la resolución de los procesos matemáticos.

Palabras Clave

Función de Densidad de Probabilidad, Función Inversa, Ajuste, Simulación, Captura, Eventos.

1. Introducción

Las cátedras de Simulación poseen, para el dictado y aprendizaje de esta disciplina, un conjunto de ejercicios prácticos que consisten en la introducción de una situación problemática, con la finalidad de que el alumno realice un Análisis Previo y resuelva la FDP de dicha situación para obtener su Función Inversa y poder así obtener nuevos valores a través de la misma, permitiendo realizar la simulación de esa situación en un diagrama de flujo.

Hasta ahora, los alumnos venían realizando este cálculo de manera manual, utilizando tiempo valioso en algo que no hace al aprendizaje de la realización de una simulación. Así mismo, muchas veces las FDPs que debían resolver eran sólo FDPs de ejemplo que no responden a comportamientos reales de las situaciones a simular.

Nuestro proyecto, al cual llamamos “Kairós”², posee el objeto de permitir capturar eventos pertenecientes al mundo real, realizar el ajuste de los mismos para obtener la FDP y calcular de manera automática la Función Inversa, elemento primordial para la realización de una simulación, permitiendo así mismo complementar el uso del software existente llamado “Victoria”³.

El fin último de este proyecto es proveer al alumno, y a quien lo requiera, de una herramienta que facilite la resolución de estos cálculos matemáticos de manera computacional, brindando el medio y los instrumentos necesarios para la captura de eventos provenientes de la realidad.

Con todo esto, se espera motivar a los alumnos en el estudio y aprendizaje de la simulación, y fomentar la investigación de los comportamientos reales, con el fin de aumentar la calidad de los trabajos prácticos solicitados por la cátedra, así como también los futuros proyectos propios que deseen realizar.

¹ Llámese “evento” a la ocurrencia de una acción, representado por el instante en que ocurrió. Ej.: una persona ingresa a un comercio y se lo representa con el valor 28/07/2018 10:45:26.

² Nombre de la hija, hermana o nieta del dios griego Cronos, según distintos textos, y relacionada íntimamente con el paso del tiempo, siendo también considerada como

“momento adecuado u oportuno para realizar una acción” y relacionada con la calidad del momento [1].

³ Software desarrollado por la Cátedra de Simulación de la UTN FRBA que realiza el diagrama de flujo que representa a la simulación de una situación, introduciendo como parámetros el “Análisis Previo” del mismo y la Función Inversa [2].

1.1. Función de Densidad de Probabilidad

Dada una variable aleatoria continua, como puede ser la cantidad de personas que ingresan a un comercio en un lapso de tiempo determinado, decimos que su FDP es una función no negativa que satisface que el área bajo la curva tiene el valor de 1 [3].

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$$

1.2. Función de Distribución Acumulada

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(t) dt$$

Donde $f(t)$ es la FDP. Esta función representa la probabilidad de que la variable aleatoria "x" tome un valor menor o igual al que se está evaluando en la función. Por ejemplo, si decimos que $F(75) = 0.25$, diremos que hay un 25% de probabilidad de que la variable se realice con el valor igual o menor a 75 [4].

1.3. Función Inversa

$$F(x) = Rnd \rightarrow x = F^{-1}(Rnd)$$

Siendo Rnd un valor random entre cero y uno a partir del cual se espera generar nuevos valores de eventos y utilizarlos en cada corrida de una simulación.

La Función Inversa es la F^{-1} de la Función de Distribución Acumulada y evaluada en ese valor aleatorio Rnd.

1.4. Intervalo entre Arribos – Un Caso Práctico

En un caso práctico de un ejercicio de los propuestos en las guías de Simulación, podemos encontrar uno en el cual se nos pida hacer la simulación de un comercio para determinar el número de cajas a abrir, sabiendo que el Intervalo entre Arribos de las personas que ingresan al mismo, responde a la siguiente FDP:

$$f(x) = 5e^{-5x} \text{ con } x \geq 0$$

A continuación nos disponemos a calcular la Función de Distribución Acumulada:

$$F(x) = \int 5e^{-5x} dx = -e^{-5x} + C$$

Despejamos ahora el valor de la constante C con los datos que disponemos:

$$F(0) = 0 \rightarrow -1 + C = 0 \rightarrow \boxed{C = 1}$$

Finalmente la Función de Distribución acumulada nos queda:

$$\boxed{F(x) = -e^{-5x} + 1}$$

Ya tenemos la función lista para despejar la variable X, calculando así su Función Inversa:

$$\begin{aligned} Rnd &= -e^{-5x} + 1 \\ Rnd - 1 &= -e^{-5x} \rightarrow 1 - Rnd = e^{-5x} \\ -5x &= \ln(1 - Rnd) \end{aligned}$$

$$\boxed{x = -\ln(1 - Rnd)/5}$$

Así, ya despejamos la variable X en función de un valor random. Nos encontramos en condiciones de realizar la simulación.

La solución Kairós planteará la resolución de este cálculo de manera automática.

2. Elementos del Trabajo

El objetivo general del proyecto es realizar una aplicación que permita calcular la Función Inversa para aplicarlo directamente en la resolución de problemas de simulación, y facilitar de alguna otra manera la captura de eventos reales provenientes del día a día. Planteando el objetivo de manera más específica, se busca crear una aplicación para computadora que dada una serie de eventos que pueden provenir de distintas fuentes (como podrían ser archivos Excel, bases de datos, archivos de texto plano o de los módulos de captura), pueda procesarlos y ajustarlos a una serie limitada de doce funciones de densidad de probabilidad de ajuste, siendo estas las más relevantes para la Cátedra de Simulación, y ordenándose de manera descendente según su grado de ajuste. A su vez se podrá visualizar un gráfico de dicha función y la de su Función Inversa. Posteriormente y seleccionando el ajuste que el usuario más desee, la aplicación brindará la posibilidad de generar nuevos eventos a partir de la Función Inversa

calculada y luego poder exportar todos estos resultados a una carpeta local del usuario. Por otro lado, adicionando la captura de eventos, se creará una aplicación Mobile que funcionará como “cuenta ganado”, de esta manera el usuario de la aplicación podrá registrar los distintos eventos que ocurran de forma manual. A su vez, se dispondrá también de un dispositivo Arduino, el cual tendrá conectado un sensor infrarrojo que realizará el mismo trabajo de la aplicación pero de forma automática, registrando los eventos directamente en un proyecto en la aplicación principal. Utilizando este dispositivo, no será necesario un usuario activo tomando la captura de los eventos. Posteriormente, desde ambas fuentes, se podrán exportar los eventos capturados a la aplicación en computadora para realizar el ajuste, logrando así capturar datos (comportamiento) del mundo real.

2.1. Aplicación Principal

Esta aplicación está diseñada para ejecutarse en computadoras con sistema operativo Windows 7 o superior.

Siendo este el módulo principal de procesamiento, posee las siguientes funcionalidades:

- ❖ Creación, modificación y eliminación de proyectos⁴.
- ❖ Creación, modificación y eliminación de eventos pertenecientes a un proyecto.

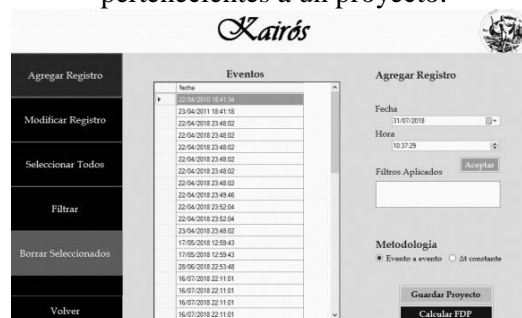


Figura 1 - Edición de eventos

- ❖ Selección de eventos a través de la aplicación de filtros, según diversos

criterios (hora/fecha/rango horario/rango de fechas/etc.).

- ❖ Importación de eventos a un nuevo proyecto o a un proyecto existente. Dichos eventos pueden provenir de una base de datos, de un archivo Excel o en formato CSV, como así también del dispositivo de captura con sensor infrarrojo o de la aplicación Mobile.

Para estos últimos, los mismos serán transmitidos a través de conexión USB. En el caso del sensor infrarrojo, desde esta aplicación se deberá abrir la opción de captura a través del mismo, siendo como requisito que se encuentre conectado el dispositivo Arduino a la computadora. Para la aplicación Mobile, una vez generado un proyecto que posea eventos, el mismo se podrá descargar en la computadora y abrirlo desde esta aplicación.

- ❖ Ajuste de los eventos de un proyecto seleccionado a una serie pre definida de doce funciones de densidad de probabilidad, las cuales son:
 - Exponential
 - Logistic
 - Lognormal
 - Log-Logistic
 - Normal
 - Poisson
 - Uniform
 - Weibull shape 0.5 – scale 1
 - Weibull shape 1.5 – scale 1
 - Weibull shape 3 – scale 1
 - Weibull shape 5 – scale 1

Luego del ajuste, se mostrarán las FDPs pertinentes ordenadas desde el mejor ajuste de los datos hacia el menos aproximado. Será competencia del usuario utilizar la FDP que considere que mejor le convenga según sus necesidades.

⁴ Dígase “proyecto” al conjunto de eventos relacionados a una misma actividad o acción. Ej.: se tiene un proyecto

“Clientes” en el cual se encuentran todos los eventos del horario de arribos de clientes a un comercio.

- ❖ Gráfico de las distintas FDP junto a los eventos del proyecto para brindar una forma visual al usuario de observar el ajuste y así decidir la FDP que mejor cree que representa los eventos ingresados.
- ❖ Cálculo y gráfico de la Función Inversa correspondiente a la FDP seleccionada.

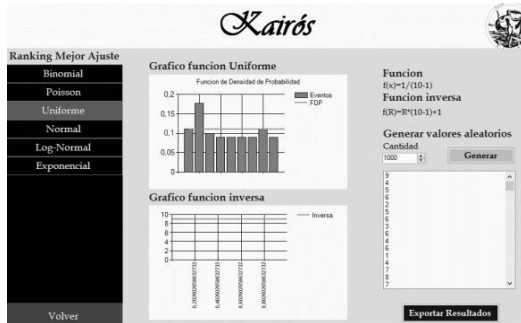


Figura 2 - Ajustes y Función Inversa

- ❖ Generación de nuevos eventos, a partir de la Función Inversa calculada y seleccionada, que responden a su FDP correspondiente.
- ❖ Opciones de exportación de resultados, que incluye guardar la FDP utilizada y su Función Inversa, los gráficos de ambas funciones en formato .jpg, un archivo de texto con el log de todas las actividades realizadas en el proyecto y finalmente, un archivo Excel con todos los eventos utilizados para el cálculo de la FDP y aquellos nuevos valores generados a partir de la Función Inversa.
- ❖ Registro de actividades de cada proyecto utilizado en la aplicación, que guardará todas las acciones tomadas desde la creación de un nuevo proyecto, el agregado, modificación o borrado de eventos al mismo, la aplicación de diversos filtros, el ajuste y cálculo de FDPs, hasta la exportación final de los resultados obtenidos en el uso del software.

2.2. Aplicación Mobile

Este módulo consiste en una aplicación Mobile para Smartphones que funcionará en aquellos que cuenten con un sistema operativo Android KitKat 4.4 o superior.

Sus funcionalidades son:

- ❖ Creación, modificación o eliminación de conjuntos de eventos.
- ❖ Creación, modificación o eliminación de eventos dentro de un conjunto particular.

Es la funcionalidad más distintiva de esta aplicación, que permitirá a través de un botón ir registrando los distintos TimeStamps (tiempo exacto de ocurrencia) de los eventos que ocurran.

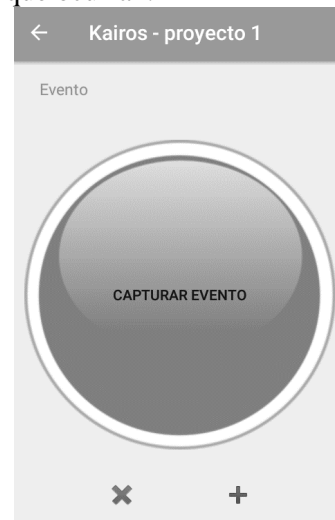


Figura 3 - Captura de eventos Mobile

- ❖ Reset: eliminación de los eventos almacenados en un buffer antes de haberlos guardado en su conjunto.
- ❖ Continuar con la captura de eventos en un conjunto creado previamente.
- ❖ Creación de un archivo por cada conjunto, con todos los eventos pertenecientes al mismo y almacenado de manera local en el Smartphone, con posibilidad de ser importado posteriormente en la aplicación principal.

2.3. Sensor de Movimiento Infrarrojo

Este sensor estará conectado a un microcontrolador Arduino, que a su vez estará vinculado mediante USB a una computadora. Este dispositivo deberá ser colocado estratégicamente para la obtención automática de aquellos eventos que se quiera capturar, como puede ser por ejemplo en la puerta de un local, de un supermercado o en el molinete de un subte, para registrar los instantes de tiempo de los ingresos o egresos a los distintos establecimientos.

Se requerirá que previamente en la aplicación principal de la computadora se encuentre en ejecución la sección del sensor para inicializar la captura, indicando el proyecto en el que se volcará los datos registrados.

Al momento de querer finalizar la captura, el usuario deberá dirigirse nuevamente a la sección de captura mediante el sensor en la aplicación principal y seleccionar el botón correspondiente para detener la captura de datos.

Resultados

El presente proyecto se encuentra en estado de prueba, con algunas funcionalidades aun en desarrollo pero próximas a concluir, estando planificada su versión completa final, lista para utilizar a mediados del mes de noviembre.

Conclusión y Trabajos Futuros

La realización de este proyecto denominado Kairós cumplió con el objetivo de procesar eventos provenientes de distintas fuentes para obtener la FDP que mejor se ajuste a ellos y obtener así la Función Inversa.

Como conclusión final del desarrollo de este proyecto, la Cátedra de Simulación, así como también los alumnos de dicha asignatura que utilicen la aplicación Kairós, obtienen diversos beneficios que ya se desprenden de la utilización de la versión de prueba, entre los cuales se encuentran:

- ✓ Facilitación en la resolución de las FDPs para la obtención de su Función Inversa.

- ✓ Obtención de FDPs que representan comportamiento real, gracias a la implementación de la captura de eventos a través de un Smartphone y a través de un sensor infrarrojo de movimiento.
- ✓ Mayor focalización por parte de los alumnos en el problema de simulación a resolver.
- ✓ Aumento en la comprensión de los temas de la materia.
- ✓ Simplicidad para visualizar los resultados obtenidos y entender la simulación.
- ✓ Posibilidad de completar el proceso de simulación propuesto por el software “Victoria”.

Se deberá considerar que será decisión de la Cátedra de Simulación y de los alumnos en utilizar la versión final de Kairós para el dictado de sus clases.

La característica más relevante de este proyecto es que si bien existen productos software similares en el mercado, Kairós propone las mismas funcionalidades, agregando además, otras que superan las existentes, todas en una misma solución. Mientras los otros productos proveen la capacidad de cálculo de las FDPs que mejor ajustan a un conjunto de datos, el resultado final de los mismos es brindar la fórmula general de la función y los parámetros por separado, en donde el alumno debe comenzar una serie de pasos puramente matemáticos, que consisten en reemplazar los parámetros obtenidos en la fórmula general, luego proceder a realizar los cálculos de la función acumulada mediante la integral de la FDP seleccionada y finalmente, la resolución manual de la función inversa de dicha acumulada.

En cambio utilizando el software Kairós, a partir de un conjunto de datos ingresado por el alumno, calcula y brinda todos los resultados necesarios para el proceso de simulación sin necesidad de intervención del usuario. Kairós permite ahorrar tiempo y evitar errores humanos en los cálculos.

A su vez, posibilita la generación de nuevos eventos que se corresponden a la FDP seleccionada, y así poder ampliar la muestra de datos con la que se contaba anteriormente. En otras aplicaciones software no se cuenta con dicha funcionalidad, teniendo que calcular estos nuevos eventos a través de otorgar valores random a la Función Inversa obtenida.

Finalmente, Kairós brinda la posibilidad de exportar todos los resultados obtenidos, y así poder compartir los eventos luego de aplicar diversas modificaciones o filtros, entre compañeros de equipo en la cursada de la asignatura, logrando que todos los integrantes cuenten con la misma información.

Por otro lado, se cuenta con la incorporación de dos módulos de captura de eventos, lo cual hace a Kairós un proyecto multipropósito, destacable frente a otros, brindando la posibilidad de capturar eventos del mundo real, una imposibilidad actual de la Cátedra de Simulación.

Los futuros trabajos a realizar están íntimamente relacionados con optimizar los módulos de captura. Entre las discusiones actuales, las que se destacan son la de agregarle mayores funcionalidades a la aplicación Mobile, logrando que pueda procesar por ella misma los eventos que ha capturado. También mejorar el traspaso de los eventos desde la misma hacia la computadora, pensando ya en tecnologías Cloud. Por otro lado, y respecto al módulo de captura a través del sensor infrarrojo, se buscará que el dispositivo Arduino pueda guardar internamente los eventos registrados o que se pueda conectar inalámbricamente para la transmisión sincrónica a una computadora con el fin de que pueda funcionar autónomamente con una batería capturando los datos, logrando así que se desacople del ordenador y dando lugar a nuevas situaciones de captura, como podría ser las idas y vueltas de un ave a su nido a lo largo de varios días, si instalamos este dispositivo en él. Esto abre un nuevo abanico de posibilidades de estudio de

comportamientos y las simulaciones abarcarían nuevos ámbitos.

Agradecimientos

Se agradece a la Cátedra de Simulación, especialmente a la Ing. Érica Milin, al Ing. Leonardo Viegas y al Sr. Leandro Goldin, como así al Prof. Mg. Roberto Erbe perteneciente a la Cátedra de Proyecto Final de la carrera Ing. en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires por el apoyo, las ideas y la sabiduría brindadas para la realización de este trabajo.

Referencias

[1] Sánchez Sancho, Luis (2011); *Kairós, la diosa de la oportunidad* [On line]. Disponible en: <https://www.laprensa.com.ni/2011/09/30/opinion/75225-kairos-la-diosa-de-la-oportunidad>

[2] Milin, Érica; Quiroga, Silvia; Viegas, Leonardo, Goldin, Leandro (2017); *Software de Modelado Victoria – Resolución de Casos utilizando la Metodología de Avance del Tiempo a través de los Eventos*. En Memorias del V Congreso Nacional de Ingeniería Informática/Sistemas de Información. Publicación On line ISSN: 2347-0372. Disponible en: <http://conaiisi2017.frsf.utn.edu.ar/index.php/memorias/>

[3] Salinas, Hugo (2011); *Variables Aleatorias Continuas* [On line]. Disponible en: <http://www.mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2011/tema5-variables-aleatorias-continuas.pdf>

[4] Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias; *Función de Distribución Acumulada* [On line]. Disponible en: <http://www.fca.proed.unc.edu.ar/mod/book/view.php?id=3272&chapterid=18>

Datos de Contacto:

Ornella Mosca – UTN FRBA - E-mail: ornemosc@gmail.com

Loglyzer: Detección Automática de Anomalías de Comportamiento mediante el Análisis de Logs

Santoalla, Gastón Tobías

Rios, Juan Martín

Alice, Pablo

Fernandes dos Santos, Juan Manuel

Braná, Nicolás

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstract

La gran mayoría de los sistemas que se utilizan en la industria del software en la actualidad poseen mecanismos de logueo mediante los cuales registran los eventos acontecidos durante su ejecución. Sin embargo, en general estos logs se utilizan de forma reactiva, sólo se los revisa cuando se manifiesta un error con el objetivo de entender qué sucedió. Esta tarea suele ser tediosa y a veces compleja de realizar, ya que normalmente implica la lectura de grandes archivos de texto con mucha repetición. Este artículo tiene como objetivo explicar las técnicas de análisis en las que se basa y presentar Loglyzer, un sistema de detección de anomalías de comportamiento a través del análisis proactivo de logs. En su etapa de entrenamiento, modela el comportamiento reflejado en los logs. Luego, en su etapa de detección, analiza las nuevas entradas con el objetivo de detectar diferentes tipos de anomalías. Entender una anomalía como una situación fuera de lo normal y no sólo como un error es lo que permite, además de anticiparse a los errores, ver más allá de ellos para detectar oportunidades únicas de mejora, que de otra forma podrían pasar desapercibidas. Esto trae como beneficio tanto la posibilidad de monitorear los logs desde un punto de vista técnico, como también de aprovechar la información subyacente de negocio que los mismos poseen para mejorar la operación del sistema analizado.

Palabras Clave

Logs, Análisis de Comportamiento, Detección de Anomalías, Aprendizaje Estadístico, Redes Neuronales.

Introducción

Es difícil pensar hoy en día en un sistema que no utilice logs para registrar los diferentes eventos que acontecen en su operación, por esto, los mismos se han convertido en una herramienta importante para el monitoreo y la resolución de

problemas, siendo a veces la única disponible para los desarrolladores o administradores del sistema. Al registrarse eventos continuamente durante la ejecución, se logra que la información se encuentre disponible inmediatamente después de que un evento suceda. Además estos registros proveen información sobre el comportamiento general del sistema, no sólo los errores del mismo.

Sin embargo, registrar toda la operación del sistema es tanto una ventaja como un problema, los sistemas informáticos crecen cada vez más en complejidad y tamaño, lo que provoca logs más extensos y más difíciles de entender. Sistemas distribuidos mezclan eventos de muchas fuentes en un mismo archivo, grandes computadoras producen millones de líneas de logs por día, diferentes técnicas de logueo producen líneas de logs heterogéneas dando a los mismos una forma no estructurada. Estas cuestiones, entre otras, hacen que la inspección y análisis manual de logs sea una tarea tediosa, propensa a errores, y muchas veces hasta imposible. Debido a esto, existe una gran demanda de herramientas y técnicas que permitan el análisis automático o que faciliten el tratamiento de logs. En este sentido vemos dos enfoques para aprovechar la información de los logs.

El primer enfoque es tomar una actitud reactiva, es decir, esperar a que se manifieste algún evento importante (normalmente un error) detectado por otro mecanismo distinto a los logs, luego buscar en ellos indicios que permitan entender mejor la situación y

finalmente actuar en consecuencia. En estos casos los logs son particularmente útiles ya que permiten ver la serie de eventos que llevaron al sistema a ese estado junto con información sobre el mismo. Sin embargo, como ya se mencionó anteriormente, hacer esto de forma manual se vuelve inviable por lo que se necesitan de complejos algoritmos de búsqueda para navegar y analizar la información. Existen en la industria muchas herramientas que permiten hacer esto, ELK Stack [16], DataDog [18], Loggly [19], Splunk [20], entre otras [17, 21, 22, 23, 24]. El segundo enfoque busca hacer un análisis continuo de los logs para poder aprovechar esta información sin la necesidad de que ocurra algún evento importante. Esto hace que la información de los logs tome un rol activo en el monitoreo del sistema, convirtiéndolo en un análisis proactivo. Es en este tipo de análisis donde vemos una falta de herramientas en el mercado. Sin embargo, este enfoque no es algo que haya pasado desapercibido en la comunidad científica, existen numerosos estudios que atacan esta problemática. Basándonos en ellos presentamos Loglyzer, un sistema de detección automática de anomalías a través del análisis de logs. El mismo cuenta con dos etapas, entrenamiento y detección. Durante la primera etapa se genera un modelo de comportamiento del sistema a analizar en base a la lectura de una cantidad considerable de logs (esta cantidad será particular de cada sistema ya que dependerá, en parte, de la frecuencia de logeo). Los mismos deben reflejar una operación normal o similar a la que se va a analizar después para que los resultados que se obtengan sean consistentes. Luego, en la etapa de detección, se leen nuevas entradas de log del sistema y se las compara contra el modelo generado para definir si existe o no una anomalía. Se utilizan dos tipos de técnicas distintas para detectar anomalías. Por un lado se utiliza S-ESD [9] (una técnica de aprendizaje estadístico) para realizar un análisis cuantitativo de las entradas de log. Por otro lado se realiza un análisis cualitativo

que busca encontrar anomalías en las relaciones entre el contenido de las líneas a través de redes neuronales.

Aunque Loglyzer fue diseñado teniendo en mente aplicaciones de alto nivel, puede ser usado para analizar logs de cualquier tipo (software base, bases de datos, etc), sin necesidad de conocimiento específico del dominio o acceso al código fuente. Sin embargo, ambos análisis necesitan como mínimo de la existencia de un timestamp (marca de tiempo) en cada entrada de log. Además, se obtienen mejores resultados si se configuran otros campos fijos que permitan modelar diferentes series de tiempo para detectar anomalías.

Para que exista realmente un análisis proactivo es necesario que no se requiera un monitoreo constante, por esto un componente fundamental de Loglyzer es el módulo de notificaciones. El mismo envía una notificación a los administradores del sistema al detectarse una anomalía.

El documento está organizado de la siguiente manera, primero se mencionan las diferentes herramientas y estudios que abordan la problemática. Luego se da una breve explicación sobre el porqué realizar el análisis basándose en anomalías y no sólo en errores, contextualizando la intención del análisis. Se continúa describiendo la estructura de un log e introduciendo nociones básicas sobre el tratamiento de sus líneas para dar paso al desarrollo de los dos tipos de análisis propuestos. Finalmente, se cierra con la conclusión y la propuesta para el trabajo futuro.

Trabajos Relacionados

La amplia utilización de archivos de log para registrar eventos, combinado con la cantidad de información que los mismos poseen y la dificultad de su análisis manual, genera una gran necesidad de herramientas que faciliten su tratamiento automático. En este sentido, existen numerosos estudios sobre el análisis automático de logs, a continuación describimos algunos con el objetivo de contextualizar Loglyzer.

Oliner y Stearley presentan una serie de consejos y recomendaciones sobre cómo afrontar el análisis automático de logs [6]. Luego Oliner et al. [5] desarrollan un algoritmo no supervisado que permite la detección de alertas, aplicable a cualquier fuente de log con timestamp, sin necesidad de información específica del sistema gracias a la utilización de conceptos como la entropía de la información (Shannon).

Xu et al. [2] proponen una metodología de análisis para detectar problemas en tiempo de ejecución de forma automática, con la desventaja de utilizar el código fuente como método de entrenamiento lo cual puede representar un problema, ya que el mismo no siempre está disponible o es difícil de conseguir (como cuando se usan bibliotecas o frameworks de terceros).

Makanju et al. primero presentan IPLoM [3], un algoritmo de agrupamiento de entradas de log iterativo. Para luego combinarlo con Nodeinfo [4] y proponer un esquema de detección de anomalías híbrido, con una fase de detección automática y otra de clasificación manual de patrones. El problema que presenta es que requiere del involucramiento periódico del administrador y apunta específicamente a syslogs.

Fu et al [1] presentan una técnica de detección automática de anomalías con un algoritmo propio de generalización de líneas, que permite el armado de un autómata de estado finito con el que modelan los patrones de comportamiento, que luego utilizan como referencia para la detección anomalías en nuevas entradas. Sin embargo, esta técnica limita el concepto de anomalía a errores dentro de los flujos de trabajo y problemas de bajo rendimiento.

DeepLog [8] presenta ideas más cercanas a Loglyzer, Min et al. presentan un framework de propósito general que permite la detección de anomalías utilizando redes neuronales (en particular, redes LSTM). Sin embargo DeepLog sólo analiza el texto libre del log, dejando de lado información que es útil para la detección de anomalías.

Anomalías

Es importante entender por qué el foco es la detección de anomalías y a qué nos referimos con ellas. La palabra anomalía tiene dos acepciones generales, 1) *f. Desviación o discrepancia de una regla o de un uso.* 2) *f. Defecto de forma o de funcionamiento.* Aunque normalmente se asocia una anomalía con un error del sistema, es importante ver que, desde su definición, no se la entiende sólo en función de defectos o errores sino también de desviaciones.

En diferentes estudios se hace referencia al concepto de anomalía de distinta manera, por ejemplo Fu et al. [1] realizan una clasificación de anomalías limitándose a errores dentro de los flujos de trabajo y problemas de bajo rendimiento, mientras que Makanju et al. [4] las interpretan como estados inusuales del sistema. En este documento entenderemos una anomalía como una desviación en el comportamiento del sistema (incluyendo de esta manera a la mayoría de los errores).

También resulta importante entender a los logs no solo como un componente técnico dentro de nuestro sistema, sino como un registro del comportamiento del mismo. Esto significa que los mismos, no solo reflejan datos duros (tiempo, severidad, identificador del logger, etc) sino que, *analizados en conjunto*, también nos muestran los diferentes flujos del sistema. Modelar este comportamiento permite saber qué es normal y qué no, pudiendo detectar situaciones inusuales que están sucediendo.

Son estas situaciones inusuales en donde se encuentra el valor agregado de una acepción más amplia de la palabra anomalía. Estas nos permiten anticiparnos a futuros errores (ya que podrían ser síntomas de los mismos) y además nos permiten ver más allá de los errores, encontrando flujos alternativos que podrían presentar oportunidades únicas de mejora, que se dan por eventualidades únicas del contexto en el que se encuentra el sistema y que suelen pasar desapercibidas.

Estructura de Logs

Una de las problemáticas que presenta el análisis automático de logs es que tanto la estructura, como el contenido de los mismos, varía ampliamente entre log y log haciendo más difícil la creación de una herramienta genérica para el tratamiento de todos por igual. Por esto es que muchas veces se deben poner restricciones al formato del log. Loglyzer requiere como mínimo que dentro de las líneas del log exista un campo que represente el tiempo en el cual se registró el evento, es decir, un timestamp.

En general toda entrada de log está compuesta por dos partes, por un lado se encuentran campos fijos que suelen representar metadata (información extra más allá del mensaje en sí) como lo son el timestamp, el nivel de severidad y dependiendo el contexto podrían serlo el número de nodo (en el caso de un sistema distribuido), el identificador de un request, etc. Por otro lado se encuentra el texto libre, que es donde está el mensaje real que presenta la entrada.

Muchos de los trabajos mencionados anteriormente se centran en el texto libre para la detección de anomalías (a veces apoyándose en el timestamp). Algoritmos como IPLoM [3] o el que Fu et al. [1] presentan al comienzo de su estudio, se basan en agrupar las líneas de logs según su tipo. Identifican aquellas palabras de la línea que son variables y las reemplazan por un carácter agrupador, luego todas aquellas líneas iguales forman un grupo. El problema con estas técnicas es que como la metadata es muy dependiente del contexto y muchas veces es única, termina siendo descartada.

Nuestra propuesta es analizar ambas partes, utilizar técnicas de agrupamiento como las mencionadas para facilitar el análisis de texto libre, proceso al que llamaremos *análisis cualitativo*. Pero no descartar la metadata, por el contrario apoyarse en ella y hacer otro análisis en simultáneo que permita encontrar otro tipo de anomalías, a este lo llamaremos *análisis cuantitativo*.

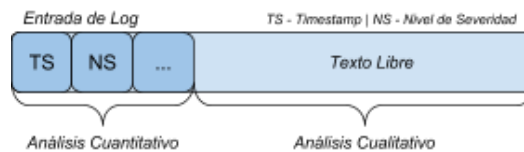


Figura 1: Estructura de una entrada de Log
Elaboración Propia

Para poder procesar las entradas de log es necesario que se especifique de alguna forma donde encontrar los campos fijos, para esto existe un archivo de configuración en donde, a través de un tipo de expresión regular, se indica aquellas partes de la entrada que corresponden a dichos campos y aquellas correspondientes al texto libre. Como ya se explicó, el timestamp es el mínimo necesario, pero para obtener mejores resultados en el análisis cuantitativo se deben agregar otros campos.

Análisis Cuantitativo

Bajo la clasificación que presentan Chandola et al. [13] podemos decir que las anomalías que analizamos son contextuales por naturaleza, ya que dada una instancia de análisis (en nuestro caso una entrada de log) la misma podría ser considerada una anomalía en cierto contexto (por ejemplo ante la presencia de ciertas entradas antes o después) mientras que una entrada idéntica en otro contexto podría ser considerada comportamiento normal. Es por esto que el contexto se vuelve crucial a la hora de pensar una forma de detectar anomalías.

El análisis cuantitativo analiza cada entrada de log viendo el contexto de la misma en términos de cantidades. Una primera aproximación podría ser simplemente entrenar el sistema contando la cantidad de entradas que existen en un log en cierto período de tiempo (por ejemplo, en una hora), tomando como referencia el promedio o la media de varios ciclos de ese período (por ejemplo el promedio por hora dentro de un día).

Luego en la etapa de detección comparar la cantidad de entradas existentes en una hora y marcar como anomalías aquellas horas que tengan una cantidad de líneas que se alejen demasiado de la referencia. El problema con esta primera aproximación es que asume que el comportamiento de los logs es igual en todos los ciclos. Sin embargo la cantidad de entradas de un log sigue ciclos estacionales [9], es decir, dependiendo la hora en la que se analice una cantidad puede o no ser anómala. Por ejemplo, en una aplicación web la cantidad de entradas que se tiene normalmente a las 2 a.m. probablemente sea distinta a la que se tiene a las 2 p.m.

Otra aproximación podría ser el aprendizaje estadístico, donde se usan diferentes técnicas para la detección de anomalías en series de tiempo, por ejemplo ESD [10, 11] permite definir un umbral para la detección de múltiples anomalías en un serie, sin embargo sigue sin considerar el contexto estacional. Hochenbaum et al. [9] presentan Seasonal ESD (S-ESD) una técnica que permite la detección de anomalías en series de tiempo estacionales (como son en general la cantidad de entradas en un log). Primero se descompone la serie de tiempo utilizando una variante de STL [12] y luego se aplica ESD para detectar anomalías. Dada una

serie de tiempo X (en nuestro caso la cantidad de entradas de log por hora), la misma es descompuesta en tres componentes, estacional S_x , de tendencia T_x y residual R_x . Primero se consigue T_x a través de un promedio móvil, luego se consigue S_x calculando el promedio de cada ciclo analizado y finalmente se calcula $R_x = X - T_x - S_x$. Esta señal R_x presenta una distribución unimodal (posee una sola moda) lo que la vuelve susceptible a la aplicación de técnicas como ESD.

Nuestro análisis propone el uso de dos umbrales, un primer umbral que marque la anomalía como una alerta (visible en el módulo de visualización pero sin notificación asociada) y un segundo umbral que además de marcarla dispare una notificación. En la Figura 2 se puede ver primero una serie de tiempo (dividida en horas) que muestra las anomalías detectadas para ambos umbrales y luego el gráfico inferior que representa la señal R_x con los dos umbrales marcados (tanto para el lado positivo como el negativo).

En este análisis se vuelve crucial el archivo de configuración y la expresión regular que describe el patrón que tiene una línea de log ya que la misma define dónde encontrar los campos fijos.

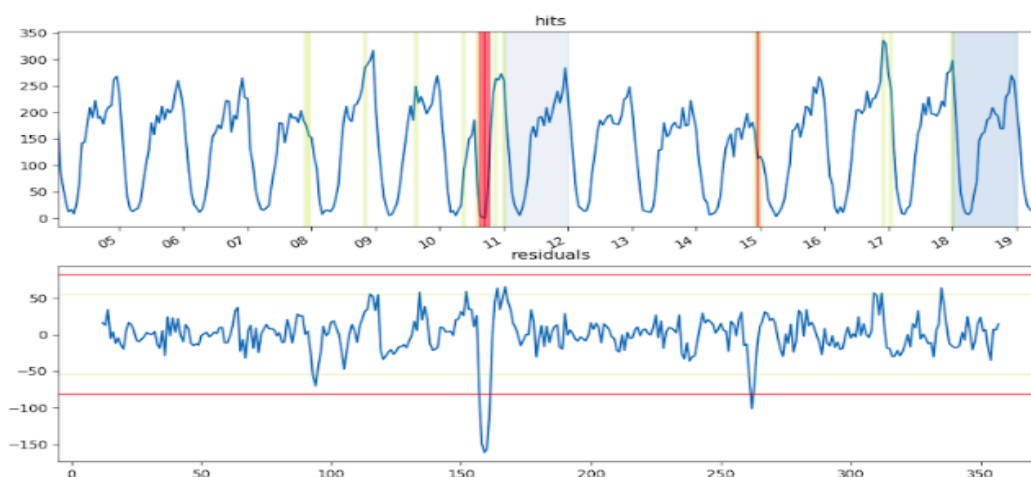


Figura 2: Detección de Anomalías a través de S-ESD - *Elaboración Propia*

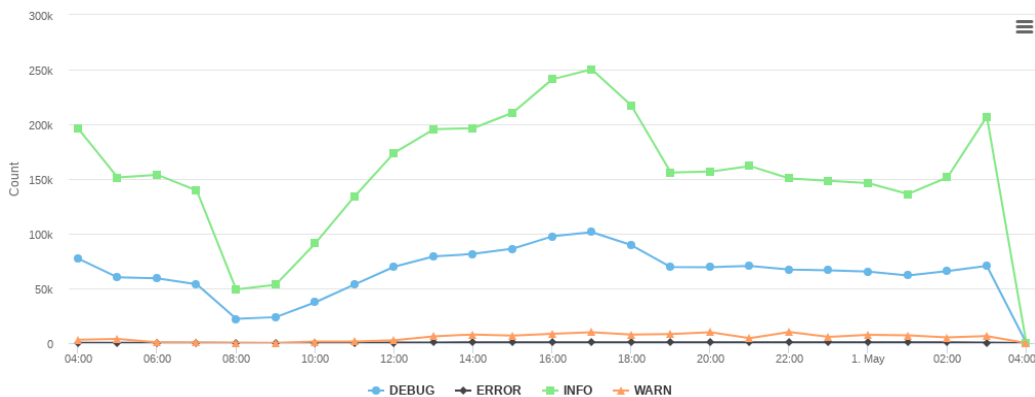


Figura 3: Visualización Nivel de Severidad - *Elaboración Propia*

Además, por cada campo fijo, se pueden especificar los diferentes valores que el mismo toma, de esta forma en un mismo gráfico se puede visualizar el comportamiento del campo en general, analizando cada valor como una serie aislada. Un posible ejemplo es el uso del nivel de severidad (presente en la mayoría de los logs) como campo fijo dentro de la línea de log. En la Figura 3 se muestra la visualización de la serie de tiempo generada por 24 horas del análisis del nivel de severidad de logs productivos reales.

Aunque este análisis fue principalmente pensado para ser usado con el nivel de severidad, podrían utilizarse otros campos, como por ejemplo el número o nombre de nodo en un sistema distribuido, o algún identificador que permita saber que componente escribió la entrada (incluso podrían usarse varios al mismo tiempo). Lo que es necesario es que el valor esté presente en todas las líneas de log posicionado en el mismo lugar para que el sistema pueda separar las líneas correctamente

Análisis Cualitativo

No todas las anomalías se manifiestan en base a la cantidad de entradas de cierto tipo. Muchas se ven en las relaciones y los patrones que se generan en base a los flujos del sistema. Por esto es que proponemos un segundo análisis que complementa al cuantitativo, posibilitando la detección de otros tipos de anomalías.

Dado que no se utiliza código fuente ni conocimiento específico del sistema para el entrenamiento, no se tiene información sobre la estructura o el contenido del texto libre. Debido a esto, lo primero que se debe hacer es procesar este texto libre para obtener información útil del mismo. En este sentido se empieza generando grupos de “log keys”. Una log key es el texto constante de una entrada, es decir aquellas palabras que dadas dos entradas generadas por la misma línea de código, no cambian. Debido a la existencia de variables cuyo valor depende del contexto de ejecución este proceso de agrupamiento no es algo trivial.

Loglyzer utiliza una técnica similar a la presentada en Spell [7]. Primero realiza el agrupamiento tomando como referencia la subsecuencia común más larga, entendiendo que entre más larga sea la subsecuencia común de dos entradas más parecidas van a ser, por lo que pertenecen al mismo grupo (se corresponden a la misma log key). Este proceso luego de un agrupamiento inicial, utiliza además heurísticas para mejorar el agrupamiento final.

Una vez identificadas las entradas de un grupo, reemplaza aquellas palabras que varíen entre las entradas de un mismo grupo por un carácter agrupador (*). De esta forma transforma cada grupo en una log key. Este conjunto de log keys es una entrada fundamental para poder realizar el análisis ya que le da un sentido al texto libre. Sin embargo este proceso es previo al análisis.

Para el análisis se utilizan Redes Neuronales Recurrentes (RNN, del inglés Recurrent Neural Network) que se caracterizan por tener ciclos de retroalimentación, lo que les permite hacer uso de su estado interno (memoria) para el procesamiento de nuevas entradas considerando las ya procesadas. El problema principal de las RNN es que no pueden conservar memoria a largo plazo debido a que el gradiente de la función de error se reduce exponencialmente hasta desaparecer (Hochreiter [14]). Long Short-term Memory (LSTM) [15] es una arquitectura de redes neuronales que combina diferentes unidades LSTM para conservar la memoria a largo plazo. Este conjunto de unidades se conoce como *Red LSTM*. Una de las aplicaciones más conocidas de este tipo de redes es la detección de anomalías basada en la predicción de valores futuros. Loglyzer basa su implementación en la arquitectura propuesta en DeepLog [8] que utiliza una red LSTM y un modelo probabilístico para la detección de anomalías.

Durante el entrenamiento de la red, la misma recibe un conjunto de logs pre procesados (con sus entradas transformadas en *log keys*) y el conjunto de *log keys* conocido. El reemplazo de variables es lo que le permite dejar el contexto de ejecución de lado para interpretar la sucesión de líneas como tareas, generando un modelo de flujos de tareas.

Una vez entrenada la red, la misma se utiliza para la detección de anomalías. Recibe como entrada una línea a analizar y las N líneas anteriores (siendo N configurable). En base a las líneas anteriores y el modelo de flujos de tareas la red obtiene un conjunto de log keys con una probabilidad de ocurrencia asociada. Si la probabilidad de la línea a analizar es nula o menor a un parámetro P la misma es detectada como una anomalía, lo que dispara una notificación.

Este modelo probabilístico permite basar la detección de anomalías en los mismos flujos de trabajo del sistema analizado y configurar la sensibilidad de Loglyzer en base a los parámetros N y P.

Conclusión y Trabajos Futuros

Los logs se han convertido en una de las principales fuentes de información a la hora de analizar un sistema informático. Por esto, la detección automática de anomalías en logs presenta tanto una gran oportunidad de mejora en las herramientas de monitoreo que existen en la industria, como también un campo de investigación en constante crecimiento. En este documento se presenta Loglyzer, un sistema de detección automática de anomalías a través del análisis de logs que presenta un enfoque proactivo mediante la utilización de técnicas de aprendizaje estadístico y redes neuronales. Combinar diferentes técnicas es lo que permite tener más de una perspectiva y abarcar mayor cantidad de escenarios.

Esta visión más abarcativa es lo que lo diferencia de las herramientas más populares del mercado. Sin embargo, no busca reemplazarlas sino actuar en conjunto con ellas para complementarlas, facilitando el monitoreo y la resolución de problemas durante la ejecución de un sistema.

Loglyzer presenta muchos puntos de mejora, por lo que se tiene mucho trabajo por delante. En principio, se deben hacer pruebas exhaustivas del mismo que validen su utilidad. Más allá de eso, existen numerosos puntos de ampliación, la identificación de mecanismos de retroalimentación entre ambos análisis (implícitamente relacionados), la integración de nuevos métodos de notificación, la investigación de nuevas formas de visualización para el análisis con el objetivo de facilitar el entendimiento del mismo, la integración con otras herramientas de monitoreo utilizadas en la industria, la generalización del análisis para soportar múltiples entradas en simultáneo, la posibilidad de recibir las entradas por otro medio más allá de la lectura de un archivo (como una conexión udp directa por ejemplo), el desarrollo de mecanismos automáticos de recalibración, entre otros.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer por su tiempo, guía y experiencia a Pablo Fernandez, Claudio Martinez, Alex Weil y Claudio Gauna miembros de Despegar.com.

Referencias

- [1] Q. Fu, J.-G. Lou, Y. Wang, J. Li. Execution Anomaly Detection in Distributed Systems through Unstructured Log Analysis. December 2009. ICDM 2009, The Ninth IEEE International Conference on Data Mining, Miami, Florida, USA, 6-9 December 2009. DOI: 10.1109/ICDM.2009.60.
- [2] W. Xu, L. Huang, M. Jordan, D. Patterson, A. Fox. Detecting Large-Scale System Problems by Mining Console Logs. January 2010. Proceedings of the 27th International Conference on Machine Learning (ICML-10), June 21-24, 2010, Haifa, Israel. DOI: 10.1145/1629575.1629587.
- [3] A. Makanju, A. N. Zincir-Heywood, E. E. Milios. Clustering event logs using iterative partitioning. January 2009. Proceedings of the 15th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Paris, France, June 28 - July 1, 2009. DOI: 10.1145/1557019.1557154.
- [4] A. Makanju, A.N. Zincir-Heywood, E.E. Milios. Investigating event log analysis with minimum apriori information. May 2013. Integrated Network Management (IM 2013), 2013 IFIP/IEEE International Symposium on, pages 962-968.
- [5] A. Oliner, A. Aiken, J. Stearley. Alert Detection in System Logs. December 2008. Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Data Mining (ICDM 2008), December 15-19, 2008, Pisa, Italy. DOI: 10.1109/ICDM.2008.132.
- [6] A. Oliner, J. Stearley. What Supercomputers Say: A Study of Five System Logs. June 2007. The 37th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks, Edinburgh, UK, Proceedings. DOI: 10.1109/DSN.2007.103.
- [7] D. Min, L. Feifei. Spell: Streaming Parsing of System Event Logs. December 2016. 2016 IEEE 16th International Conference on Data Mining (ICD). DOI: 10.1109/ICDM.2016.0103
- [8] D. Min, L. Feifei, Z. Guineng, S. Vivek. DeepLog: Anomaly Detection and Diagnosis from System Logs through Deep Learning. October 2017. The 2017 ACM SIGSAC Conference. DOI: 10.1145/3133956.3134015.
- [9] J. Hochenbaum, O. S. Vallis, A. Kejariwal. Automatic Anomaly Detection in the Cloud Via Statistical Learning. April 2017. Twitter Inc. [Online - 15/07/2018] <https://arxiv.org/pdf/1704.07706.pdf>.
- [10] B. Rosner. On the Detection of Many Outliers. May 1975. Technometrics 17(2):221-227. DOI: 10.1080/00401706.1975.10489305.
- [11] B. Rosner. Percentage points for a generalized ESD many-outlier procedure. May 1983.

- Technometrics 25(2):165-172. DOI: 10.1080/00401706.1983.10487848.
- [12] R. B. Cleveland, William S. Cleveland, J. E. McRae, I. Terpenning. STL: a seasonal-trend decomposition procedure based on loess. January 1990. Journal of Official Statistics, 6(1):3-73.
- [13] V. Chandola, A. Banerjee, V. Kumar. Anomaly detection: A survey. July 2009. ACM Computing Surveys, 41(3):15:1-15:58. DOI: 10.1145/1541880.1541882.
- [14] S. Hochreiter. The Vanishing Gradient Problem During Learning Recurrent Neural Nets and Problem Solutions. April 1998. International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems 6(2):107-116. DOI: 10.1142/S0218488598000094.
- [15] S. Hochreiter, J. Schmidhuber. Long Short-term Memory. December 1997. Neural Computation 9(8):1735-80. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735
- [16] Elasticsearch. ELK - Stack. [Online - 15/07/2018] <https://www.elastic.co/elk-stack>.
- [17] Elasticsearch. Logstash. [Online - 15/07/2018] <https://www.elastic.co/products/logstash>.
- [18] Datadog. Datadog. [Online - 15/07/2018] <https://docs.datadoghq.com/logs>.
- [19] Loggly, Inc. Loggly. [Online - 15/07/2018] <https://www.loggly.com>.
- [20] Splunk Inc. Splunk. [Online - 15/07/2018] https://www.splunk.com/en_us/software/splunk-light.html.
- [21] Graylog, Inc. Graylog. [Online - 15/07/2018] <https://www.graylog.org>.
- [22] Fabian Büchler. Analog. [Online - 15/07/2018] <http://analog.readthedocs.io/en/latest>.
- [23] Flowerfire. Sawmill. [Online - 15/07/2018] <http://sawmill.net>.
- [24] S. Thebert. Octopussy. [Online - 15/07/2018] <https://octopussy.pm>.

Datos de Contacto:

Santoalla, Gastón Tobías. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Buenos Aires. gastonsantoalla@gmail.com
Rios, Juan Martín. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Buenos Aires. juanchirios.jmr@mail.com
Alice, Pablo. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Buenos Aires. pabloalice95@gmail.com
Fernandes dos Santos, Juan Manuel. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Buenos Aires. juan9794@gmail.com
Braná, Nicolás. Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Buenos Aires. nicolasabrana@gmail.com

SIGRA: Un sistema de gestión de redes de Fibra Óptica y aprovisionamiento de clientes

de Mingo Javier, Flores Daniel, Kumabe Ma. Lucía, Saavedra Lino,
Soto Pascacio Flor

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Este documento tiene el propósito de mostrar el desarrollo de SIGRA, un Sistema de Gestión de Redes de Fibra Óptica y Aprovechamiento de Clientes, que busca solventar una problemática planteada en estas últimas décadas en relación con el avance tecnológico y expansión de las redes de telecomunicaciones, en particular el de la Fibra Óptica al Hogar (FTTH), utilizando como principal medio la geolocalización de la infraestructura y se utiliza como lenguaje de programación C# y PostgreSQL como base de datos. Este sistema tiene como objetivo permitir optimizar tiempos y costos operativos, sistematizando el manejo de clientes y la administración de las redes de fibra óptica (FO).

Palabras Clave

Fibra Óptica al Hogar, Fiber To The Home (FTTH), C#, PostgreSQL, Geolocalización, Fibra Óptica (FO), Telecomunicaciones.

Introducción

En 2015, la Argentina contaba con alrededor de 3,5 millones de casas conectadas y con una tasa de conexión del 18,1%, siendo un 1,5% mayor que en 2014 [1] y la tendencia sigue creciendo con ayuda del Plan Federal de Internet [2] que lleva adelante la empresa ARSAT y que trabaja para que 1.300 localidades del interior del país puedan acceder a Internet de banda ancha a través de un tendido de red troncal de 33.000 km (Red Federal de Fibra Óptica) y que estimó tener para julio del 2018 más de 500 puntos de conexión en todo el país [3].

En Argentina, actualmente se están construyendo redes de FTTH en diferentes provincias del país y con ayuda del Plan Federal de Internet se van a poder desplegar con mayor facilidad. Sin embargo, ARSAT sólo construye la red troncal de fibra óptica y establece una tarifa de referencia. Los

proveedores locales conectados a la red de ARSAT serán quienes ofrezcan servicios de internet de mejor calidad y a menor precio para usuario final. No obstante, los costos que conlleva el mantenimiento de las prestaciones de dichas redes son muy altos y satisfacer la creciente demanda de calidad en las redes de telecomunicaciones resulta ser un desafío muy grande. Y para ello, es necesario un sistema de inventariado de nodos de red FTTH que facilite la administración y control de la red. Actualmente, el mercado no ofrece una solución integral que abarque la totalidad de proveedores, sino que existen productos adaptados a un proveedor en particular.

También es importante destacar que muchas de las empresas proveedoras de servicios de FTTH en el interior del país son PYMES y cooperativas que no pueden mantener estos sistemas propietarios y en muchos casos disponen de un sistema de inventariado de nodos basado en planillas de cálculo o sistemas CAD, haciendo que su gestión diaria de mantenerlo actualizado resulte engorroso y poco práctico.

Por estas razones, surge SIGRA, para proveer una solución de software que acortará la brecha de gastos operativos y permitirá inventariar y monitorear las redes de fibras ópticas existentes, gestionar todas las conexiones vinculadas, utilizando la geolocalización para poder realizar el seguimiento de los nodos y de los clientes. Permitiendo analizar los datos para evaluar y proyectar el crecimiento y ampliación de las redes con un módulo de reportes que le

permitirá tomar decisiones estratégicas y de optimización del costo de hardware.

Objetivo

Desarrollar un Sistema de Gestión de Redes de Fibra Óptica y Aprovechamiento de clientes con el fin de optimizar los tiempos operativos, sistematizando el manejo de clientes y la administración de las redes para tener un control integral.

Metodología de desarrollo del proyecto

Para poder satisfacer las necesidades identificadas y desarrollar este sistema resultó conveniente plantear el proyecto en cuatro etapas:

1. Inicio
2. Planificación
3. Ejecución
4. Cierre

Dentro de la etapa de Ejecución se llevarán a cabo las etapas de Análisis, Diseño, Desarrollo y Pruebas que se ejecutarán de forma iterativa e incremental.

Tecnología utilizada

Como el objetivo es implementar un nuevo Software de Gestión de Redes de FO y Aprovechamiento de Clientes, que le permitirá administrar las interconexiones de fibra con sus datos asociados, inventariando nodos, cámaras de empalme, fusiones, que además estarán geolocalizadas con una correcta identificación, de manera on-line. El desarrollo se realizará con el lenguaje de programación C# utilizando el framework .NET CORE por ser más flexible, de mayor rendimiento, multiplataforma y open-source, y PostgreSQL como base de datos, ya que, es un sistema de gestión de base de datos relacional de objetos (ORDBMS), además, cumple con las propiedades conocidas como ACID y también es open-source.

Arquitectura del sistema

La Figura 1, muestra la arquitectura del sistema que será de forma Cliente/Servidor. Esta estructura contendrá una base de datos, que hará de soporte de información y de consulta. La construcción del sistema implica la presentación del servidor para ser accesible por medio de la aplicación web. A continuación, se mostrarán las capas a tener en cuenta en este esquema:

Capa de Presentación

La componen todas las interfaces gráficas del usuario que se verán más adelante en la sección prototipos del sistema.

Capa de Aplicación

Se utiliza en el sistema ASP.NET CORE que está basado en el patrón MVC (Modelo, Vista, Controlador) que separa la arquitectura de una aplicación en tres componentes principales: los datos, la interfaz de usuario y la lógica del negocio.

Capa de Dominio

Esta capa posee la lógica del sistema y se implementará la información necesaria a enviar a la capa de servicios para el alta, baja, consulta y modificación de los usuarios, dispositivos, clientes, servicios y conexiones correspondientes. Además, se tendrá en cuenta el acceso al sistema y la visualización de los reportes y estadísticas. Para ambos casos se realizarán las validaciones de datos ingresados y de permisos dentro del sistema según corresponda.

Capa de Persistencia

En esta capa se impactarán todas las modificaciones realizadas y se extraerán las consultas pertinentes de la base de datos PostgreSQL, a través de procedimientos, vistas y otros objetos para acceder a la información del sistema.

Capa de Servicios

Se dispondrá del uso de servicios a la API de Google Maps para la geolocalización del despliegue de la red FTTH.

Capa de Infraestructura Transversal

El sistema tendrá como requisito previo para operar un inicio de sesión para permitir su uso a personas autorizadas y además por seguridad se dispondrá de un certificado SSL (Secure Socket Layer), el cual es un protocolo de seguridad para lograr que la transmisión de datos entre un servidor y un usuario, o viceversa, a través de Internet, sea completamente segura.

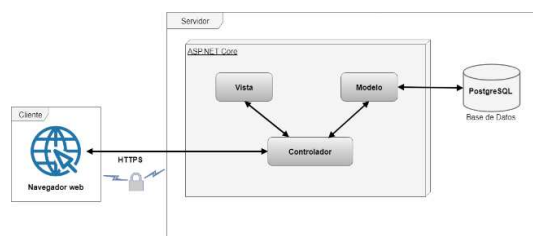


Figura 1-Arquitectura del sistema

Las Funcionalidades

Las principales funcionalidades de SIGRA son:

- Módulo de administración las interconexiones de fibra con sus datos asociados: permitirá inventariar nodos, cámaras y fusiones de fibra de forma geolocalizada, con su correcta identificación. En este módulo se podrá visualizar las interconexiones de su planta externa de forma global.
- Módulo de aprovisionamiento del cliente: a través de una interfaz podrá realizar reservas de instalación, altas, actualizaciones o upgrades, bajas o suspensiones del servicio según corresponda.
- Módulo de reportes para analizar y evaluar el crecimiento o su utilización para proyectar ampliaciones informadas en reportes que le permitirán:

- Identificar los puntos de crecimiento de la tasa de abonados de acuerdo con la utilización actual.
- Identificar y prever fallas masivas al detectar reclamos de una misma zona y fallas en los equipos.
- Observar las zonas saturadas y/o zonas poco explotadas, para tomar decisiones estratégicas.

Interfaces de usuario:

A continuación se presentan las interfaces de usuario más representativas del prototipo de desarrollo.

Pantalla principal - Mapa (Figura 2): en esta interfaz se puede observar el despliegue de la red geolocalizada en el mapa y desde allí se podrán crear nuevos nodos, los distintos dispositivos que lo componen y todas las conexiones que conforman la red, también se pueden seleccionar dichos equipos para consultar sus datos y estados.

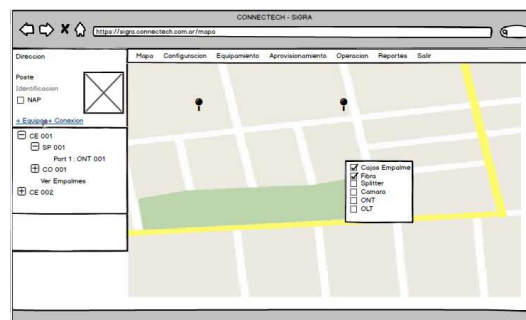


Figura 2-Pantalla principal

Configuración: se llega a través del menú principal, se podrá configurar y dar de alta los perfiles de usuario, ubicaciones que hacen referencia al tipo de localización que pueden tener los equipos, por ejemplo, en el tipo de ubicación "Poste" se pueden tener sólo cajas de empalme (Figura 3), también desde esta interfaz se pueden dar de alta y configurar productos como pueden ser Internet, cable, teléfono.

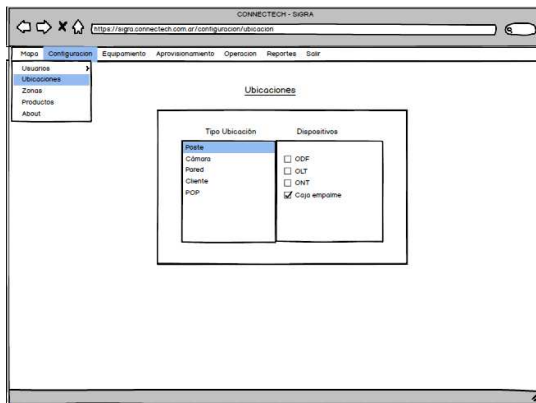


Figura 3-Pantalla de configuración de ubicaciones.

Equipamiento: En esta interfaz se pueden dar de alta los modelos de dispositivos y sus especificaciones de fábrica. (Figura 4)

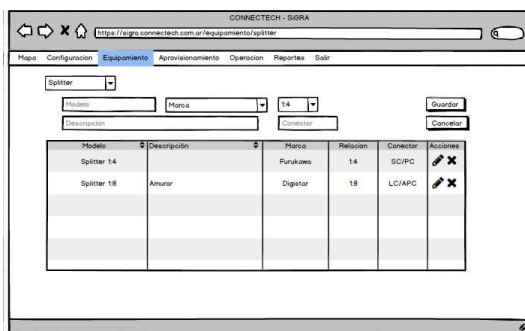


Figura 4-Pantalla de Alta de modelo de Splitter.

Aprovisionamiento: En esta pantalla se pueden gestionar los clientes, realizar reservas de instalación, altas, upgrades y bajas de cliente. Adicionalmente, le permitirá suspender el servicio de un cliente por falta de pago (Figura 5).

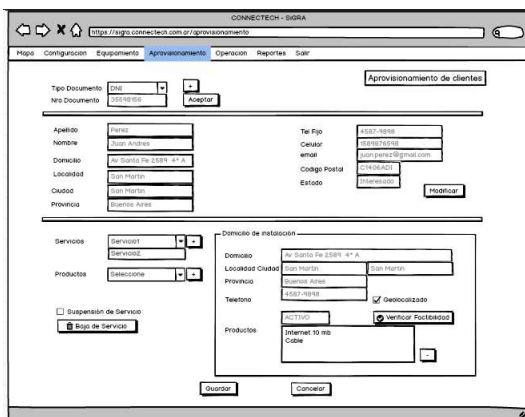


Figura 5-Pantalla de Aprovisionamiento de Clientes.

Operación: La sección de operación será en la que se podrá monitorear el estado del servicio brindado. Desde el mapa se selecciona al cliente que realizó una queja y verificar el estado de la red desde el botón Check como se puede ver en la Figura 6.

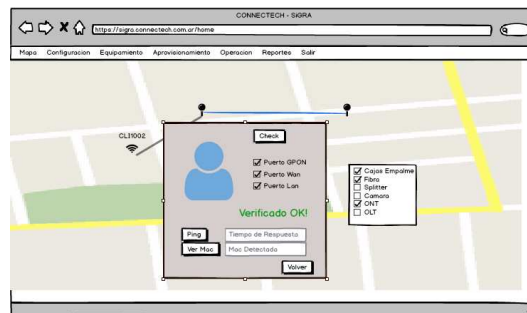


Figura 6-Pantalla de Operación.

Reportes: se podrán dar de alta zonas de análisis con su correspondiente densidad poblacional que se utilizarán en los distintos reportes (Figura 7).

Los reportes del sistema son los siguientes:

1. Reporte de análisis de zona actual:
Se deberá seleccionar una zona dada de alta previamente y el sistema mostrará una serie de gráficos indicando la disponibilidad de la zona, estado del servicio, cantidad de clientes y productos. (Figura 8)
2. Reporte de análisis de baja:
Analizará en un grafico de barras los motivos y la cantidad de bajas de servicio de un determinado mes de interés (Figura 9).
3. Reporte de mantenimiento:
Se visualizarán en un mapa los dispositivos que sufren o sufrieron fallas (Figura 10)
4. Reporte de zona de crecimiento:
Permitirá observar una serie de recomendaciones para invertir en un nuevo despliegue para la zona seleccionada (Figura 11)

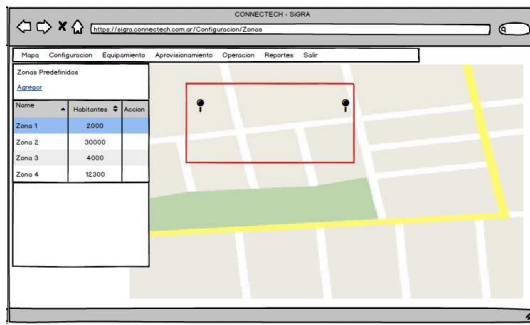


Figura 7 - Pantalla de configuración de Zonas.

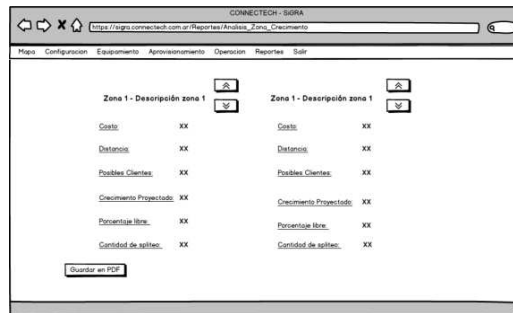


Figura 11 - Reporte: Resultado de Análisis de Zona de crecimiento.

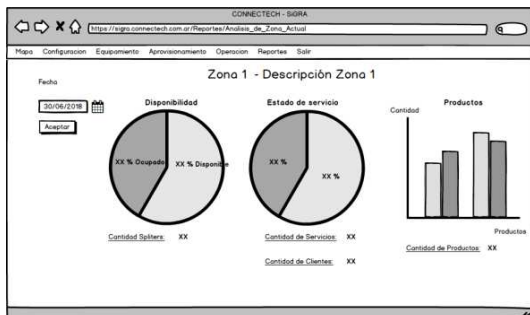


Figura 8 - Reporte: Análisis de zona actual.

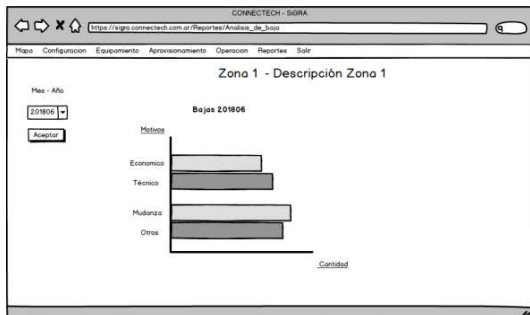


Figura 9 - Reporte: Análisis de baja.



Figura 10 - Reporte: Mapa de Fallas.

Trabajos Relacionados

La empresa cordobesa Tecnoed desarrolló un sistema de gestión de redes que está vinculado a una marca en particular (Furukawa) y Grafical Network desarrolló el sistema GET visual que apunta a un mercado corporativo de empresas de telecomunicaciones, siendo inaccesible para PYMES y cooperativas regionales.

Conclusión y Trabajos Futuros

El empleo de la metodología iterativo incremental para el desarrollo del sistema SIGRA ha sido muy útil para tener avances significativos y si bien al momento de realizar este documento no contamos con el desarrollo de todo el sistema, se pretende llegar a un sistema funcional e integrado que pueda acompañar el desarrollo de las telecomunicaciones en la Argentina a nivel Federal.

Referencias

- [1] Conclusiones de FTTH LATAM 2017: <https://www.proydesa.org/portal/index.php/noticias/1618-conclusiones-de-ftth-latam-2017>
- [2] Plan Federal de Internet: <https://www.argentina.gob.ar/modernizacion/comunicaciones/planfederaldeinternet>
- [3] Datos oficiales del Plan Federal de Internet: <http://datos.arsat.com.ar/dashboards/19767/plan-federal-de-internet/>

Datos de Contacto:

Javier de Mingo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. demingo.javier@gmail.com

FastWay - Sistema de Asistencia al Plan de Evacuación integrable a Sistema de Detección de Incendios Inteligente

**Alonso, Matías; Andrade, Leonardo; Monzón, Nicolás;
Ramirez, Martín; Rolon Benitez, Gabriel.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA MATANZA

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.

Cátedra: Proyecto Fin de Carrera - Ingeniería en Informática - 2018

Abstract

Los sistemas de Detección de Incendios actuales y los Planes de Evacuación se pueden considerar a menudo como un único gran Sistema de Emergencia ya que cuando una alarma se activa existe una gran relación entre ésta y el procedimiento planificado que se ejecuta para lograr una evacuación satisfactoria; es difícil concebir una evacuación exitosa si al sonar una alarma no se cuenta con un plan para evacuar adecuadamente el establecimiento, personal capacitado para dirigir el procedimiento y planos accesibles ubicados estratégicamente; del mismo modo no alcanzaría con tener un plan de evacuación si no contamos con un sistema de alarma que nos alerte a tiempo de la necesidad de ejecutarlo, cada segundo es fundamental en situaciones de emergencia. Por otro lado, una evacuación delega el éxito de su ejecución a la capacidad de las personas de tomar buenas decisiones bajo situaciones estresantes. Esta problemática unida al avance de la tecnología y el acceso a ella, nos llevó a desarrollar una alarma inteligente que emita más que solo un sonido al detectar un incendio integrando un producto software que acompañe en el proceso de evacuación, guiando a las personas hacia la mejor salida y dando soporte a los roles del plan de evacuación. Este es el núcleo de Fastway el cual fue pensado como un Sistema Integral de Asistencia en el Plan de Evacuación, que desde un smartphone (teléfono celular inteligente) brinde información y consejos útiles ante distintas situaciones de emergencia y guíe a todas las personas que se encuentren dentro del establecimiento hacia la salida por un camino óptimo y seguro en base a su ubicación y la del siniestro, a la vez que asista a los distintos Roles del Plan de Evacuación en sus tareas y responsabilidades, acelerando el proceso y minimizando la probabilidad de incurrir en errores humanos.

Palabras Clave

Localización Interna, Navegación Interna, Indoor, Plano de evacuación, Detector de humo inteligente, Alarma Contra-Incendios, Wifi Round Trip Time (RTT), Aplicación Móvil, Soporte en siniestros, Guía en interiores, Soporte en emergencias.

Introducción

Muchas veces nos encontramos en edificios públicos de gran estructura, como por ejemplo en un shopping, donde ir de una punta a la otra o buscar un local en particular nos resulta difícil si somos visitantes ocasionales, o bien en un hospital de muchos pasillos al que asistimos por primera vez de visita y en ocasiones debemos consultar qué dirección tomar para movernos de un lugar a otro. Una de las cosas que nos permite ubicarnos son los Planos de Emergencia ubicados estratégicamente en los pasillos y donde vemos que marcan nuestra posición con una señal de “Usted está aquí”. Estas situaciones nos han llevado a pensar en qué ocurriría si estando en esos lugares comenzara, repentinamente, a sonar una alarma y apareciera gente indicándonos que debemos salir del lugar; lo ideal sería mantener la calma y seguir las instrucciones del personal que se encuentra abocado a guiarnos, en el mejor de los casos utilizando indumentarias y herramientas que nos ayuden a distinguirlos, pero no todas las personas son capaces de mantener la calma suficiente y ubicar rápidamente a este

personal. Tanto leer el plano como encontrarlos bajo estas circunstancias puede volverse realmente complicado, muchas personas terminan limitándose a seguir una multitud que camina en fila hacia alguna salida, sin saber dónde ocurrió la emergencia y pudiendo estar caminando erróneamente, sin saberlo, hacia el foco del incidente.

Algunos de nosotros tuvimos la suerte de presenciar simulacros, capacitaciones o reuniones informativas sobre los procedimientos de emergencia y situaciones de incendio debido a que en nuestros trabajos es obligatorio que estas charlas se den una o dos veces por año. Aún así, se sabe que las reacciones de las personas en situaciones de emergencia son impredecibles y en algunos casos pueden resultar erráticas, incluso las de algún personal capacitado y preparado. Situaciones estresantes como la de una evacuación repentina pueden hacernos olvidar preceptos básicos que creíamos tener incorporados completamente.

Como solución a ésta problemática, FastWay propone un sistema integrador de tres tecnologías que brindarán un soporte vital a todas las personas que atraviesan esta situación para reducir el error humano. Buscamos que nuestro desarrollo sirva como medio de capacitación y asistencia en tiempo real; que recuerde sus tareas a los usuarios que representen un rol en el procedimiento de evacuación [1]; y principalmente que guíe a las personas hacia la mejor salida disponible según la ubicación en la que se encuentren dentro del edificio. Todo desde la comodidad de su dispositivo móvil, tecnología que se encuentra muy a la mano hoy día y que está tan asentada en la sociedad. Buscamos aprovechar esta disponibilidad tecnológica para acercar información importante en todo momento, acelerar la comunicación de los distintos eventos, y mejorar el proceso de evacuación.

No buscamos reemplazar los sistemas de Alarma Anti-Incendios actuales o los Planes de Evacuación sino integrarlos, asistirlos y acercarlos al común de la gente para que sepan cómo actuar ante estas situaciones, aunque no hayan tenido la suerte de participar de capacitaciones y simulacros.

Con respecto a los sistemas de Alarma Anti-Incendios, entendemos que los mismos son los que más han avanzado tecnológicamente, los hay de muchos tipos y niveles de avance tecnológico donde se ha invertido ya muchísimo esfuerzo y dinero y los cuales se continúan mejorando año tras año, es por ello que si bien desarrollamos un pequeño prototipo de alarma en Arduino, dotado de detectores de humo y gases que nos permita comunicar cuál fue el sensor activado en el sistema de manera que el dispositivo móvil conozca su ubicación y calcule la ruta óptima a la salida, nuestro mayor esfuerzo fue puesto en el Servidor que nos permite distribución de planos, roles del plan de evacuación y los usuarios relacionados a cada rol, teléfonos de emergencia e información útil y también en la aplicación móvil que nos ubique dentro del inmueble y nos guíe a la salida a la vez que asista a los distintos roles en sus tareas.

Queremos que nuestro sistema se pueda aplicar en conjunto con los sistemas actuales de detección de incendio y se adapte a los planes de evacuación ya existentes en algunos edificios, y permita a aquellos inmuebles que no dispongan de un plan de evacuación, implementar un modelo del mismo de manera sencilla y rápida. Que sirva como fuente de información para capacitación y asista también en simulacros. Que las personas comunes puedan estar cubiertas siempre que se encuentren en cualquier establecimiento que tenga implementado nuestro sistema sólo por tener instalada nuestra aplicación en su celular. Queremos ser el complemento natural que requiera

cualquier responsable que se interese en incrementar la seguridad de las personas al momento de reconocer que Plan de Evacuación y Sistema de Alarma Anti-Incendios deben trabajar de manera conjunta de una forma más eficiente.

FastWay

Fastway detecta el inicio de un siniestro e informa del mismo, calcula la mejor ruta de escape para cada persona alejándola del foco de activación, lo acompaña durante todo el proceso de evacuación guiándolo e indicándole sus responsabilidades y ayudando a comprobar que la evacuación fue exitosa haciendo un reporte del incidente, el estado actual del siniestro y las personas en todo momento. Brinda información sobre los procedimientos del plan de evacuación, sus roles y las mejores prácticas.

Componentes

El sistema de alarmas Fastway está compuesto por la integración de 3 tecnologías:

1- Alarma Inteligente: Consiste en un prototipo desarrollado en Arduino UNO¹ que incluye sensores de humo y gases y un pulsador de activación manual. Al activarse algún sensor se comunica de esto al servidor por medio una conexión wifi.

2- Servidor Web: Desarrollado en PHP² utilizando Laravel³ 5. Este componente permite la configuración del sistema, gestión roles y permisos a la vez

¹ Arduino UNO es una placa de microcontroladores de código abierto desarrollada por Arduino.cc. Utilizada para prototipado de sistemas embebidos.

² PHP: Hypertext Preprocessor (preprocesador de hipertexto), es un lenguaje de programación de propósito general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico.

³ Laravel: es un framework de código abierto para desarrollar aplicaciones y servicios web con PHP5 y PHP7. Su filosofía es desarrollar código PHP de forma elegante y simple.

que se convierte en el nexo entre la alarma inteligente y los dispositivos móviles. Al momento de recibir un mensaje de activación de la alarma, el servidor les envía notificaciones a los dispositivos móviles con la indicación del sensor activado.

3- Aplicación Móvil: Desarrollada en Android⁴; brinda características particulares a cada rol. Permite al rol Administrador la carga de planos, recibe las notificaciones de activación de la alarma por medio del Servidor, brinda consejos útiles y distintos servicios a los roles del Plan de Evacuación, recordándoles sus responsabilidades. Permite a todos los usuarios la descarga de los planos de evacuación cargados para el establecimiento con los posibles caminos hacia la salida y, al recibir una alerta de activación del detector, ubica el dispositivo en el plano del inmueble, calcula por medio de un algoritmo de caminos la mejor ruta de salida según su ubicación actual y se la indica de forma visual o audible, evitando las ubicaciones de los sensores activados (los posibles focos de incendio).

Servidor Web Multiplataforma

El servidor es el encargado de permitir la configuración del sistema, se encarga principalmente de procesar los datos recibidos de los demás dispositivos con el objetivo de lograr el correcto funcionamiento del sistema.

Mediante el servidor se puede gestionar usuarios, roles, permisos, mapas y planos, recepción y envío de alertas sobre posibles incidentes, información de interés y consejos, entre otros elementos.

La principal funcionalidad del servidor durante el flujo de una

⁴ Android: Sistema Operativo basado en el núcleo Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes, tabletas y también para relojes inteligentes, televisores y automóviles.

evacuación consiste en recibir e interpretar una alerta sobre un potencial incidente recibido por una alarma a fin de poder solicitar la verificación del hecho por parte de los usuarios con las competencias necesarias. Una vez que se valide la veracidad del incidente el servidor será el encargado de alertar a los dispositivos móviles el estado de emergencia y evacuación a la vez que envía la posición y tipo de evento, para que estos calculen la ruta de salida óptima.

Dicho servidor fue diseñado y desarrollado para poder operar en la mayoría de los sistemas actuales, está garantizada la compatibilidad con sistemas operativos basados en Unix, Windows (7 en adelante) y MAC OS X; A su vez, cuando se instale el sistema se podrá optar con un gran abanico de motores de bases de datos.

Se optó por utilizar una arquitectura en tres capas que permita separar correctamente el almacenamiento de datos, los procesos vinculados con la lógica del funcionamiento del sistema y la representación de datos e interacción con el usuario; El framework utilizado, Laravel 5, lleva a cabo esta separación de incumbencias implementando un patrón similar a MVC⁵, pero con el agregado de un robusto sistema de ruteo y la capacidad de generar dinámicamente vistas a través de un potente motor de plantillas.

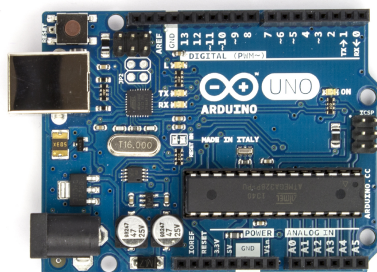


Figura 1 Placa Arduino Uno

⁵ MVC: Modelo Vista Controlador (Model View Controller) patrón creado a fines de los años 70 para ser utilizado en pequeños componentes.

Alarma Anti-Incendios Inteligente

Nuestra alarma fue desarrollada desde Arduino UNO (ver figura 1) y tiene la responsabilidad, a través de sus sensores que van a estar distribuidos en distintas partes del inmueble, de poder sensar el ambiente en busca de presencia de humo en todo momento. Pero no cualquier presencia de humo ya que queremos evitar falsas alarmas, es por esto que utilizamos un umbral de medición en los sensores que, una vez superado, se considera crítico y a partir de ahí se envía una alerta al servidor acerca de la posición de ese sensor activado. Los detectores que utilizamos son sensores MQ2 (ver figura 2) y son ideales para medir concentraciones de gas natural en el aire. Pueden detectar concentraciones desde 300 ppm hasta 10000 ppm [2]. Este sensor es sensible a los gases LPG (gas licuado de petróleo), i-butano, propano, metano, alcohol, hidrógeno y humo [2].

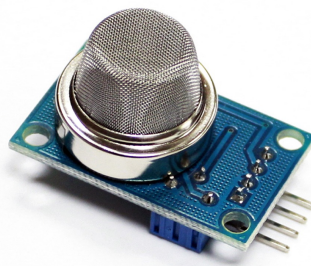


Figura 2 Sensor MQ2

El sistema arduino va a estar sensando constantemente el ambiente y se comunicará con el servidor, utilizando una placa WiFi ESP8266 (ver figura 3), en caso de que un sensor supere el umbral definido.

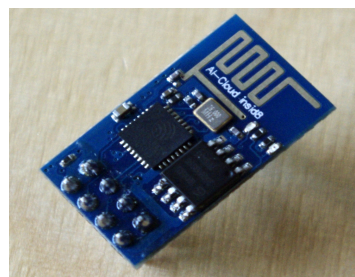


Figura 3 Módulo WiFi Esp8266

Aplicación Móvil en Android

La aplicación Android tiene la responsabilidad de acompañar a sus poseedores durante el proceso de evacuación declarado y también dar soporte en el plan de evacuación incorporando herramientas útiles para la misma y para los roles que que lo necesitan.

La función principal de la aplicación es la de guiar al dispositivo hacia la salida alejándose de el siniestro detectado por el sensor. Para lograr esto se requieren el plano de evacuación y los caminos posibles marcado como aristas entre nodos.

La aplicación provee una forma simple de subir el plano de evacuación, para ello se requiere que un usuario con rol de administración, seleccione el piso y plano de evacuación suba una imagen del plano en formato jpg o png

inclusivo podría subir una foto del piso correspondiente si esta es de buena calidad. Una vez cargado el plano el administrador procede a marcar puntos (a partir de ahora llamados nodos) posibles de circulación.

Con estos nodos la aplicación ya está capacitada para guiar al usuario y lo logra de la siguiente forma, cuando un detector humo se activa y alerta de esto al servidor, este último conoce el nodo al que está relacionado el detector e informa de esto al dispositivo; la aplicación recibe la notificación junto con el nodo en cual se originó el siniestro, detecta la ubicación del usuario con respecto al nodo más cercano y, conociendo cuales son los nodos de salida, calcula cual es la mejor manera de evacuar el establecimiento teniendo en cuenta la posición del usuario y la del siniestro (ver figura 4).

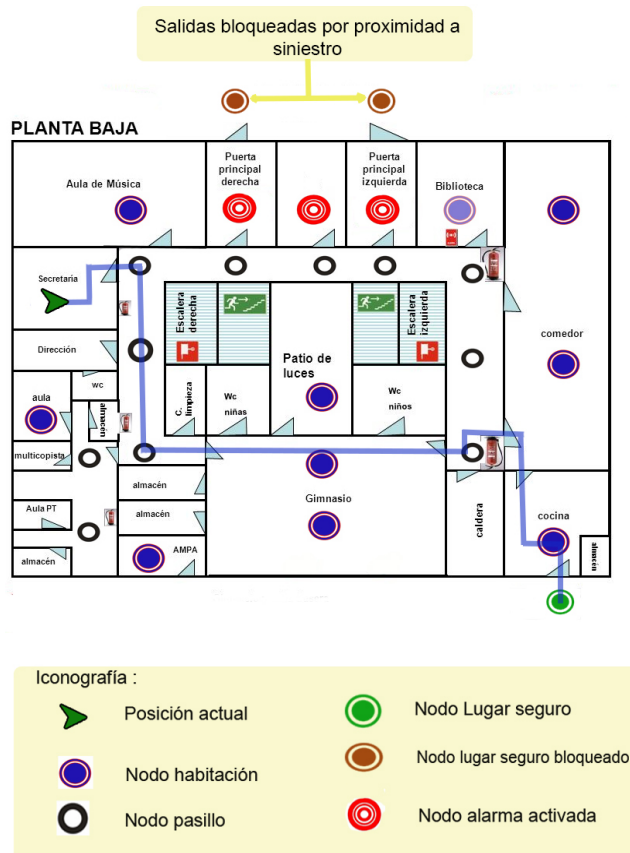


Figura 4 Sistema de Nodos en un plano

Además de esta funcionalidad hay otras características que también incorpora nuestra aplicación para ayudar ante estos incidentes como por ejemplo:

- Ver el plano de evacuación con sus caminos hacia la salida en todo momento.
- Botón para alertar un siniestro y poder declarar un incidente desde la aplicación en caso de que el detector no lo haya informado antes, no se cuente con él en ese sector o no sea un siniestro del tipo incendio.
- Mostrar estado del establecimiento estos pueden ser Reposo, Alerta y Evacuar. Para ello incluye en el diseño de su pantalla principal los colores verde, amarillo y rojo respectivamente, haciendo intuitivo el reconocimiento del estado actual.
- Brindar consejos: cada rol puede

consultar información relevante ante el incidente en todo momento.

- Guiar al siniestro. Al rol de Director de Evacuación y a los miembros del Grupo de Control de Incendios [1], al activarse un sensor puede guiarlos hacia el siniestro ya que es su responsabilidad la de evaluar y tratar de controlarlo o declarar la evacuación.
- Guía audible: una vez trazado el camino de salida para el dispositivo se puede activar un sistema de guía audible que reproduce por medio de Android Speech⁶ los caminos que debe tomar el usuario.
- Consultar la evolución del incendio siempre que el usuario cuente con los permisos necesarios para ello.
- Proveer un acceso rápido a contactos de emergencias y roles del plan de evacuación.

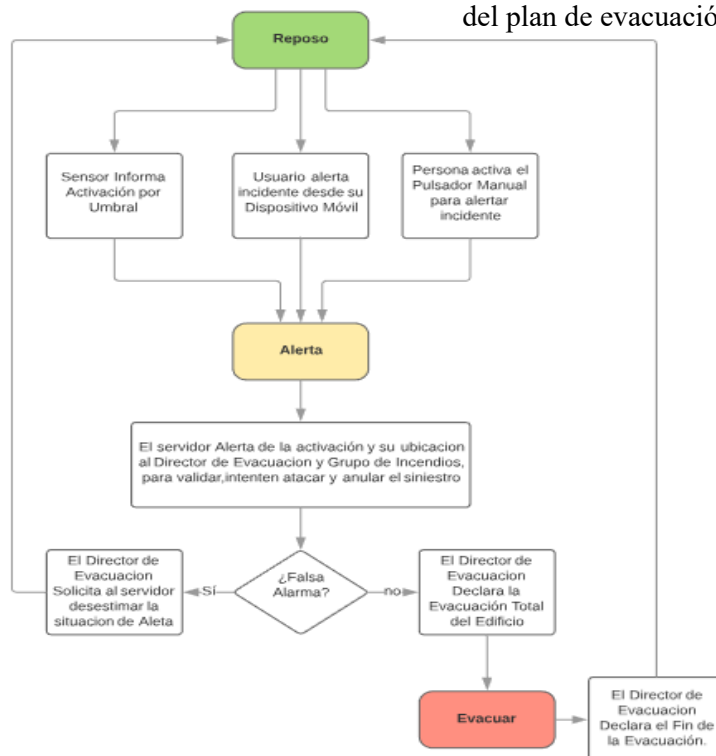


Figura 5: Diagrama de Estados del Sistema

⁶ Android Speech: Api de Android que lee y reproduce textos por los parlantes o auriculares del dispositivo móvil.

Circuito Básico de Activación de Alarma y Evacuación (Figura 5)

En una primera instancia el sistema se encuentra en estado de reposo. Cuando alguno de los sensores conectados a la alarma inteligente detecten alguna anomalía en el ambiente, la alarma informará al servidor indicando el sensor activado y el tipo de siniestro que se detectó. Inmediatamente el sistema pasará al estado de Alerta hasta que el incidente se valide o sea cancelado.

Una vez que el servidor reciba esta información, a fin de verificar la veracidad del potencial incidente, enviará una notificación a las personas que tengan los roles preconfigurados de director de Evacuación, Grupo de Incendio o Jefe de Sector, los cuales podrán ir al lugar donde se detectó el hecho para verificar la veracidad de la alarma, desestimarla en caso de ser una falsa alarma, o bien declarar la evacuación en caso de confirmar, si se opta por declarar la evacuación, se enviará un alerta informando al servidor, el cual pasará al estado de Evacuar.

A partir de ese momento el servidor comenzará a informar a todos los dispositivos móviles registrados el estado de situación, y los nodos donde se registraron los incidentes, a fin de que cada dispositivo pueda calcular el camino óptimo de evacuación o las tareas a realizar dependiendo del rol.

Una vez alcanzada la salida el usuario podrá dar por concluida la evacuación y el servidor dejará de enviarle alertas su dispositivo. (Figura 6)



Figura 6 Circuito básico de evacuación

Respuesta Ante Pérdida de Conectividad o de señal del dispositivo.

Al descargar la aplicación móvil, el usuario obtiene los planos del edificio, los mismos quedan disponibles en el dispositivo para ser visualizados sin necesidad de comunicarse con el servidor. También se persisten las rutas y los nodos cargados por el administrador. Si por no tener conexión con el servidor, el dispositivo no informa al usuario de la necesidad de evacuar el edificio, el usuario escuchará el sonido de la alarma inteligente y podrá solicitar manualmente que lo guíe hacia la salida más cercana, aunque no contará con la información actualizada de los puntos comprometidos podrá ir marcándolos para que el dispositivo recalculé una nueva ruta. Cuando recupere conexión con el servidor, el dispositivo informará aquellos nodos marcados como bloqueados, para que el mismo los registre y distribuya a los demás dispositivos. Esta situación puede darse frecuentemente dentro de un inmueble, debido a que uno de los primeros pasos en caso de incendio cuenta con la indicación de cortar la energía eléctrica, En tal caso el usuario podría perder conexión con internet.

En caso de usar una red wifi interna, se podría recomendar que la misma sea instalada con una red de contingencia electrónica que le permita continuar funcionando luego del corte de energía.

En el caso de que la señal de localización interna no resulte adecuada, el usuario puede corregirla informando su ubicación para que el dispositivo recalculé un nuevo mejor camino, si además no detecta cuando el usuario recorre este camino, puede ir marcando su siguiente ubicación para oír o visualizar las siguientes instrucciones.

Entonces; en caso de pérdida conexión con el server:

Antes del o al inicio del siniestro la aplicación cuenta con el plano y los caminos puede calcular el camino de salida pero no sabe dónde se produjo el siniestro;

Si la conexión se pierde después de detectar el siniestro todos los dispositivos saben cuál la habitación resultó perjudicada pero no saben si se canceló o se decretó la evacuación, de todas formas, al solicitar que muestre la salida, van a obtener la óptima para ese siniestro detectado, pudiendo no obtener los datos de propagación consecuentes;

Si la conexión se pierde después de haberse decretado la evacuación solo no contemplará la evolución del siniestro.

En cualquiera de estos casos el dispositivo posee la autonomía suficiente como para ir corrigiendo las rutas según la información que brinde el usuario.

Trabajos Relacionados

Nuestra investigación acerca de Alarmas Anti-Incendios Inteligentes, nos ha arrojado resultados muy diversos y con avances dispares pero algunos realmente sorprendentes, aún así hemos visto que aquellos que incorporan una aplicación móvil para controlarlos y desactivar falsas alarmas se tratan más bien de equipos hogareños destinados simplemente a alertar posibles incidentes y no para acompañar a todas las personas dentro de un inmueble de grandes estructuras. Por otro lado, aquellos sistemas avanzados destinados a grandes inmuebles y que permiten controlar el mecanismo desde una central, distinguir qué sensores y/o actuadores se activaron, en qué momento preciso y cuanto tiempo estuvieron activos, no se integran a un dispositivo móvil o a cada persona dentro del establecimiento y, del mismo modo que las anteriores, se limitan al control del Sistema de Alarma sin dar servicio al Plan de Evacuación. Existen hoy día muchas empresas que se dedican al servicio de

instalación de alarmas anti-incendio que además prestan servicios de armado de Plan de Evacuación y Seguridad e Higiene, dando de alguna manera un servicio más integrado y completo, pero en ellas siempre el Sistema de Alarma se maneja por un camino de instalación y capacitación en el uso y control, mientras el armado Plan de Evacuación se incorpora como un servicio adicional, relacionado a la instalación de la alarma ya que el procedimiento se activa cuando ésta comienza a sonar, pero independiente en cuanto a su ejecución y mantenimiento.

No hemos encontrado información sobre algún sistema integrado que dé soporte al Plan de Evacuación y a los roles que éste nos sugiere. Por otra parte, la tecnología de ubicación interna por medio de Wifi (Wifi Indoor Location)[3] ha sido lanzada este año, por lo tanto existen pocos proyectos desarrollados con ella, la mayoría destinados a la ubicación de locales dentro de un shopping, brindando un servicio netamente comercial.

Conclusión y Trabajos Futuros

FastWay se presenta como un producto único en su rubro, que integra Sistema de Alarma Anti-Incendio Inteligente, Servidor Web y Aplicación Móvil para prestar asistencia a las personas en el proceso de Evacuación, guiándolas hacia la mejor salida, brindando información que pueda utilizarse a modo de capacitación ante situaciones de emergencia y consejos sobre cómo actuar en cada caso y proveyendo un sistema que permita controlar tanto al siniestro como al proceso de evacuación y a las personas.

En cuanto al sistema de detección de incendios inteligente, el mismo se trata de un prototipo Arduino compuesto por Sensores de Humo y Gases y Pulsador de Activación Manual, con la finalidad de simular los detectores actuales agregando la capacidad de conectarse con el servidor. Una clara limitación actual es necesidad

de conexión a internet para su funcionamiento principal y el costo del producto sobre los sistemas actuales. A futuro nuestro sistema puede incorporar la capacidad de analizar la magnitud del fuego enviando un reporte más detallado al servidor.

El servidor puede ejecutarse sobre Mac, Linux y Windows, los servicios que brinda a la fecha se vieron limitados por el tiempo de desarrollo que nos dejó las fechas demandadas por la cátedra atados a nuestra planificación del proyecto de manera de cumplir con objetivos alcanzables. Aún así permite la incorporación de mejoras de manera iterativa haciéndolo poco a poco más robusto y agregando más y más contenido para capacitaciones, simulacros, situaciones de emergencia y permitiendo una mejor adaptabilidad a los distintos Planes de Evacuación ya existentes en muchos establecimientos. Una mejora relevante a futuro prevé un análisis de concurrencia hacia los nodos para actualizar sus pesos (costos) en tiempo real de manera de balancear la carga de los mismos, evitando que muchas personas se dirijan hacia la misma puerta de salida habiendo otras disponibles, reduciendo las obstrucciones y congestiones en puntos clave.

Al desarrollar la Aplicación Móvil se consideró utilizar las nuevas tecnologías de localización interna por medio del protocolo Wifi 802.11mc[3] lanzado por Google para Android Pie este año, el cual Requiere de una inversión elevada a cambio de obtener una precisión de localización de 1 a 2 metros radial[4], vital para una localización interna. Pero debido a su elevado costo y la poca madurez del mismo se optó por utilizar la tecnología GPS con una precisión de 2 y 6 metros radial[5] pudiendo variar aún más dependiendo de las limitaciones de cada dispositivo móvil. Previendo que ésta precisión pudiera ser poco satisfactoria se incorporó una opción que permite un

rápido reposicionamiento por medio de una indicación táctil para recalculer el camino a la salida desde la ubicación indicada. En un futuro, se reemplazará la localización GPS por la tecnología de localización interna Wifi Round Trip Time (RTT)[3] para obtener una mayor precisión, también se incorporará realidad aumentada para guiar hacia la salida y la posibilidad de que ciertos roles puedan ver en tiempo real la ubicación y el estado de cada dispositivo dentro del establecimiento durante el proceso de evacuación.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional de la Matanza por su esfuerzo y dedicación para con nuestra formación, A los profesores de la cátedra Proyecto Fin de Carrera por el impulso que dieron para que transformemos en una realidad esta idea de proyecto que el grupo tenía a comienzos de año. A nuestras familias por la paciencia y ánimos para avanzar.

Referencias

- [1] Confección de Planes de Evacuación, 4ta. Edición, Abril 2011, Ing. Néstor Adolfo BOTTA. Red Proteger (www.redproteger.com.ar) http://proteger.com.ar/editorialredproteger/serieemergencia/39_Confeccion_Planes_Evacuacion_4a_edicion_Abril2011.pdf
- [2] Especificaciones técnicas del “MQ-2 Sensor de Gas” según tienda online geekfactory de México: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/mq-2-sensor-de-gas/>
- [3] Especificaciones técnicas del Wi-Fi RTT (IEEE 802.11mc) según source.android.com: <https://source.android.com/devices/tech/connect/wi-fi-rtt>

[4] Datos de precisión Wifi RTT según nota “Indoor positioning with Wi-Fi RTT” en el blog de la compañía Virtual Dedos:

<https://www.virtualdedos.com/indoor-positioning-with-wi-fi-rtt>

Para más información sobre cómo lograr éste nivel de precisión interna, también puede verse el siguiente video.

“How to get one-meter location-accuracy from Android devices (Google I/O '18)”, del Canal Android Developers en Youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=vywGgSrGODU>

[5] Datos de precisión GPS según “GPS.GOV”. “U.S., Official U.S. government information about the Global Positioning System (GPS) and related topics”:

<https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>

Datos de Contacto:

Matías Alonso. Universidad Nacional de La Matanza. Brandsen 2368, Ramos Mejía, Buenos Aires, CP 1704. mati3489@gmail.com

Leonardo Andrade. Universidad Nacional de La Matanza. Montañeses 4318 1er. piso San Justo, Buenos Aires, CP 1754. leoakd@gmail.com

Nicolás Monzón. Universidad Nacional de La Matanza. Florencio Varela 1903, Buenos Aires, CP 1754. nicolasmonzon0@gmail.com

Martín Ramírez. Universidad Nacional de La Matanza. Jorge Newbery 314, Buenos Aires, CP 1765. martindesanalberto@gmail.com

Gabriel Rolón Benitez. Universidad Nacional de La Matanza. Tomás Jufre 5032, Isidro Casanova, Buenos Aires, CP 1765. rolon.gabriel@live.com

BANDS

Aplicación para la difusión de contenido de artistas independientes

**Betetto, Franco – González, Martín – Monzo, Martín – Muñoz Patiño,
Mercedes – Sozzi, Bianca**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

Abstract

Este artículo presenta el proyecto elegido por los autores como proyecto final de carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. Se trata de una solución para los músicos que recién comienzan su camino en el rubro y que, de acuerdo con el relevamiento realizado, no cuentan con una herramienta de software y comunicación realmente adaptada a sus necesidades.

La solución se trata de una aplicación mobile para la plataforma Android [1]. Esta aplicación categoriza a sus usuarios en dos grandes grupos: Fans y artistas. Los artistas pueden compartir contenido multimedia de su autoría y difundirlo, junto con los eventos que realizan. Además, pueden conformar bandas dentro de la app y gestionar su contenido. A su vez, los usuarios categorizados como fans pueden seguir a estos artistas, disfrutar de su contenido y mantenerse al tanto de los próximos eventos. El sistema implementa diversas tecnologías de desarrollo, entre las cuales se pueden mencionar geolocalización, streaming, sincronización de datos con la nube y autenticación de usuarios a través de Google.

Esta aplicación permite a los artistas locales difundir su arte en un medio fiable, sencillo, económico y al alcance de todos. Se busca que logren una exitosa difusión de su contenido y su principal objetivo de ser reconocidos más allá de las fronteras locales.

Palabras Clave

Aplicación para artistas y fans– Reproducción por Streaming – Búsqueda por geolocalización – Difusión audiovisual.

Introducción

Esta propuesta de desarrollo surge al conocer, desde experiencias cercanas, las dificultades de inserción en el mundo de la música para nuevos artistas. El deseo de todo músico es que su contenido sea escuchado, conocido y que la gente se sienta identificada con aquello que está sonando, pero a veces, esta tarea puede convertirse en un trabajo muy complicado.

Por lo tanto, el propósito de BANDS es ser la aplicación desarrollada para los músicos y los fanáticos de la música, cualquiera sea su estilo.

El sistema dispone de una base de datos con toda la información acerca de artistas independientes, que desean difundir su contenido, más allá de las fronteras locales. Cada uno de ellos está identificado por región, y cada usuario de la aplicación puede recorrer desde su dispositivo móvil, cualquier parte del mundo para conocer los grupos o solistas que allí se encuentran. La base de la aplicación es la participación activa de los usuarios, ya que cada artista decide qué contenido quiere publicar a través de ella. Los usuarios pueden seguirlos y convertirse en “fans”, y así recibir toda la información actualizada.

Desarrollo

Relevamiento

Dado el rubro en el que se desenvuelve la aplicación, el relevamiento no pudo realizarse en un entorno empresarial. Para lograr un desarrollo óptimo, se analizaron sistemas que ya implementan las tecnologías antes mencionadas. El objetivo fue identificar sus fortalezas, debilidades, problemas y necesidades, para integrar todo en un sistema novedoso, que el usuario pueda personalizar, de acuerdo a sus preferencias y, lo más importante, que cumpla con su objetivo principal de facilitar la difusión de nuevos contenidos.

Las aplicaciones existentes relevadas fueron: Spotify [2], YouTube [3], SoundCloud [4] y ReverbNation [5]. A modo de conclusión, las necesidades y problemáticas encontradas fueron las siguientes:

- Poca orientación a artistas poco conocidos.
- Difícil descubrimiento de artistas clasificados por zona geográfica.

- Falta de reportes y estadísticas acerca del comportamiento de los oyentes para los artistas.
- Excesiva publicidad.

Adicionalmente, para obtener una perspectiva más clara de la problemática sobre la cual se basó el desarrollo de la aplicación, se difundió una encuesta y se solicitó a algunos músicos locales que la respondieran. El objetivo de la encuesta fue justificar el desarrollo de la aplicación desde el punto de vista de los usuarios finales, es decir, los mismos músicos. Se buscó que ellos pudieran expresar sus necesidades y preocupaciones al momento de difundir su contenido de forma de diseñar un sistema capaz de satisfacer esos requisitos de la mejor manera posible. Se llegó a la conclusión de que, para estos artistas, el ingreso y permanencia en este medio ha sido y sigue siendo difícil.

De esta forma, el problema podría resumirse en la siguiente pregunta: ***“¿Cómo facilitar el proceso de inserción en el rubro de la música y la difusión de contenido?”***

Por otro lado, las expectativas relevadas fueron las siguientes:

- Incorporar fechas de shows, estreno de canciones, videoclips, novedades de la banda.
- Que sea gratuita y que no ocupe demasiado espacio en memoria.
- Poder alcanzar a más oyentes y personas que luego asistan a los recitales.
- División por género musical.
- Conocerse entre la gente del rubro.
- Recordatorios y acceso a mapas.
- Acceso sencillo a la información detallada de la banda.

Diseño

La aplicación se encuentra dividida en 7 módulos, los cuales se detallan a continuación.

Módulo N° 1: Multimedia

Este módulo se encarga de la administración del contenido multimedia compartido por los artistas y de permitir la reproducción y

visualización de dicho contenido. El modelo de CU está formado por: ABM Album, ABM Multimedia y Reproducir Multimedia.

Módulo N° 2: Perfiles

Este módulo trata los cuatro tipos de perfiles diferentes que permite la app, que son: fan, artista, bandas (como conjunto de artistas) y administrador del sistema. Todos los perfiles mencionados están representados mediante un actor que hereda de un “Usuario” principal que es quien tiene la funcionalidad de iniciar y cerrar sesión y navegar entre los distintos perfiles.

Las funcionalidades principales para fans y artistas son:

- **Fan**: Visualizar Evento, Agendar Evento, Quitar Evento de la agenda, Consultar Ranking, Agregar o quitar favorito y ABM Comentario sobre Eventos y Multimedia.
- **Artista**: ABM Banda, ABM Multimedia, ABM Album, Generar Reportes y Enviar Mensaje de Difusión (para comunicación con sus seguidores).

La funcionalidad del administrador del sistema se detalla en la sección Módulo N° 7 Administración y Seguridad.

Módulo N° 3: Eventos

En este módulo se gestionan los eventos de los artistas o bandas. Esto implica, su creación, modificación de datos, participantes, estado. A su vez, es el que permitirá a los fans acceder a los eventos de los artistas a los que sigue. El MCU de este módulo está formado por: ABM Evento, Confirmar Evento, Desconfirmar Evento, Aceptar Participación Evento, Rechazar Participación Evento y Cancelar Participación evento.

Módulo N° 4: Estadísticas

Brinda a los artistas información detallada sobre el comportamiento de los fans, es decir, sus seguidores respecto al contenido difundido en un periodo de tiempo

establecido. Las funcionalidades son: Generar Ranking de Artistas, Generar Reporte de Banda, Generar Reporte de Eventos, Generar Reporte de Multimedia.

Módulo N° 5: Comunicación

Es el módulo que contiene la funcionalidad que les permitirá a los artistas comunicarse con sus seguidores, a través de mensajes de difusión, y a sus seguidores conocer las novedades. A su vez, éstos últimos podrán calificar y realizar comentarios sobre los diversos contenidos. El MCU está formado por:

- Del lado del artista: Enviar Mensaje de Difusión, Visualizar Notificaciones, Bloquear y Desbloquear Usuario
- Del lado del usuario: Seguir y Dejar de seguir Banda, Visualizar Mensaje de Difusión, Silenciar y Cancelar silencio de Notificaciones de Banda, y Compartir contenido en Redes Sociales.

Módulo N° 6: Búsqueda

El módulo de búsqueda da lugar a los usuarios a encontrar artistas utilizando diversos filtros como género, año, nombre, zona. A su vez, incluye un ranking de artistas más populares, que son tendencia por zona geográfica. Los CU de este módulo son: Consultar Ranking, Descubrir Bandas por Geolocalización y Realizar búsqueda.

Módulo N° 7: Administración y Seguridad

Se incluye manejo de roles, permisos, limitaciones por rol, y manejo de entidades del sistema en la base de datos.

Modelado de Entidades

En la figura N° 2¹ se puede observar un modelo de dominio reducido que representa el modelado de entidades del sistema.

Implementación

Las tecnologías utilizadas para el desarrollo de la aplicación fueron:

- *Android Studio* [6], como IDE para desarrollo.
- *Kotlin* [7], como lenguaje de programación para el desarrollo de la aplicación.
- *Firebase Real Time DataBase* [8], como motor de Base de Datos y para implementación de Streaming.
- *Discord* [9], para llevar a cabo reuniones de grupo.
- *WhatsApp* [10], para comunicación continua entre los integrantes del equipo.
- *Trello* [11], como herramienta de administración de proyecto y control de seguimiento.
- *Google Drive* [12], para la gestión de versionado en archivos de texto que documenten el trabajo realizado.
- *Google Docs* [13], para llevar a cabo la documentación del sistema.
- *Gitlab* [14], plataforma basada en git para la gestión de versionado del código.
- *Project* [15], como software para elaborar diagramas de Gantt y realizar la documentación de la planificación de tiempos.

Metodología de trabajo para utilizar GIT

Se creó una rama Develop que contiene la integración de todas las funcionalidades.

A su vez, por cada fragmento de funcionalidad de la aplicación se generó una rama que luego fue integrada a la develop. La versión estable fue pasada a la rama Master para ser utilizada en la puesta del sistema en producción.

Estructura del proyecto en AndroidStudio

El proyecto en AndroidStudio se estructuró de forma de dividir las funcionalidades implementadas por módulo – modules –. Se incluyó además una sección para tratar las entidades del sistema que luego fueron persistidas en la base de datos – clasesEntity –, y una sección que tratara las entidades lógicas que manejaran la conexión con la base de datos – clasesLogic –. La carpeta manifest contiene el archivo manifest del proyecto, que contiene la declaración de las

¹ Por cuestiones de tamaño, la figura se encuentra al final del documento

“Activities” de Android a utilizar y los permisos requeridos para la ejecución de la aplicación en el dispositivo móvil. La sección de Gradle Scripts contiene los archivos .gradle, con la configuración de librerías y módulos de Android que se importan para incorporar funcionalidades. Todo lo antes mencionado puede observarse en la figura N° 3.

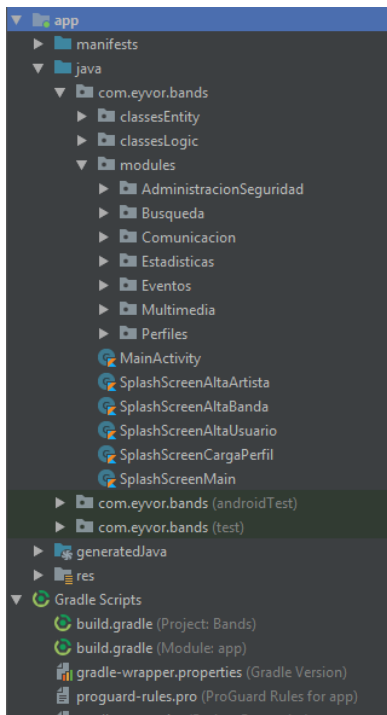


Figura N° 3 – Estructura del código

Resultados

Los resultados obtenidos hasta el momento han sido satisfactorios. Se logró desarrollar un primer prototipo completamente funcional del sistema planteado. Respetando una metodología de trabajo tradicional, tras realizar el relevamiento y diseño del sistema ha sido posible avanzar sin mayores inconvenientes.

Algunas de las pantallas de la aplicación desarrollada son las siguientes:

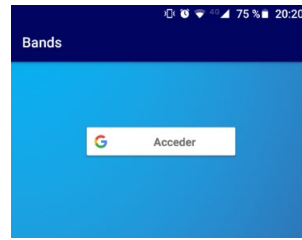


Figura N° 4 – Inicio de Sesión

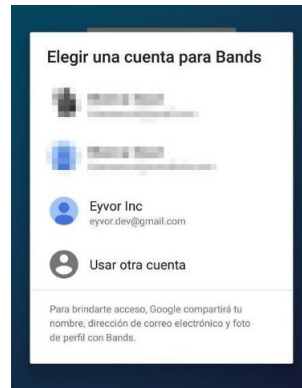


Figura N° 5: Seleccionar Cuenta para Iniciar Sesión

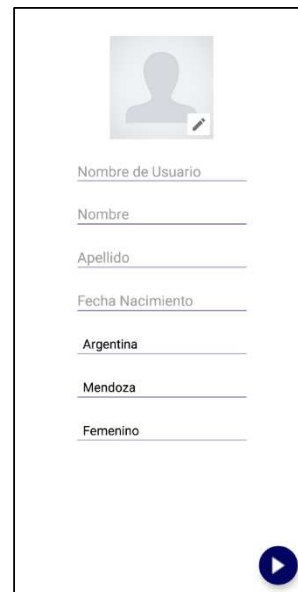


Figura N° 6: Formulario de creación de usuario

CONAISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

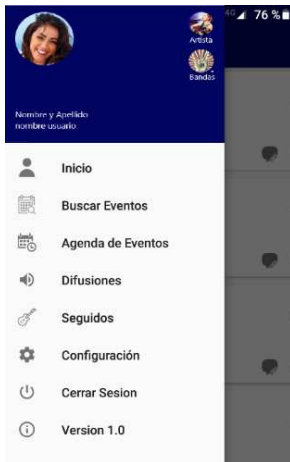


Figura N° 7: Menú de opciones para el usuario Fan

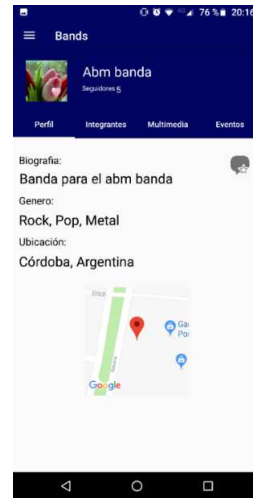


Figura N° 10: Visualización del perfil de artista/banda

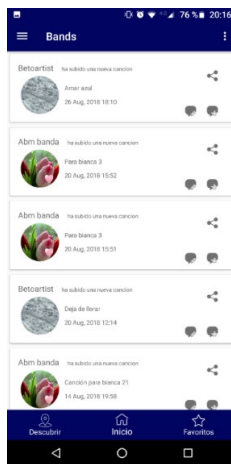


Figura N° 8: Pantalla de Inicio para el usuario Fan – Vista de contenido multimedia de artistas seguidos

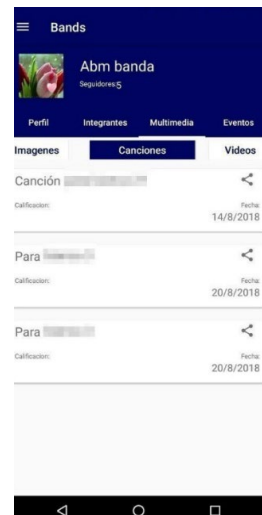


Figura N° 11: Visualización del perfil de artista/banda – Contenido multimedia

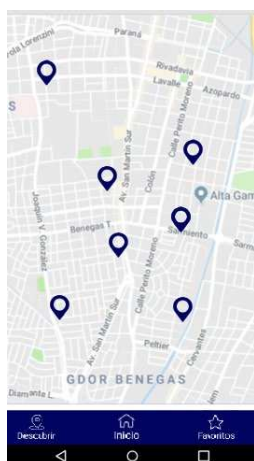


Figura N° 9: Descubrimiento de artistas por geolocalización

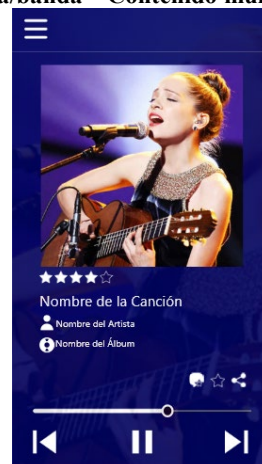


Figura N° 12: Reproducción de contenido multimedia

Conclusión y Trabajos Futuros

Creemos que el desarrollo ha sido altamente satisfactorio. Ha incrementado en gran medida la experiencia de los integrantes del equipo y nos ha enseñado a trabajar de forma más cercana a la realidad. El hecho de utilizar tecnologías que se encuentran en su auge de utilización para el desarrollo, la documentación oficial y extra oficial disponible ha facilitado en gran medida el proceso de desarrollo, disminuyendo el impacto de los problemas al ser posible encontrar una solución de manera más rápida.

Como trabajo pendiente es posible enlistar planificar la difusión de la app en el rubro, preparar el servidor para soportar múltiples usuarios simultáneos y su carga de datos correspondiente y preparar la publicación de la aplicación en el Play Store según los estándares exigidos.

Agradecimientos

A la cátedra de Proyecto Final de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, por el acompañamiento y asesoramiento durante el proceso de desarrollo.

Referencias

- [1] Android - <https://www.android.com/>
- [2] Spotify - <https://www.spotify.com/ar/>
- [3] Youtube - <https://www.youtube.com/>
- [4] SoundCloud - <https://soundcloud.com>
- [5] ReverbNation - <https://www.reverbnation.com/>
- [6] Android Studio IDE - <https://developer.android.com/studio/>
- [7] Kotlin Programming Language - <https://kotlinlang.org/>
- [8] Firebase Realtime Database - <https://firebase.google.com/docs/database/?hl=es-419>
- [9] Discord - <https://discordapp.com/>
- [10] Whatsapp - <https://www.whatsapp.com/>
- [11] Trello - <https://trello.com/1>
- [12] Google Drive - https://www.google.com/intl/es_ALL/drive/
- [13] Google Docs - https://www.google.com/intl/es_AR/docs/about/
- [14] GitLab - <https://about.gitlab.com/>
- [15] Microsoft Project - <https://products.office.com/es-ar/project/project-and-portfolio-management-software>

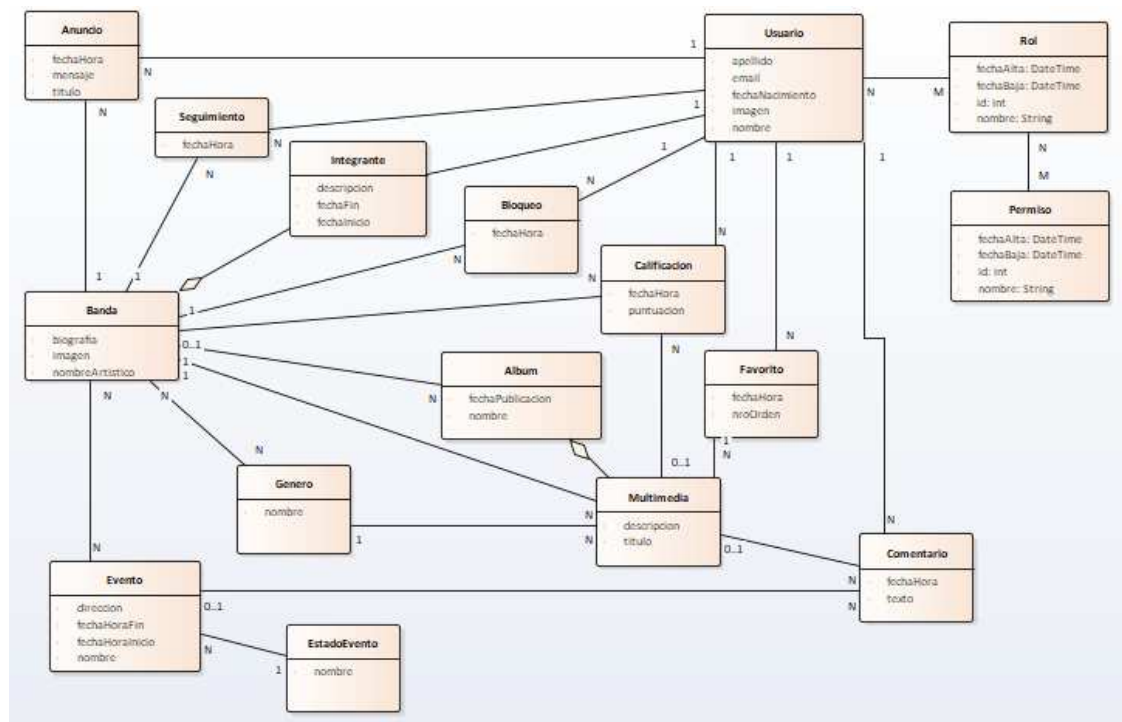


Figura N° 2 – Modelado de entidades del sistema

Modelado y diseño de dispositivo integrado para la alimentación e interacción remota y el cuidado de las mascotas.

Abstract

El objetivo de esta investigación consiste en la explicación detallada del modelado y diseño de una solución tecnológica que permitirá gestionar la alimentación y salud de una mascota hogareña de manera remota, permitiendo realizar distintas actividades y controles afines a su cuidado. Este producto, de ahora en más PetCare, está compuesto por dos módulos principales: Una aplicación móvil y un dispositivo alimentador, diseñados con sensores, cámara de foto/video y circuitos mecánicos que efectúan en conjunto la entrega de alimento, control de niveles de agua, acercamiento de la mascota, video y audios en vivo y se comunican directamente con la aplicación.

Palabras Clave

Alimentador de mascota, nutrición, Internet de las cosas, Cuidado de las mascotas, Raspberry pi, Androir, IoT, WebRTC, PetCare, Mascotas.

Introducción

Hoy en día, la ocupación de tiempo que tenemos las personas en nuestros trabajos, estudios y resto de actividades cotidianas hace que a la hora de querer adoptar una mascota muchas veces terminemos desistiendo debido al no poder darle la atención que se requiere, sobretodo en sus primeros meses de vida. Desde la necesidad de alimentarlos varias veces al día, verificar la suficiente cantidad de agua que le proveemos, hasta la logística involucra poder irnos de viaje ya que debemos dejar en guardia la mascota con algún familiar o llevárnosla con nosotros a nuestras vacaciones, todo esto nos implica permanecer dentro del hogar un gran porcentaje del día y es imposible para la mayoría de las personas.

En el mercado, se pueden encontrar productos que intentan solucionar parcialmente estos problemas pero que nos demandarían adquirir y gestionar múltiples

dispositivos distintos y sus respectivas aplicaciones, involucrándonos en otro engorroso problema.

El objetivo de este desarrollo es la realización de un Sistema tecnológico-informático que unifique y automatice todos los cuidados necesarios de nuestras mascotas, en un único producto, y de manera simple, fácil, entretenida y con la gran ventaja de hacerlo de manera remota.

1. Sobre PetCare

PetCare es una solución basada en un sistema informático orientado al bienestar de las mascotas, simplificando el cuidado de las mismas, principalmente su alimentación. La propuesta cuenta con tres pilares: Nutrición, Cuidado e Interacción audiovisual.

Dicho sistema está conformado por un dispositivo físico (PetCare) y una aplicación móvil que interactúan entre sí sinérgicamente para poder llevar a cabo el objetivo del producto: Alimentar, cuidar y monitorear a la mascota.

El componente físico (PetCare) está compuesto por un entregador de alimento balanceado y un entregador de agua, abastecidos por un depósito (Almacén) y un tanque almacenador de agua respectivamente los cuales son monitorizados y envían notificaciones a la aplicación móvil asociada al dispositivo físico PetCare.

A su vez, PetCare cuenta con una cámara fotográfica que permite tomar fotos y grabar videos multimedia, integrada con un parlante para reproducir sonidos enviados desde la aplicación móvil al dispositivo PetCare.

El PetCare integra todos estos componentes y gestiona la comunicación hacia la

aplicación móvil mediante un microcontrolador (Raspberry Pi). Este último además se encargará de controlar el funcionamiento de los diferentes componentes de Hardware (motor, cámara, transductores de proximidad, etc).

2. Alcance Funcional de la solución

El siguiente listado detalla a continuación las unidades funcionales con los que estará conformado cada uno de los tres pilares del cuidado de la mascota y las configuraciones necesarias para armonizarlos. En la figura 1 se puede detallar el diagrama de casos de usos que relaciona todos los alcances funcionales definidos a continuación.

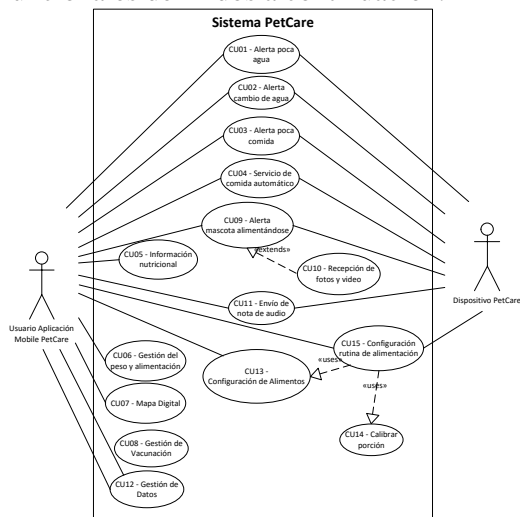


Figura 1 – Diagrama de Casos de uso

Nutrición

- Proveer agua a la mascota a través de un contenedor: A través de un recipiente contenedor de agua se proveerá a la mascota de líquido para su consumo. Se abastecerá de agua al dispositivo a través de una botella de almacén de agua la cual verterá en un contenedor de servicio a la mascota el agua automáticamente hasta un cierto nivel dependiendo de la diferencia de presión atmosférica entre el contenedor y la botella almacenadora.
- Informar cuando el contenedor de agua esté cerca de vaciarse: A través de un flotador colocado a lo largo de la botella almacenadora podrá detectarse cuando el

agua se acerque a las tres cuartas partes de consumida.

En ese momento enviará a la aplicación móvil una notificación para informar la situación al usuario.

- Informar al usuario si el agua permaneció en el contenedor más del tiempo recomendable: A partir del seteo desde la configuración de la aplicación móvil de un tiempo prudente de almacenamiento de agua en el contenedor sin renovación, el dispositivo detectará hace cuánto tiempo no se detecta niveles inferiores en la botella almacenadora de agua y si supera ese seteo, se notificará mediante la aplicación.
- Informar cuando el almacén de comida esté por vaciarse y deba ser recargado: Mediante un transductor de distancia colocado en el interior del almacén de alimento balanceado que medirá la distancia al punto de liberación de alimentación hacia el contenedor, PetCare podrá detectar en qué momento quedan pocas unidades del alimento y disparará una alerta a la aplicación móvil informando faltante de comida en almacén para su recomendable abastecimiento.
- Proveer comida al contenedor de forma automática y manual: Se podrá configurar una rutina de alimentación automática que funcionará través de un mecanismo y una serie de parámetros preconfigurados.
- Obtener información nutricional de la mascota y poder hacer un seguimiento a través de su alimentación: se podrá seleccionar una franja temporal (ingresando fecha de inicio y fecha de fin en DD/MM/AAAA) o podrá seleccionar uno de los productos alimenticios precargados y el análisis mostrará según corresponda la información nutricional de lo ingerido por la mascota.
- Análisis de la evolución del peso del animal y la cantidad de alimento ingerido: el usuario tendrá la posibilidad de ingresar diariamente el peso de la mascota, o en su defecto ingresar tuplas de datos conformadas por el peso en kilogramos y la fecha del pesaje.

En caso que el usuario registre periódicamente el peso de la mascota, podrá obtener un análisis de la evolución del peso del animal junto con la cantidad en kilogramos de alimento ingerido y la marca del alimento balanceado que consumió durante cada período.

Cuidado

- Mostrar mapa con centros de veterinaria y tiendas de mascotas (Pet Shops) en la cercanía: se redirigirá al mapa de google con los locales de la selección en donde adicional a la posibilidad de conocer su localización, se podrán acceder a las puntuaciones de la comunidad de google de cada uno de estos locales y el horario de apertura para su atención.
- Plan y registro de vacunación de la mascota: contará con un calendario de vacunación que permitirá armar el plan de vacunas a aplicar a la mascota en los siguientes meses/años de vida. La aplicación disparará alertas teniendo en cuenta la planificación de las vacunas siempre y cuando este registro no haya sido completado mediante el campo “Check de vacuna ya brindada”.

Interacción

- Alerta de mascota alimentándose: A través de un transductor de movimiento PetCare indicará cuando la mascota esté próxima al dispositivo con el objetivo de alimentarse
- Recepción de fotos y videos de la mascota: el usuario de la aplicación móvil podrá acceder a demanda a la cámara fotográfica para la obtención de captura de fotos o reproducción en streaming de videos de la situación actual alrededor del PetCare con la posibilidad de monitorizar en vivo a su mascota.
- Envío de mensajes de audio a la mascota: momento el usuario de la aplicación móvil podrá grabar un mensaje de voz desde la aplicación móvil y enviarlo instantáneamente para su reproducción en los parlantes del PetCare.

Configuración

- Configuración inicial del PetCare: permitirá conectar el dispositivo a la red Wifi del hogar y vincularla con la aplicación móvil.
- Configuración datos de la mascota: estará indicado para el uso de una única mascota a fines de poder controlar a partir del consumo de alimento y agua el estado nutricional de la misma, permitirá ingresar: tipo de mascota (perro,gato), nombre de la mascota, Foto, raza, edad inicial, fecha de nacimiento, peso, altura inicial, alimento inicial.
- Configuración de Alimentos: permitirá desde la aplicación móvil el agregado, edición y eliminado de distintos productos alimenticios relacionados a la mascota: Marca, producto, Proteína, Grasas , Carbohidratos, Fibra, Fibra Dietética, Humedad Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio, Magnesio, Ácido Graso omega-3, Ácido Graso omega-6, Taurina , L-Carnitina, L-Lisina, Vitamina A10, Vitamina D10, Vitamina E10, Vitamina E10, Beta-Caroneto, Energía Metabolizable.
- Calibrar peso de porción de alimentación: Con el fin de identificar la cantidad de gramos a servir a la mascota por cada ejecución de la rutina de alimentación, la configuración de la aplicación móvil contará con un algoritmo breve que permitirá identificar por porción la cantidad de gramos a servir.
- Configuración rutina de alimentación: A partir del seteo de la rutina de alimentación desde la aplicación móvil que posee los parámetros de cantidad y periodicidad de entrega de alimento, PetCare proveerá de manera automática comida al contenedor para que la mascota pueda alimentarse.

3. Componentes e integración del diseño

A continuación se detalla la estructura de componentes del dispositivo PetCare y la interrelación mecánica entre ellas para poder ejecutar las funcionalidades el producto descriptas anteriormente en este documento.

Componentes electrónicos

○ Transductores:

Medidor de Comida (ping): Encargado de detectar el nivel de alimento que posee el almacén en ese momento.

Flotador: Encargado de detectar cuando el nivel de agua es inferior a un punto estipulado (tres cuartas partes de la longitud del vaso contenedor).

Detector de movimiento (Sensor Infrarrojo): Encargado de detectar cuando el animal se esté alimentando.

○ **Motor paso a paso:** Encargado de accionar el mecanismo para servir el alimento.

○ **Parlante:** Encargado de reproducir los audios que envía el usuario.

○ **Cámara:** Encargado de filmar y tomar fotos a la mascota.

○ **Botones accionadores:** Permitirán de manera analógica tomar acciones inmediatas desde el dispositivo PetCare.

Pausa: Suspende hasta nueva pulsación o directiva desde la aplicación móvil la rutina de alimentación seteada.

Alimentación manual: Mientras esté pulsado este botón el dispositivo servirá porciones del alimento. Estas porciones se seguirán contabilizando para la información nutricional de la mascota siempre y cuando esté calibrado el alimento cargado.

Reset de fábrica: Borra toda la información desde el comienzo de uso de la aplicación y queda listo para ser nuevamente configurado desde la aplicación móvil.

○ **Leds:** Alimentación dispositivo: Indica si el dispositivo PetCare está conectado a la corriente eléctrica.

Pausa: Indica si está suspendida la rutina de alimentación configurado desde la aplicación móvil.

Tira de Leds alimentación: indica el nivel de alimento que posee el almacén en ese momento.

○ **Raspberry Pi:** Microprocesador encargado de interconectar todos los componentes de hardware y permitirá enviar y recibir datos con la aplicación móvil.

○ **Fuente de alimentación:** Encargado de brindar energía eléctrica a la Raspberry Pi y a todos los componentes del PetCare.

Componentes no electrónicos

○ **Almacén de alimento:** Tambor de comida donde se almacenará el alimento para servirse posteriormente.

○ **Tapa superior alimentación:** Permitirá el acceso al llenado del almacén de alimento.

○ **Plato Contenedor alimento:** Contenedor de alimento de donde se alimentará la mascota. Puede ser removible y reemplazado por otro.

○ **Rampa:** Superficie inclinada que trasladará el alimento al plato contenedor de alimento.

○ **Rueda:** Se encuentra entre el almacén de alimento y la rampa. Al girar se dejará caer una porción de alimento del almacén de alimento a la rampa.

○ **Plato contenedor agua:** Contenedor de agua de donde se hidratará la mascota. Puede ser removible y reemplazado por otro.

○ **Botella almacenadora de agua:** Envase de agua donde se almacenará el mismo para servirse posteriormente a medida que el plato contenedor de agua se vacía.

○ **Tapa superior del depósito de agua:** Permitirá el llenado del depósito de agua y contendrá el sistema de medición del nivel de agua.

Funcionamiento de Mecanismos

○ Mecanismo de Alimentación

Sistema medidor de alimento en almacén: La tapa superior de alimentación tendrá un ping encargado el cual emitirá una radiofrecuencia y calculará el tiempo de rebote de la misma y en función de eso calculará la distancia. Esta distancia se enviará a la Raspberry Pi.

La Raspberry Pi se encargará de calcular el nivel de alimento que hay en el almacén y

enviará esta información a la aplicación móvil además de indicarlo mediante los leds de alimentación.

Sistema de llenado del contenedor de alimento: El almacén de alimento tendrá en su inferior una rueda que será accionada mediante un servomotor. Esta orden la dará la Raspberry Pi, ya sea por medio de la rutina de alimentación o por el pulsado constante del botón de alimentación manual. La rueda contará con palas divisorias que transportarán en porciones el alimento desde el almacén hacia una abertura que echará el mismo hacia la rampa y esta transportará, mediante el efecto de la gravedad, cada porción hasta el contenedor de alimento.

El peso de la porción dependerá del volumen que ocupe el alimento. Siendo este último variable, se calibrará el peso mediante la aplicación móvil.

○ Mecanismo proveedor de agua
Sistema medidor de agua en botella almacenadora: La tapa superior de la botella almacenadora de agua tendrá un flotador el cual una vez que el nivel del agua esté por debajo de tres cuartas partes del volumen de la botella enviará una señal a la Raspberry Pi la cual se encargará de informar la falta de agua a la aplicación móvil.

Sistema de llenado del contenedor de agua: A partir de una leve inclinación de la tapa superior de la botella contenedora se podrá proveer a la misma de agua y esta caerá mediante el efecto de la gravedad hacia el plato contenedor de agua, este último no desbordará dada la diferencia de presión atmosférica que se generará entre el agua que se encuentra en el plato y el agua que se encuentra en la botella.

La botella contenedora de agua podrá ser extraída para su limpieza.

○ Mecanismo de interacciones multimedia
PetCare contará con un transductor de movimiento que se encontrará a 20 centímetros del plato contenedor de alimento, este transductor emite una luz infrarroja que abarcará una longitud de 15

centímetros. En el momento que un objeto se interponga a este haz de luz durante un período de 5 segundos se emitirá una señal a la Raspberry Pi la cual se encargará de informar a la aplicación móvil.

4. Aspectos técnicos del diseño

Sobre la aplicación móvil:

La aplicación estará disponible en el Google Play Store para ser descargada en dispositivos con Android OS desde la versión Marshmallow 6.0. La misma permitirá al usuario configurar e interactuar con el servidor integrado PetCare, instalado dentro de PetCare.

La aplicación será desarrollada en React Native teniendo en cuenta tres aspectos primordiales:

- Facilitar un futuro soporte a la plataforma IOS.
- La capacidad de una alta velocidad de desarrollo.
- Una alta performance.

Para la recepción de imágenes/video, y el envío de audio la aplicación utilizará el estándar de comunicación WebRTC. Esto permite la transmisión multimedia. Esto se logrará a través de una comunicación permitida por un servidor STUN.

El desarrollo de la funcionalidad de la aplicación será realizado utilizando el estándar ES2016 de Javascript.

Los componentes no soportados por React Native que se utilicen para el desarrollo de la aplicación, Java 8 para lo que no esté resuelto de React.

Sobre el servidor integrado PetCare:

El conjunto de procesos encargados de administrar los sensores, permitir la configuración de PetCare, transmisión de video, reproducción de audio remoto y servir los registros históricos alimenticios de la mascota se ejecutará en el sistema operativo Raspbian Stretch Lite instalado en una Raspberry Pi 3 Model B con un disco microSD de 16GB de clase 10 con 80 MB/s de lectura/escritura.

El servidor integrado contará con tres procesos software principales, cada uno con su propio stack tecnológico. El primero permitirá comandar, leer y controlar todos los sensores y actuadores con los que cuenta el producto. El segundo permitirá comunicar la información registrada hacia a la aplicación móvil, implementar el plan de alimentación definido, capturar y transmitir el video de la mascota y reproducir los mensajes de voz grabados por el dueño. El último proceso se encargará de procesar la configuración de WiFi cargada por el usuario para conectar el módulo Raspberry Pi a internet. Además habrá un proceso extra encargado de proveer el formulario, accesible mediante el navegador del celular, para que el usuario pueda ingresar el SSID y contraseña de su conexión WiFi.

La aplicación encargada del manejo de los sensores será procesada por el motor de Python, y utilizará el módulo GPIO del Kernel con el que cuenta Raspbian. La aplicación encargada de la configuración, la transmisión de video/audio y de los registros históricos de la mascota se ejecuta en un entorno NodeJS, con código en ES2016 Javascript. Para el envío de imágenes/video, y la recepción de audio se utilizará el estándar de comunicación WebRTC. Esto permite la transmisión multimedia. Esto se logrará a través de una comunicación permitida por un servidor STUN.

Los registros históricos de alimentación del animal están almacenados en una base de datos relacional, la cual permitirá servirlos mediante la aplicación interpretada por NodeJS.

Se utilizará el lenguaje de scripting Bash para implementar un script que permita que la Raspberry Pi emita su propia señal WiFi para que el usuario se conecte y pueda realizar la configuración inicial, luego que desconecte la señal y se conecte a la red WiFi cuyo SSID y password fueron administrados por el usuario y en caso de que la conexión sea fallida vuelva a emitir su propia señal WiFi para que el usuario pueda reintentar el proceso hasta que logre

conectar el producto a su conexión de internet hogareña.

Sobre el servidor on-line

El servidor on-line será un servidor de "signaling", el cual permitirá conectar de forma "peer-to-peer" la aplicación móvil con el dispositivo Petcare, permitiendo evitar la existencia de un servidor de streaming.

El mismo se montará en la nube, permitiendo así una escalabilidad paulatina y transparente en cuanto a la cantidad de conexiones que permite establecer. La nube será administrada como SaSS (como Heroku, Azure, Amazon Cloud).

El mismo ejecutará una secuencia desarrollada en Javascript ES2016, interpretado por una instancia de un proceso de NodeJS.

Una vez establecida la conexión Peer-to-Peer entre la aplicación y el dispositivo integrado PetCare, el servidor no participará en la transferencia mediante WebRTC, permitiendo esto un bajo consumo de recursos por parte del servidor, y minimizar el mantenimiento del mismo. El servidor correrá el intérprete NodeJS en una versión de linux, y deberá tener una IP fija para poder recibir las llamadas realizadas tanto por la aplicación móvil como por el dispositivo integrado PetCare.

5. Modelado de Datos

Para el almacenamiento de la información se modelaron por separado dos base de datos relacionales, una base de datos para abastecimiento de información del componente móvil (Figura 2) y una base de datos para la administración del Cloud Server (Figura 3)

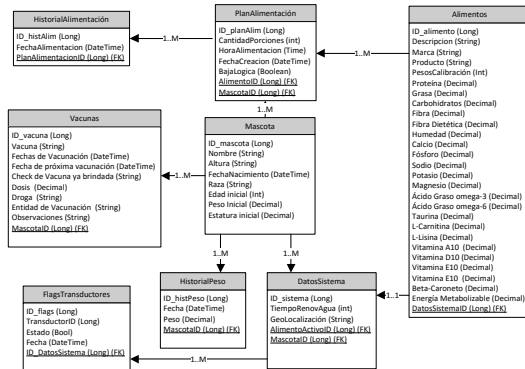


Figura 2 - Base de datos relacional de Raspberry

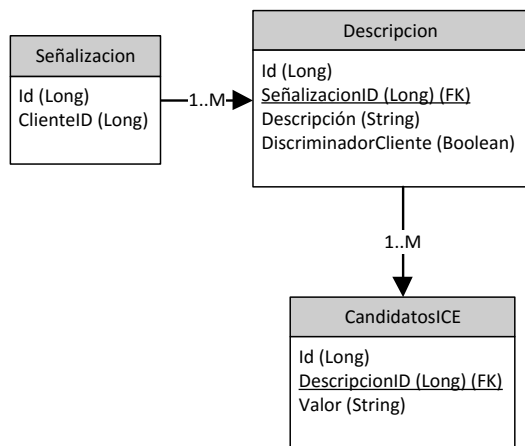


Figura 3 - Base de datos relacional de Cloud Server

Trabajos Relacionados

En nuestra investigación inicial, obtuvimos un relevamiento de soluciones actuales en el cual incluimos:

Bebedero automático para perros DrinkWell[1]: esta solución brinda solamente la entrega de agua potable a la mascota con renovación de filtrado, no contiene integración Smart con aplicación móvil.

PetPal[2]: solución que brinda programación de entrega de alimentos y configuración mediante aplicación mobile, no realiza entrega de líquido ni seguimiento de vacunas, veterinarias ni peso/estatura de la mascota.

Upet[3]: solución que brinda seguimiento de mascota mediante un collar pudiendo

acceder mediante aplicación a: nombre, propietario, correo de contacto, fechas de vacunación y desparasitación.

Conclusión y Trabajos Futuros

En este documento se planteó y fundamentó la estructura y estrategia de implementación del modelo construido para la solución PetCare que permite la alimentación, servido de bebida, seguimiento alimenticio y contacto de la mascota cuando el propietario se encuentra a distancia de su hogar. De esta manera, y con viabilidad demostrada podemos concluir en la factibilidad de desarrollar un producto que satisfaga todas las necesidades anteriormente demostradas en un mismo aplicativo móvil y un mismo dispositivo de Hardware, contruyendo de esta manera un producto basado en Internet of Things robusto y único en el mercado del cuidado de las mascotas.

Con respecto a los próximos pasos, consiste en el prototipado de la solución desarrollando la interconexión de los componentes hardware, el diseño final de la carcasa del producto y la configuración, interconexión y programación de todos los componentes software del producto.

Agradecimientos (Times New Roman, 10, negrita)

Si existiera, mencionarlos en forma concisa. Será escrito en fuente (Times New Roman, 10).

Referencias

- [1] Manuales de usuarios del producto DrinkWell. (2018, Julio) [Online]. <https://intl.petsafe.net/en-ar/support/drinkwell-original-pet-fountain>
- [2] Proyecto PetPal. (2018, Julio) [Online]. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2653879/Connected-Wi-FIDO-Smart-pet-feeder-lets-serve-cats-dogs-meal-youre-house.html>
- [3] Aplicación Upet. (2018, Julio) [Online]. <https://socialgeek.co/colombia-2/nunca-pierdas-mascota-con-app-upet/>

nVitam

**Bosi, Nicolás Maximiliano - Cerrutti, José Santiago – Chincho, Braian
Ismael – Pucheta Moyano, Fernanda Noel**
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba

Abstract

nVitam es un software de plataforma web desarrollado a medida para la clínica Persistir, un centro de salud mental que realiza tratamientos de rehabilitación para personas con patologías asociadas a la drogodependencia. La misma se encuentra ubicada en la localidad de Plaza Huincul, provincia del Neuquén.

nVitam tiene como objetivo brindar soporte integral al proceso de tratamiento de los pacientes, desde que ingresan a la clínica hasta su alta terapéutica, permitiendo a los profesionales de la organización tener un manejo más eficiente de la información, del tiempo, y mejorar el proceso de rehabilitación de los pacientes.

El presente proyecto se desarrolla bajo la metodología del Proceso Unificado de Desarrollo, adaptado a las particularidades del proyecto. Se emplean para el desarrollo del mismo, múltiples tecnologías, como Angular 4, HTML5, CSS y Bootstrap para el desarrollo web, que consume recursos de una API REST desarrollada en Java bajo el Framework Spring MVC, y cuenta con una base de datos relacional MySQL.

Palabras clave

nVitam, Software, Sistema de información, Persistir, Proyecto final, Salud mental, Tratamiento, Rehabilitación, Adicciones, Gestión de pacientes.

Introducción

La clínica Persistir es un centro de rehabilitación de adicciones para pacientes con patologías asociadas al consumo de alcohol y las drogas. Ofrece tratamientos de tipo ambulatorio y a puertas abiertas. Se utilizan diferentes herramientas terapéuticas como: terapia cognitivo-conductual, grupos de autoayuda para pacientes y familiares, terapia familiar sistémica, reprocesamiento de traumas con EMDR (Desensibilización y Reprocesamiento por Movimientos Oculares), entrenamiento en regulación emocional y habilidades interpersonales,

seguimiento de terapia psicofarmacológica, entre otras [1].

Actualmente, no cuenta con ningún Sistema de Información que le ayude a ejecutar sus procesos de negocio, y los productos de software de gestión destinados al sector de salud, disponibles en el mercado, no se adaptan adecuadamente al proceso de rehabilitación de pacientes que lleva a cabo Persistir. Estos fueron los principales motivos que impulsaron el desarrollo del proyecto.

El objetivo principal de *nVitam* es dar soporte al tratamiento de rehabilitación de los pacientes, desde que solicitan iniciar un tratamiento, pasando por todo su desarrollo, lo que implica el seguimiento del estado de cada paciente durante las distintas etapas del tratamiento, hasta el alta terapéutica y el seguimiento post-alta.

Además, *nVitam* permite, entre otras funcionalidades, gestionar información de las reuniones del equipo terapéutico donde se tratan, entre otras cuestiones, temas referidos al avance y al retroceso del tratamiento de los pacientes; generar árboles genealógicos de la familia del paciente; construir un perfil de personalidad a través de tests psicológicos; mantener las historias clínicas de los pacientes en diferentes niveles de confidencialidad.

Equipo de trabajo

Las personas que llevan a cabo el desarrollo del producto de software, en adelante *equipo de trabajo*, son los cuatro autores de la presente publicación; estudiantes de último año de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información.

Elementos de trabajo y metodología

Para el desarrollo del presente proyecto se ha optado por una metodología de desarrollo tradicional, particularmente el Proceso Unificado de Desarrollo de Software (PUD).

El PUD es un marco de desarrollo de software que se caracteriza por estar dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura y por ser iterativo e incremental. Este marco de desarrollo está compuesto por cuatro fases denominadas Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Cada una de estas fases se divide en una serie de iteraciones, donde cada iteración tiene un alcance fijo cuyo resultado es un incremento de la funcionalidad del producto. A su vez, cada iteración está definida por un conjunto de flujos de trabajo: Requerimiento, Análisis, Diseño, Implementación y Prueba. Las iteraciones suelen incluir actividades pertenecientes a todos los flujos de trabajo, pero el grado de esfuerzo en cada uno varía a lo largo del proyecto. [2]

Se optó por un enfoque tradicional y no uno ágil por los siguientes motivos:

1. Si bien el cliente demuestra excelente predisposición para colaborar en el desarrollo, el mismo no se encuentra lo suficientemente presente para lograr formar parte del propio equipo de trabajo. El cliente no posee la disponibilidad para reuniones diarias, ni tampoco posee el conocimiento técnico para poder desempeñar el rol de administrador de requerimientos del producto (*Product Owner* en Scrum [3]).
2. Las metodologías ágiles, para funcionar de manera eficaz, implican la necesidad de un equipo de desarrollo experto, capaz de generar entregables acotados en alcance en breves períodos de tiempo. En el presente proyecto, el equipo está conformado por estudiantes con fuerte vocación, pero sin la experiencia profesional necesaria para

lograr tal dinámica de trabajo con la eficacia necesaria.

Dentro de las metodologías tradicionales con enfoque iterativo e incremental, la única conocida en la suficiente profundidad por el equipo de trabajo es PUD, desarrollada a lo largo de las materias orientadas a ingeniería de software en la carrera universitaria.

Por otra parte, para la gestión de la configuración y versionado de los ítems de configuración que conforman al proyecto, se decidió utilizar la herramienta Git a través de la plataforma web Gitlab. [4]

Para organizar las actividades que deben desarrollarse a lo largo del proyecto, se ha optado por el uso del software de administración de proyectos Trello [5], elegido por su flexibilidad y facilidad de uso.

Para el modelado del software se decide utilizar la aplicación Visual Paradigm 15.0 [6], una herramienta CASE que permite modelar la gestión de requerimientos, análisis, diseño, despliegue, etc. a través de modelos UML 2.0. Esta herramienta tiene la capacidad de generar código fuente a partir de diagramas de clases y cuenta con la capacidad de crear prototipos de interfaz de usuario, entre otras funcionalidades. Así mismo, para modelar la navegabilidad de los prototipos de interfaz de usuario también se utiliza la plataforma Proto.io.

En el contexto de PUD, el modelado mediante UML 2.0 es fuertemente utilizado en las fases de inicio y elaboración, al especificar los casos de uso y diseñar la arquitectura del sistema.

En la fase de inicio, se genera un modelo de requerimientos completo y refinado.

En la fase de elaboración, se modelan mediante UML 2.0 las vistas de funcionalidad, diseño y despliegue de la arquitectura. Para los casos de uso que conforman la vista de la funcionalidad, se crean los artefactos de realización de caso de uso pertenecientes a los modelos de análisis y diseño. Con respecto a los demás artefactos sugeridos por la metodología, son

generados sólo en caso de ser estrictamente necesario, entendiendo que su generación se vuelve redundante habiendo realizado un diseño lo suficientemente correcto y documentando debidamente los artefactos de implementación en su código fuente.

En lo referido al desarrollo de interfaz de usuario (Front-End), se ha decidido utilizar el Framework Angular [7] para el desarrollo web, utilizando HTML5, CSS, TypeScript y componentes de Bootstrap. Con el mismo se logran crear aplicaciones modernas y escalables, y de diseño web adaptativo (responsive web design).

Para el desarrollo de la lógica de negocio (Back-End) se desarrolla una API REST en Java bajo el Framework Spring MVC [8], el uso de este Framework permite una fácil configuración de la aplicación, facilita el uso de otros Frameworks, como por ejemplo Hibernate, a la vez que da soporte a funciones de seguridad, inyección de dependencias, testing entre otros. Los datos necesarios para el funcionamiento de la aplicación, se almacenan en una base de datos relacional, utilizando el motor de base de datos MySQL [9].

En cuanto al despliegue del software se optó por utilizar una arquitectura basada en Computación en la Nube (Cloud Computing) bajo la plataforma AWS (Amazon Web Services), debido a la escalabilidad y disponibilidad que ofrece la misma [10].

Resultados

El sistema de información propuesto permite a los terapeutas llevar un mayor control y seguimiento del tratamiento de los pacientes, registrando avances y retrocesos en las etapas del mismo.

Además, brinda soporte a las reuniones de equipo que llevan a cabo los terapeutas donde se discute el progreso de los pacientes, y se decide si los mismos avanzan, retroceden o se les asigna una sanción o actividad de reflexión.

También, el sistema cuenta con un perfil completo del paciente compuesto por su

perfil psicológico, historia de consumo de sustancias, resumen de entrevistas psicológicas, antecedentes familiares y de su entorno, historial de actividades de reflexión asignadas, conclusiones mensuales, entre otros.

El nombre del producto es “nVitam” que es una conjunción de las palabras *novam vitam*, las mismas provienen del latín y significan *nueva vida*. La intención del nombre está inspirada en la filosofía de Persistir de proveer las herramientas necesarias a sus pacientes, para que puedan construir una nueva vida, digna de ser vivida.



Figura 1. Logo del producto.

Una funcionalidad que mejora el uso del tiempo es la administración de los temas a tratar en las reunión de equipo. Los terapeutas redactan resúmenes de las terapias desarrolladas por los pacientes, y si consideran que es necesario discutir lo tratado con el equipo terapéutico, lo publican. De esta forma los terapeutas están siempre informados del estado de tratamiento de todos los pacientes y el tiempo de la reunión de equipo es solamente usado para la toma de decisiones.

La seguridad y privacidad de los datos es central en el sistema. Los resúmenes de terapia son redacciones para llevar un control de lo trabajado. Esta información está resguardada bajo confidencialidad médico-paciente, por lo que *nVitam* permite la gestión de los resúmenes a nivel privado (sólo entre el terapeuta y el paciente), a

nivel institucional (accesible a todos los terapeutas de la clínica), y a nivel organizacional (en nivel de detalle necesario para la autorización de los tratamientos por las obras sociales).

Como herramientas de asistencia al trabajo realizado por los psicólogos clínicos, el sistema permite realizar una prueba psicológica de evaluación de la personalidad del paciente. En concreto, la funcionalidad que se implementa es el MMPI-2 (Inventario Multifásico de Personalidad de Minnesota, versión 2) [11]. Esta prueba psicológica fue publicada en 1943 y su segunda versión (la citada aquí) en 1989. Consiste en un cuestionario de 567 preguntas verdadero-falso, y un conjunto de escalas que indican ciertos rasgos de la personalidad del evaluado. Las escalas se puntúan de acuerdo con el resultado de determinadas preguntas. Esta prueba, hasta la puesta en producción del sistema, sigue siendo realizada de forma manual por los terapeutas de Persistir.

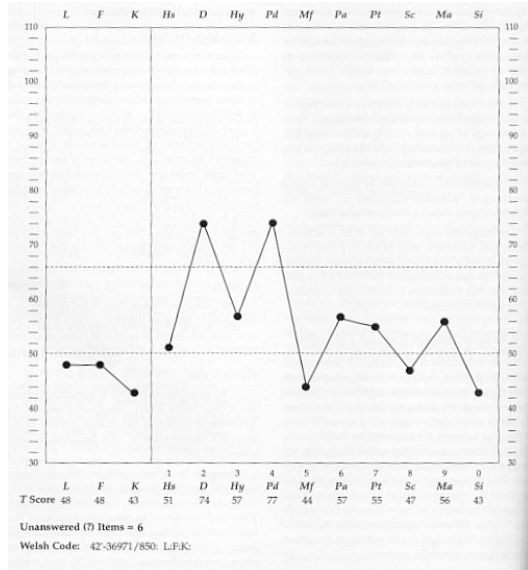


Figura 2. Ejemplo de escalas calculadas. [12]

Por otra parte, el sistema también permite generar automáticamente un genograma (árbol genealógico) de la familia del paciente, en el que se pueden visualizar características de las relaciones entre los miembros de la familia [13] [14]. Los

genogramas se grafican con una convención de manera que los nodos (familiares), y los arcos (relaciones) indiquen características de los elementos que representan. Por ejemplo, un nodo con forma de círculo representa un miembro de la familia de sexo femenino, y uno con forma de cuadrado representa uno de sexo masculino. Si se grafica una cruz sobre el nodo, significa que el miembro de la familia ha fallecido, y así cada forma tiene su correspondiente significado.

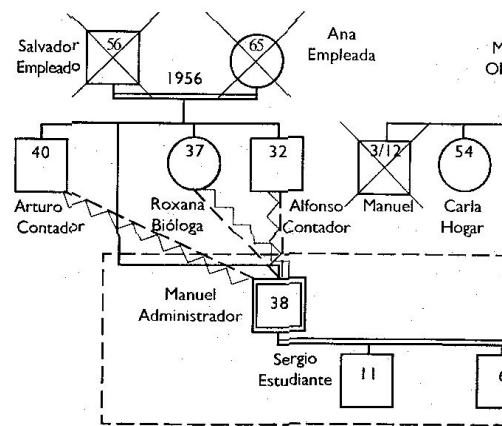


Figura 3. Fragmento de un genograma. [15]

Este árbol brinda un golpe de información al terapeuta, permitiéndole abordar la terapia de manera más eficaz.

Discusión

En la actualidad existe una cantidad importante de aplicaciones que dan soporte a organizaciones que se dedican al sector salud. Sin embargo, estas aplicaciones fueron pensadas como productos genéricos y ofrecen servicios básicos como la capacidad de registrar pacientes, creación y administración de historias clínicas, gestión de turnos, entre otros.

De todas las aplicaciones evaluadas, la que más cercanía tiene a las necesidades de Persistir es *Nubimed* [16]. Esta aplicación de gestión médica en la nube provee funcionalidades como historia clínica electrónica, agenda de turnos,

odontogramas para dentistas, generación de informes, cobros y facturaciones, entre otras cosas, a través de una interfaz web intuitiva.

Estas funcionalidades, si bien son útiles para diversos centro de salud, no llega a satisfacer las necesidades de información de Persistir, ya que estos productos no fueron pensados para centros orientados a la salud mental, además de no contar con funciones que Persistir considera fundamentales, como por ejemplo, poder registrar los resúmenes de terapias a diferentes niveles de confidencialidad. También, es necesario gestionar las reuniones de equipo, ya que es el punto de encuentro donde se toman la mayoría de las decisiones referente al estado del tratamiento de los pacientes, donde se decide si estos de avanza o retroceden en el tratamiento, si son derivados a otro centro de salud, si se les anuncia su fecha de graduación, etc.

Sin dejar de recordar además, las funcionalidades de generación automática de genogramas y la capacidad de realizar los tests MMPI-2. Son todas estas particularidades del negocio que llevan a realizar el desarrollo de un software que dé soporte a estos procesos.

Por otra parte, pensar la solución como un sistema web, permite que el mismo sea altamente escalable, a la vez que posibilita su implementación y despliegue a un costo relativamente bajo.

Un aspecto importante de disponer de datos digitalizados sobre los pacientes y su evolución es que, a partir del análisis estadístico de los datos, los terapeutas de Persistir pueden evaluar y mejorar diversos aspectos de los tratamientos que proveen a sus pacientes.

Conclusión

Con el desarrollo del presente proyecto el equipo logra adquirir una gran experiencia, tanto en la parte técnica, al aplicar distintas tecnologías a una problemática real y emplear una metodología de desarrollo tradicional; como en la parte de gestión de

proyecto, al trabajar aspectos como la planificación, la estimación de tiempos, el planteo de objetivos, la gestión de riesgos, entre otros.

Todo esto permite al equipo de trabajo poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, trabajando en equipo y aportando a la comunidad.

Agradecimientos

El equipo de trabajo quisiera mencionar en agradecimiento a la profesora Ingeniera Silvina Arenas, por el seguimiento y conocimiento compartido para poder llevar a cabo el presente proyecto.

En segundo lugar, agradecer a Jorge Hernán Pérez, director asistente de la clínica Persistir, por abrir las puertas de la institución y confiar en el desarrollo del equipo de trabajo.

Por último, y no menos importante, agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional (Facultad Regional Córdoba), por brindar la oportunidad de desarrollar el artículo y el correspondiente póster para su presentación.

Referencias

- [1] Persistir. Recuperado de www.persistir.com.ar
- [2] Jacobson, I., Booch, G., & Rumbaugh, J. (2000). *El proceso unificado de desarrollo de software/The unified software development process* (No. 004.41). Pearson Education.
- [3] Schwaber, K., & Beedle, M. (2002). *Agile software development with Scrum* (Vol. 1). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- [4] Gitlab [Software]. Recuperado de <https://about.gitlab.com>
- [5] Trello [Software]. Recuperado de <https://trello.com>
- [6] Visual Paradigm [Software]. Recuperado de www.visual-paradigm.com
- [7] Angular [Software]. Recuperado de <https://angular.io>
- [8] Spring [Software]. Recuperado de <https://spring.io>
- [9] MySQL [Software]. Recuperado de www.mysql.com
- [10] Amazon Web Services. Recuperado de <https://aws.amazon.com/es/>
- [11] Hathaway, S. R., McKinley, J. C., & Engel, R. (1989). *MMPI-2*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- [12] Doyle, R. (2005). *An Introduction to the Michigan Multiphasic Personality Inventory (MMPI)*. Recuperado de: <https://rondoylewrites.com/2005/10/an-introduc>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[tion-to-the-michigan-multiphasic-personality-in-ventory-mmpi-october-2005/](#)

- [13] Guerin, P. J., & Pendagast, E. G. (1976). Evaluation of family system and genogram. *Family therapy: Theory and practice*, 450-464.
- [14] Compañ, V., Feixas i Viaplana, G., Muñoz Cano, D., & Montesano del Campo, A. (2012). El genograma en terapia familiar sistémica.
- [15] Genograma familiar y cierre de taller. (2012). Recuperado de: <https://avillanueva12.wordpress.com/2012/11/22/genograma-familiar-y-cierre-de-taller/>
- [16] Nubimed [Software]. Recuperado de: <https://www.nubimed.com/>

Datos de contacto:

Bosi, Nicolás Maximiliano:

nicolasbosi95@gmail.com

Cerrutti, José Santiago:

cerrutti.js@gmail.com

Chincho, Braian Ismael:

braianchincho@gmail.com

Pucheta Moyano, Fernanda Noel:

puchetafernanda@gmail.com

Construcción de un sistema de escaneo de dispositivos móviles para la obtención de estadísticas en tiempo real (Kelawar)

Comelli, Marcos Nahuel

Greve, Iván

Lado, Julián

Mijalchuk, Erik Alexander

Turko Soto, Carolina

Universidad Nacional de La Matanza

Abstract

En el presente documento se explicará el proceso de construcción de un sistema que permite escanear los dispositivos móviles que cuenten con tecnología Wifi. En la actualidad, cada persona cuenta con al menos uno de estos dispositivos y lo lleva consigo a donde vaya. La lógica del sistema (Kelawar) está conformada por 3 partes: la primera consiste en censar un espacio indoor por medio de módulos recolectores, con el objetivo de detectar qué dispositivos móviles se encuentran en el mismo y, de esta forma, saber cuántas personas se encuentran en el sitio y dónde; la segunda consiste en analizar los datos recolectados de los dispositivos con el fin de obtener diferentes estadísticas que aporten un valor agregado a la toma de decisiones de quién utilice Kelawar; por último, la tercera parte, consiste en llevar ese análisis de datos a reportes, gráficos y mapas de calor que muestren la información recolectada en tiempo real y que permita al usuario de Kelawar entender qué está sucediendo en el lugar censado. El enfoque de la información recolectada está inspirado en el sector Retail con el objetivo de obtener cuántas personas se encuentran en determinado sitio y su tiempo de permanencia, en dónde se encuentran, entre otras.

Palabras clave

Módulo Recolector, Raspberry, Retail, Wifi, Dispositivos móviles, Indoor, Kelawar.

Introducción

En el mundo hay 4570 millones de dispositivos móviles [1]. Es poco común que una persona salga de su hogar y no lleve consigo algún dispositivo móvil. A la vez, cada uno de estos dispositivos se encuentran emitiendo constantemente

señales inalámbricas que pueden ser capturadas para traducirlas en información relevante para cierto público interesado. Si se piensa que una persona tiene al menos un dispositivo que puede ser detectado unívocamente, se podría obtener información acerca del individuo que porta al mismo. Estos datos no son confidenciales, son libres de poder utilizarse para elaborar un comportamiento o patrón acerca de la persona. Si bien uno, si quisiera determinar cómo se moviliza un grupo de personas en un determinado espacio podría utilizar el geoposicionamiento, los datos que arroja esta técnica son privados y actualmente tienen un factor de error [2] bastante alto si se realiza en un espacio indoor.

Toda esta información que puede ser capturada tiene gran relevancia para la industria Retail para determinar cómo se comporta la gente que visita espacios comerciales, como un shopping, un supermercado, un local.

Actualmente, existen técnicas para obtener datos similares. Las agencias estadísticas hacen un estudio en el lugar contando manualmente las personas que lo visitan con el objetivo de obtener el número aproximado de visitas. También existe el análisis de imágenes con cámaras dispersas en el lugar con el fin de detectar personas.

En el primer caso se trata de una muestra estática del momento en que la agencia realiza el estudio. En el segundo, a pesar de que el conteo está en constante actualización, se trata de un sistema extremadamente caro ya que se debe disponer de cámaras de alta definición, algoritmos complejos y de un alto poder de procesamiento para analizar las imágenes en tiempo real.

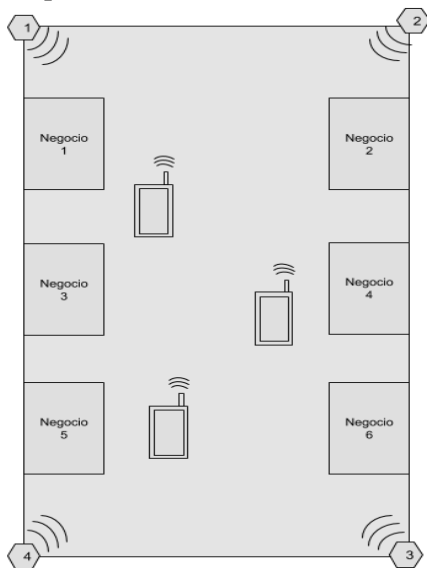


Figura 1 - Diagrama de lugar censado con Kelwar

Kelwar pretende dar respuestas a preguntas como: Cantidad de personas que se encuentran en un determinado lugar; Cantidad de personas que visitaron el lugar en la semana; ¿Qué personas volvieron al lugar? ¿Qué zona del lugar es la más frecuentada por la gente? ¿En qué zona debería colocar las ofertas para aumentar las ventas? Además, está pensado para cubrir las necesidades de quien utilice a Kelwar y para ser un factor clave en la toma de decisiones comerciales.

En la imagen se puede ver un sitio (simulando ser un shopping) con 4 antenas recolectando datos, y 3 dispositivos móviles siendo censados por las antenas.

Composición general

Desde el punto de vista físico, Kelwar está compuesto por distintos módulos y componentes, cada uno con una función bien definida.

- **Antenas Wifi:** permiten obtener cada paquete de datos provisto por cada dispositivo inalámbrico. Se conecta una por cada módulo recolector permitiéndole al mismo el manejo de esa información.



Figura 2 - Antena Wifi

- **Módulos recolectores:** placas Raspberry Pi que se encuentran distribuidos estratégicamente en el espacio a censar y son los que obtendrán cada uno de los datos provistos por los dispositivos inalámbricos que se encuentren allí.

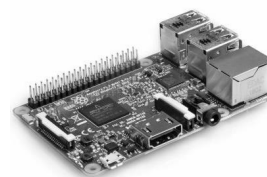


Figura 3 - Raspberry Pi

- **Módulo recolector central:** placa Raspberry Pi con la funcionalidad de obtener todos los datos recolectados por los módulos recolectores, estructurarlos en un determinado formato y comunicarlos al servidor central para su posterior persistencia.
- **Alimentación:** Su función es la de proveer de energía a todos los

componentes físicos de acuerdo con las respectivas necesidades de cada uno de ellos.

Desde el punto de vista lógico, Kelawar se compone de servicios de acceso remoto (tecnología cloud computing):

- **Servidor central:** es el motor del sistema. El objetivo central es obtener los datos del módulo recolector central, persistirlos y, posteriormente, analizarlos brindando información de relevancia. Se trata de un servidor virtual alojado en la nube.
- **Aplicación central:** Es el cerebro de Kelawar. Con los recursos provistos por el servidor central, analizará y creará información relevante basados en los datos recolectados. A su vez, permitirá la creación de informes, gráficos comparativos y mapas de calor del lugar censado para su visualización en una página web.
- **Base de datos relacional:** su función es la de alojar los datos crudos y los que serán posteriormente analizados. Se encuentra en el servidor central.
- **Base de datos no relacional:** su función es la de alojar los datos crudos que el módulo recolector central va obteniendo. Actúa como un buffer frente a la conexión que debe hacerse con el servidor central. Se encuentra inserta en módulo recolector central.
- **Página Web:** permite la visualización de los datos ya analizados y estructurados en informes, gráficos y mapas de calor, como así también, la configuración de estos.

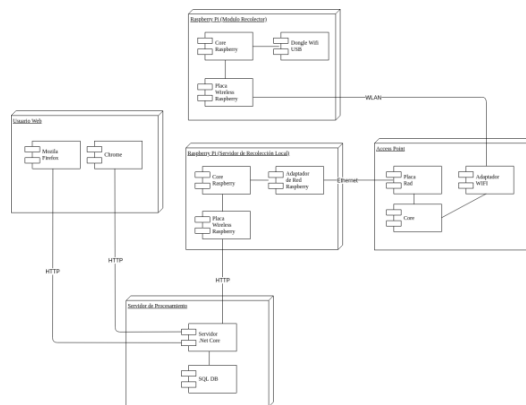


Figura 4 - Diagrama de componentes

Los módulos están pensados para lograr un bajo acoplamiento en todo el código que compone Kelawar. En el futuro se podrá realizar cambios en la arquitectura (agregando o reemplazando módulos) sin afectar a los demás módulos.

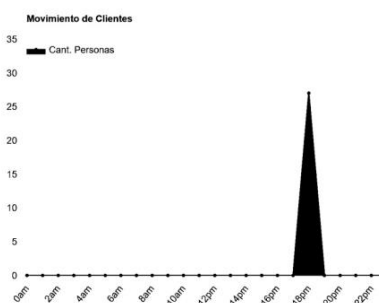


Figura 5 - Gráfico en tiempo real que indica la cantidad de personas que se encuentran en el sitio

También se pensó en una arquitectura resistente a los problemas de conexión que puedan existir con el servidor central, ya que no es posible confiar en que la conexión a internet estará activa el 100% del tiempo. Por esto, el módulo recolector central actúa como buffer, y en caso de no tener conexión, el mismo almacena los datos recolectados hasta poder enviarlos en el momento que la conexión a internet regrese.

Funcionamiento

Cada módulo recolector actúa como un sensor del espacio que se está censando, sólo que, en vez de capturar señales físicas, captura los paquetes de datos que envía cada dispositivo inalámbrico mediante la tecnología Wifi. Aquí, entran en juego las antenas que se encuentran conectadas físicamente a cada Raspberry Pi, dándoles una mayor potencia, sensibilidad y alcance al módulo.

Los datos clave que se pueden obtener del entorno son en primera instancia la MAC del dispositivo que servirá para reconocerlo unívocamente y el nivel de intensidad de la señal medida en dbM.

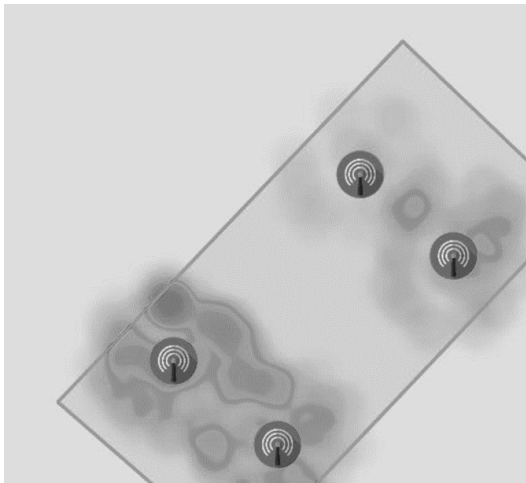


Figura 6 - Mapa de calor en tiempo real generado por Kelwar

El módulo recolector central actúa como servidor consumiendo de cada uno de los módulos recolectores (clientes) los datos mencionados anteriormente. A esta información se le da forma en una estructura simple, ya que en esta instancia no existe el mínimo análisis de lo que se recolecta, y se persiste en una base de datos no relacional a modo de buffer. Este buffer se irá vaciando cada vez que el módulo recolector envíe la información recolectada al servidor central. El módulo recolector central tiene como objetivo mantener la

comunicación con cada módulo recolector, como así también detectar algún fallo que pudiera ocurrir. A su vez, debe mantener la comunicación con el servidor central y suministrarle datos cada cierto tiempo.

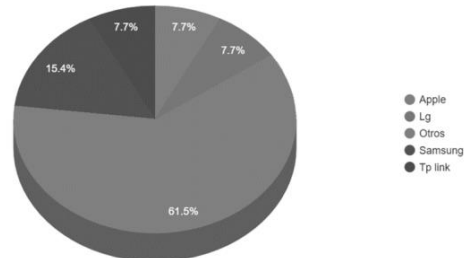


Figura 7 - Reporte de marca de dispositivos encontrados en el sitio generado por Kelwar

Una vez que el servidor central recibe la información suministrada por el módulo recolector central, persiste la misma en una base de datos relacional y queda a la espera del análisis provisto por la aplicación que corre paralelamente en el servidor.

Este análisis, permite la creación de nuevos datos y dar respuesta a aspectos clave en la industria Retail. Todos estos datos son visualizados en una página web donde el usuario de Kelwar puede acceder y enterarse en tiempo real qué está sucediendo en entorno censado.

Kelwar utiliza una arquitectura claramente modular con el beneficio de poder reemplazar cada módulo sin necesidad de modificar código. Además, se utilizan interfaces flexibles pudiendo agregar módulos tanto centrales como recolectores sin interferir en el correcto funcionamiento del sistema.

Requerimientos

Para el correcto funcionamiento de Kelwar, son necesarios los siguientes requerimientos:

Alimentación:

Los módulos recolectores se conectan a la alimentación de línea (220v) y tiene fuente de entrada de (12v - 6a máx.). Las antenas son conectadas por medio de un puerto USB, propio de la Raspberry Pi sin necesidad de una alimentación externa. El servidor central al ser suministrado por Amazon no requiere mantenimiento alguno.

Conexión a Internet:

Será necesario contar con una conexión a Internet de al menos 3Mbps/s para la comunicación entre el módulo recolector central y el servidor central (solo se necesita acceso a la conexión a internet, y no a la red interna del lugar)

La conexión entre los módulos recolectores y el módulo recolector central es parte de Kelawar y consiste en una red interna entre las Raspberries Pi.

Computadora/Dispositivo móvil:

Será necesario contar con algún dispositivo con un navegador para poder ingresar al servicio web y visualizar la información producida por Kelawar.

Resultados

Luego de diferentes pruebas en distintos espacios se pudo afirmar que la construcción de un dispositivo que permita dar información acerca del comportamiento de las personas en un lugar ya sea con fines económicos o que aporten una mejora a la comunidad, es posible sin equipos de gran potencia.

Los componentes utilizados son de fácil acceso y conseguibles en Argentina, llevando a un producto de un valor aproximado que comienza en \$10.000 (2018, Argentina), dependiendo de las dimensiones del sitio a censar.

Pruebas

Las pruebas fueron realizadas en ambientes controlados y arrojaron gran cantidad de datos que permita detectar los dispositivos que se encuentren en el sitio y generar información a partir de ello. Según los cálculos realizados se registraron 1,5 millones de eventos por día, tomando como “evento” a la detección de un dispositivo por algún módulo recolector. Es importante destacar que, para lograr una eficiencia óptima, se tuvieron que aplicar filtros que reduzcan considerablemente los datos que se generaban. Esto ocurrió en sitios públicos muy concurridos como: universidades, supermercados y shoppings. Se espera, en un futuro, balancear la carga entre módulos recolectores centrales para poder censar espacios más extensos.

Grado de avance

Al momento de la publicación de este artículo, Kelawar se encuentra avanzado en un 80% y operativo en un servidor de acceso público, listo para recibir información acerca del sitio a censar. El porcentaje faltante, corresponde al agregado de más reportes y gráficos que aporten algún valor agregado al usuario de Kelawar y a pruebas de stress que pongan en jaque a la eficiencia y efectividad de Kelawar.

El grado de exactitud en las pruebas fue superior al esperado. Kelawar permite obtener información precisa. Algunas funciones, se ven afectadas con cálculos probabilísticos o basados en la experiencia, pero aun así el error que arrojan es despreciable en el tiempo. Las continuas pruebas en entornos caóticos y de mucho stress para Kelawar, permitieron establecer límites en cuanto a la detección de dispositivos distantes, asegurando así la correctitud de la información mostrada. Por

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

último, fue necesario que Kelawar ignore ciertos eventos que hayan quedado muy por debajo o por encima de las mediciones generalmente tomadas. Estos altibajos son promediados y, a veces, desechados.

Conclusión

En el proyecto existen muchos beneficios que el mismo puede aportar a la comunidad. No solo al sector de Retail, la misma idea se puede aplicar a otros servicios como el transporte público.

Las probabilidades de tener éxito son altas ya que Kelawar permite tomar decisiones estratégicas con mucha más precisión, y realizar mejoras sustanciales en servicios utilizados masivamente, como el mencionado previamente, transporte público. Lo cual es de gran interés para entes gubernamentales.

Desde el punto de vista técnico, Kelawar tiene una fuerte infraestructura y un diseño escalable que permitirá avanzar con el proyecto sin ningún inconveniente.

Desde el punto de vista económico, el proyecto no representa una gran inversión para quien quiera disponer del mismo funcionando en un lugar.

Agradecimientos

El equipo Kelawar desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Universidad Nacional de La Matanza.
- Grupo de docentes de la Cátedra *Proyecto final de carrera*.
- Grupo de tutores.
- Familia y amigos del equipo Kelawar.

Referencias

[1] Fuente:

<https://www.statista.com/statistics/274774/forecast-of-mobile-phone-users-worldwide/>

[2] Un GPS estándar, utilizado en la gran mayoría de los dispositivos, tiene un error que va desde los 3 hasta los 100 metros según las condiciones que se den.

Fuente:

ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/GPS/GPS_Modulo.pdf

Trabajos Similares:

GeoIndoor:

<http://www.4dgeoservices.com/secGeoindoor.php>

Infsoft

<https://www.infsoft.com>

Datos de Contacto

- Comelli, Marcos Nahuel. Universidad Nacional de la Matanza. 1752. marcosnc.08@gmail.com
- Greve, Iván. Universidad Nacional de la Matanza. 1770. ivangreve@gmail.com
- Lado, Julián. Universidad Nacional de la Matanza. 1688. ladojulian@gmail.com
- Mijalchuk, Erik Alexander. Universidad Nacional de la Matanza. 1688. emijalchuk@gmail.com
- Turko Soto, Carolina. Universidad Nacional de la Matanza. 1766. turkosotocarolina@gmail.com

Desarrollo de un Traductor de Lengua de Señas Argentina (*Signum*)

Caamaño, María Celeste
Caggiano, Emiliano
Flores Leibenzon, Brian
Sabino, Camila

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

En un mundo donde el vehículo prioritario de comunicación es la lengua oral, las personas con discapacidad auditiva poseen menos posibilidades de estar y sentirse incluidas. El presente trabajo presenta a Signum, un traductor de Lengua de Señas Argentina (LSA) a español, y viceversa, cuyo fin es mejorar la comunicación de las personas sordas e hipoacúsicas del país en diferentes ámbitos sociales. El sistema implementa la traducción de señas a texto mediante el reconocimiento de imágenes y herramientas de la Inteligencia Artificial, en tanto que la traducción de español a LSA se efectúa asociando palabras y frases con imágenes de señas. Signum busca ser una tecnología inclusiva, capaz de expandir el aprendizaje y el uso de la LSA, para brindar a la comunidad sorda mayor autonomía en la interacción con personas oyentes.

Palabras Clave

Comunicación; Traductor; Lengua de Señas Argentina; LSA; Español; Hipoacusia; Sordera; Reconocimiento de imágenes; Inteligencia Artificial; Red Neuronal Convolucional; CNN; Sensor de movimiento; Signum.

Introducción

En Argentina, se estima que alrededor de 2 millones de personas padecen de sordera o hipoacusia en sus diferentes grados, esto es, aproximadamente un 4,5% de la población del país¹. La discapacidad auditiva puede manifestarse en el individuo desde el nacimiento, o bien, aparecer durante alguna etapa de la vida, volviéndose una afección común en adultos mayores y ancianos.

Para poder comunicarse con su entorno, las personas sordas e hipoacúsicas han adoptado la lengua de señas como su lengua natural. Sin embargo, esta lengua cuenta con muy pocos hablantes fuera de la

comunidad sorda, obstaculizando la comunicación de sus miembros, y afectando sus posibilidades de inclusión y desarrollo personal.

La lengua es el principal elemento de transmisión cultural y, por lo tanto, una herramienta básica para el desarrollo del ser humano como ser social. Las personas con discapacidad auditiva necesitan y tienen derecho a utilizar la lengua de señas, y es una responsabilidad social establecer las condiciones para que puedan hacerlo.

En base a esta necesidad, surge el proyecto *Signum*, un sistema que busca mejorar la interacción de los hablantes de la LSA con su entorno, a partir de la traducción automatizada del sistema de señas al español, y viceversa.

Mediante la implementación de los dos sentidos de traducción, *Signum* plantea incluir a cualquier persona en una conversación en LSA, o bien, invitarla a su aprendizaje.

Lengua de Señas Argentina

Las personas sordas pueden comunicarse a través de un código gestual conocido como lengua de señas, el cual varía según la región del planeta donde se ponga en práctica. En el caso de Argentina, la lengua se denomina LSA y se encuentra regulada por el Instituto Nacional de Lengua de Señas Argentina (INALSA).

La lengua de señas se diferencia de las lenguas orales en que se realiza en el espacio tridimensional y utiliza, por lo tanto, el canal de comunicación viso-

gestual. Sus órganos de articulación son las manos, los brazos, el tronco y el rostro.

Se estima que la LSA posee actualmente 60.000 hablantes², de los cuales la mayoría de ellos son monolingües en esa lengua, y, si bien tienen una familiaridad básica con el español, son analfabetos funcionales.

Alcance del Trabajo

El sistema *Signum* propone tres funcionalidades principales:

- Traductor de LSA, pensado para actuar como intermediario en una conversación cara a cara entre un usuario hipoacúsico y otro oyente.

En esta sección de la aplicación, los usuarios podrán iniciar una conversación y alternar entre los dos modos de traducción según se requiera. *Signum* se encargará de realizar las traducciones y mostrar los resultados por pantalla para procurar una comunicación fluida.

- Chat en LSA, diseñado para establecer una conversación remota entre dos usuarios.

Al igual que la funcionalidad anterior, el chat ofrece establecer una conversación y alternar entre los dos modos de traducción, pero esta vez los usuarios podrán encontrarse en sitios diferentes. *Signum* se encargará de traducir los mensajes y enviarlos por la red a sus destinatarios.

- Aprendizaje de la LSA, funcionalidad ideada para que los usuarios puedan practicar señas de la LSA y ser evaluados mientras lo hacen.

En esta sección de la aplicación, el usuario podrá seleccionar una seña del catálogo e iniciar una práctica. *Signum* le enseñará cómo realizar la seña y lo evaluará mediante el uso de una cámara mientras ejercita. El sistema finalizará la práctica cuando el usuario ejecute la seña correctamente.

Si bien el proyecto *Signum* abarca la traducción LSA-español en ambos sentidos, a lo largo de este trabajo se abordará como tema principal la traducción de la LSA al español, por ser esta la más desafiante en el dominio de la Ingeniería en Sistemas de Información.

Dicha traducción se llevará a cabo sobre gestos con componentes dactilológicos, es decir, aquellos que el individuo realiza con los dedos y/o las manos, quedando así excluido el reconocimiento de rasgos no manuales (RNM), como la postura y los gestos faciales.

Trabajos Relacionados

En la actualidad, no existen en el país soluciones que permitan la traducción de la LSA al español, aunque sí han comenzado a aparecer aplicaciones dedicadas a traducir del español a la lengua señas, utilizando imágenes para representar las señas.

En el contexto internacional, en cambio, existen algunas soluciones aproximadas al proyecto *Signum* que emplean diferentes tecnologías. Se han encontrado soluciones donde el usuario debe utilizar un guante con sensores, los cuales permiten captar y transmitir el movimiento de las manos o los dedos, y efectuar la traducción a través de un software. Otros proyectos hacen uso de cámaras profundas y realizan el reconocimiento de las señas mediante herramientas de *machine learning*, tal como lo plantea *Signum*.

Pese a existir en el mundo algunas soluciones que atacan la problemática de comunicación de la comunidad sorda, estas no podrían implementarse directamente en Argentina, debido a las diferencias léxicas entre la LSA y la lengua de señas de otros países.

Elementos del Trabajo y Metodología

Antes de ahondar en los métodos de reconocimiento de señas aplicados por *Signum*, cabe distinguir entre los dos tipos de señas dactilológicas que considera la

solución: las *dinámicas* y las *estáticas*. Las señas dinámicas hacen referencia a aquellas que presentan un desplazamiento de las manos del usuario en diferentes puntos del espacio, mientras que las señas estáticas comprenden aquellas en las que la mano que la ejecuta permanece inmóvil en una posición e interesa exclusivamente la configuración de la palma y los dedos.

Para lograr el reconocimiento de las señas dinámicas, se ha resuelto el uso de un sensor de movimiento 3D.

La funcionalidad de detección de las partes del cuerpo en tiempo real es propia de muy pocos dispositivos hardware en la actualidad. En general, estos dispositivos se basan en una cámara RGB y sensores de profundidad, y han surgido en el mercado como tecnologías de videojuegos. Entre ellos, la tecnología *Kinect* de *Microsoft* es uno de los dispositivos más destacados en la actualidad, gracias a sus favorables resultados en el seguimiento del cuerpo del usuario, proceso que fue denominado como *skeletal tracking*. La ventaja diferencial de *Kinect*, por la cual ha sido seleccionada para este proyecto, es que ofrece herramientas para los desarrolladores de software a través de un *SDK (Software Development Kit)*³.

Por otro lado, para lograr el reconocimiento de las señas estáticas, se optó por el desarrollo de una Red Neuronal Artificial de tipo Convolutiva (*CNN*), empleando las siguientes herramientas:

- **OpenCV**: biblioteca *open source* para el reconocimiento de objetos. Ofrece funciones para detectar en una escena la mano del usuario y capturarla dentro de una región de interés. Estas imágenes son las que se envían a la *CNN* para su procesamiento.
- **TensorFlow⁴ y Keras⁵**: bibliotecas *open source* que proveen herramientas de *machine learning*. Permiten definir el modelo de la *CNN*, entrenarla y luego ejecutarla en la aplicación para realizar el reconocimiento de señas estáticas.

Modelos del Problema

a) Modelo de Señas Dinámicas

La principal funcionalidad del dispositivo *Kinect* es el *skeletal tracking*, esto es, el seguimiento del esqueleto humano, basado en un algoritmo que logra identificar las partes del cuerpo de las personas que están en el campo de visión del sensor (*ver Figura 1*). Por medio de este algoritmo es posible localizar las partes del cuerpo del usuario y obtener datos que permitan identificar sus gestos. Así, de cada punto del esqueleto se obtiene su posición en el espacio respecto al sensor, es decir, las distancias cartesianas *x* e *y*, y la profundidad *z* en la que se encuentra el punto.

Finalmente, relacionando las posiciones de las manos del usuario con otras partes de su cuerpo, se analiza si los gestos que realiza se corresponden con una seña de la LSA.

Para el reconocimiento de las señas dinámicas, haremos especial uso de los puntos (*joints*) referidos a los miembros superiores del cuerpo del usuario: cadera, torso, brazos, manos y cabeza, ya que éstos son los órganos de articulación de la LSA.

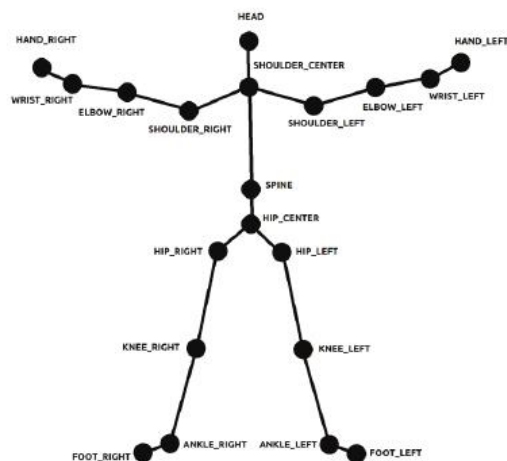


Figura 1: Puntos del esqueleto reconocidos por el dispositivo *Kinect*.

Cada seña dinámica es modelada en el sistema como una serie de segmentos, considerando como *segmento* a una

posición específica de la(s) mano(s) del usuario dentro de la secuencia de movimiento de la seña ejecutada. Dicho con otras palabras, una seña dinámica se constituye por una secuencia de gestos en el tiempo y el espacio, y cada uno de esos gestos es una entidad a la cual denominamos *segmento*, que tiene asociada una coordenada (x, y, z) y un orden de ejecución.

Bajo este esquema, el sistema estará en condiciones de reconocer una seña dinámica, si y sólo si, el usuario produce frente al sensor todos los segmentos de la seña en el orden especificado.

El proceso encargado de traducir al español las señas ejecutadas se denomina Traductor LSA. Mientras se encuentre activado, el sensor Kinect se encargará de monitorear los movimientos del usuario y proporcionar estos datos al traductor, para que este pueda analizarlos en busca del patrón de alguna seña dinámica. De esta manera, cuando una seña sea reconocida, el traductor le facilitará su significado en español al servicio que lo requiera.

b) Modelo de Señas Estáticas

En la actualidad, una de las herramientas más eficaces para la clasificación de imágenes corresponde a las redes neuronales artificiales convolucionales (CNNs por sus siglas en inglés). Una red neuronal consiste en un modelo computacional compuesto por capas de neuronas en cuyas conexiones se almacenan números, denominados pesos, que le brindan la capacidad de aprender. Cada neurona es una unidad de procesamiento que recibe determinadas entradas, realiza cálculos y luego aplica una función de activación para pasarle información a las próximas neuronas de procesamiento. En el modelo de las CNNs, las neuronas artificiales se corresponden con campos receptivos de una manera similar a las neuronas de la corteza visual primaria de un cerebro biológico.

Durante su funcionamiento, una CNN produce cuatro operaciones principales:

- Capa Convolutiva: su principal propósito es realizar la convolución, esto es, aplicar sobre la imagen de entrada una máscara o filtro para extraer ciertas características, reduciendo así el número de conexiones y la cantidad de parámetros a entrenar. El patrón generado por esta capa se denomina mapa de características.
- Función de Activación: es aplicada después de cada convolución; la más utilizada en las CNNs es el Rectificador Lineal de Unidad (ReLU). Su objetivo es quitarle linealidad al modelo, eliminando la relación proporcional entre la entrada y la salida de la red.
- Capa de Reducción o Pooling: su utilidad principal radica en la reducción de las dimensiones espaciales (ancho x alto) de la imagen para la siguiente capa convolutiva. Esta operación también se denomina reducción de muestreo, ya que la disminución de tamaño conduce a la pérdida de información. Sin embargo, una pérdida de este tipo resulta beneficioso para la red porque conduce a una menor sobrecarga de cálculo para las próximas capas. La operación que se suele utilizar en esta capa es *max-pooling*, que divide a la imagen de entrada en un conjunto de rectángulos y, de cada subregión, se va quedando con el máximo valor.
- Capa Totalmente Conectada (o Densa): al final de las capas convolucionales y de pooling, la red realiza la clasificación de la imagen de entrada mediante una o más capas de neuronas completamente conectadas. En esta capa, cada píxel de la imagen resultante del procesamiento se corresponde con una neurona, la cual se encuentra

conectada con las neuronas de la capa precedente. La última capa, denominada capa clasificadora o de salida, tendrá tantas neuronas como el número de clases distintas que la red deba identificar.

Arquitectura de la CNN Implementada

La CNN utilizada para este proyecto consta de 4 capas convolucionales con filtros de 3x3, activaciones *ReLU* y múltiplos de 32 neuronas en cada capa (32, 64, 128 y 128 sucesivamente). Entre cada capa convolucional, se emplea una capa de reducción donde se aplica la operación *max-pooling* para reducir la dimensión de las imágenes. Tras los procesos de convolución y reducción, las imágenes pasan a una capa densa con 512 neuronas y función de activación *ReLU*. Finalmente, las imágenes son llevadas a una capa de salida con 28 neuronas y función de activación *sigmoid*, en la cual se produce la clasificación.

Entrenamiento de la CNN Implementada

El correcto funcionamiento de una red neuronal depende de su entrenamiento. La CNN implementada por el sistema *Signum* posee una estrategia de entrenamiento *off-line*, es decir que la red sólo aprenderá durante la fase de desarrollo y, una vez en producción, utilizará el modelo preentrenado para operar.

El primer prototipo de la CNN ha sido entrenado para reconocer 28 clases de señas estáticas, correspondientes a los números "1, 2, 3, 4 y 5", y todas las letras del abecedario español, exceptuado las letras "H, J, K y Z".

Para la etapa de entrenamiento y validación se obtuvieron muestras mediante la cámara *Kinect* y la biblioteca *OpenCV*, aplicando una región de interés resaltada (ROI) sobre la mano del usuario. En esta instancia, se capturaron muestras a partir de dos usuarios, un hombre y una mujer, los cuales fueron considerados por sus diferencias

fisiológicas, tal como la altura y la textura, con el fin de tener diversidad en los patrones de aprendizaje de la red. Las muestras obtenidas fueron agrupadas de acuerdo a su clase (nombre de la seña) y divididas utilizando la proporción 60-40: el 60% de ellas fue seleccionado para entrenamiento y el 40% para validación, realizando dicha selección de manera aleatoria. En base a esta decisión, por cada clase de seña se tomaron 1000 muestras por usuario, de las cuales 600 se utilizaron para entrenar la red y 400 para validar su comportamiento.

Las imágenes con las que opera la red tienen un tamaño de 300x300 píxeles. Para ayudar a simplificar la imagen de entrada, durante el procesamiento se aplica una máscara binaria que resalta los bordes de la mano. El patrón de análisis se reduce entonces a una silueta de líneas negras sobre un fondo blanco (ver Figura 2).

El modelo de la CNN fue entrenado con el backend de *TensorFlow*, utilizando una PC con tarjeta gráfica *NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti*, procesador *Intel Core i7* de 3,8 GHz y 8 GB de RAM. El entrenamiento de la red duró 4 iteraciones de 70 pasadas cada una, alcanzando un total de error de 0,01.

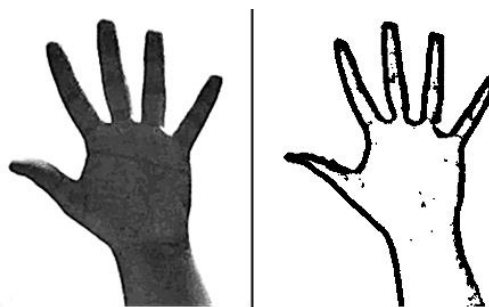


Figura 2: Resultado de la imagen de una mano tras aplicar convolución.

Resultados Obtenidos

a) Resultados del Reconocimiento de Señas Dinámicas

El primer prototipo del sistema *Signum* implementa el reconocimiento de 15 señas dinámicas, a saber: los pronombres

personales “Yo, Vos, Él, Ella, Nosotros y Ustedes”, los lugares “Casa y Escuela”, las expresiones de saludo “Hola, Chau y Mal”, la fórmula de cortesía “Gracias”, la acción “Ir”, y los adjetivos “Alto y Chico”.

La selección del vocabulario de *Signum* surgió a partir de un relevamiento realizado sobre un grupo de hablantes de la LSA, en el que se indagó acerca de la utilidad y frecuencia de uso de las señas. Debido a la limitación del tiempo de desarrollo del sistema, solo se ha modelado un conjunto acotado del vocabulario de señas definido.

Durante las pruebas realizadas, el sistema *Signum* ha logrado reconocer las 15 señas dinámicas correctamente bajo las siguientes condiciones:

- Dispositivo *Kinect* ubicado a una altura entre 0,6 y 1,8 metros respecto del suelo.
- Usuario ubicado a una distancia entre 1,4 y 3 metros respecto del sensor.
- Intervalo de tiempo mínimo entre señas: 2 segundos.

b) Resultados del Reconocimiento de Señas Estáticas

Para probar el reconocimiento de señas estáticas, se realizaron pruebas con cuatro usuarios diferentes, incluidos los dos usuarios que sirvieron de modelo para capturar las muestras. En las pruebas ejecutadas, se ha logrado un rendimiento del 80%. Es decir que la CNN ha logrado reconocer aproximadamente 8 de cada 10 señas estáticas ejecutadas, basándose en los patrones aprendidos durante la etapa de entrenamiento. Por otro lado, la red fue capaz de pasar las pruebas de verdaderos negativos (VN), rechazando configuraciones de la mano no aprendidas, consideradas como señas inválidas.

En los resultados de pruebas exitosas, se logra reconocer la seña ejecutada incluso cuando la mano del usuario presenta una leve rotación. Otro hecho para destacar es que las señas fueron reconocidas independientemente del tamaño o textura física del usuario, así como de

su vestimenta al momento de utilizar el sistema.

Problemas Encontrados

A medida que se fueron incorporando nuevas señas dinámicas al traductor, fue necesario redefinir con mayor detalle algunas de las señas ya existentes, con el fin de no entorpecer su reconocimiento. Por ejemplo, al momento de incorporar una seña con un gesto similar a una ya presente en el sistema, hubo que refinar los modelos de ambas señas ampliando la definición de sus segmentos. De esta manera, se ha logrado contar con definiciones de señas mutuamente excluyentes para el traductor.

En términos generales, el reconocimiento de señas dinámicas es una tarea que presenta bastantes limitaciones para el traductor, ya que este muestra dificultad para detectar señas demasiado similares o coincidentes en la mayoría de sus segmentos. Ante casos de esta índole, el traductor diverge en el reconocimiento de la seña, tendiendo a equivocarse al momento de arrojar el resultado de la traducción.

Otro obstáculo que se ha encontrado durante el desarrollo del sistema, fue la imposibilidad de detectar señas que utilizan simultáneamente el movimiento de las manos y la configuración de los dedos, ya que ello requiere el reconocimiento paralelo por parte del sensor *Kinect* y la CNN, condición que supera las actuales características de *Signum*. Dentro de esta categoría de señas se encuentran las letras “H, J, K y Z”, las cuales debieron ser excluidas del vocabulario del sistema.

Por último, las pruebas realizadas manifestaron que la efectividad del sistema disminuye notablemente cuando existe poca luz en el ambiente, o bien, cuando el fondo utilizado presenta irregularidades o hay demasiados objetos alrededor del usuario.

Discusión: Ventajas de su Implementación

Los beneficios implicados en la implementación del sistema *Signum* son:

- Posibilidad de comunicar a una persona sorda o hipoacúsica con una persona oyente desconocedora de la lengua de señas, sin la asistencia de un intérprete de LSA, ya que la herramienta será capaz de automatizar la traducción LSA-español en ambos sentidos.
- Mayor agilidad y difusión de la comunicación en LSA gracias a las dos modalidades ofrecidas: Traductor, la cual facilitará la interacción de dos usuarios en un mismo ámbito, y Chat, que permitirá conectar a usuarios en sitios remotos.
- Aumento de la inclusión social para miembros de la comunidad sorda del país, ya que habrá una mayor posibilidad de expandir el aprendizaje y uso de la LSA en diferentes ámbitos sociales, tal como lugares de trabajo, hospitales escuelas, entre otros.
- Introducción de personas oyentes a la lengua de señas, gracias a que el sistema permitirá el aprendizaje autónomo de la LSA, a través de prácticas guiadas en las que el usuario podrá ser evaluado.
- La principal ventaja de un traductor automático sobre un intérprete humano es la disponibilidad: no es posible contar con una persona capaz de traducir la LSA en cada sitio donde se requiera. *Signum*, en cambio, podrá ser transportado y utilizado en entornos de cualquier índole, sin restricciones de conectividad.

Conclusión y Trabajos Futuros

La tecnología es hoy en día una de las principales herramientas para la inclusión, porque nos ayuda a superar los límites

humanos, empoderando a las personas y ayudándolas a resolver cosas que antes eran impensadas. En este contexto surge *Signum*, cuyo principal fin es poder incluir a una parte minoritaria de la sociedad, la comunidad hipoacúsica del país, permitiéndoles comunicarse con su entorno. Nuestro mayor deseo es que *Signum* pueda llegar a un gran número de personas y ser utilizado como una herramienta de inclusión en cualquier lugar donde exista conexión humana. Queremos que en los próximos años las actividades del hombre y las nuevas tecnologías transiten un camino juntos con el objetivo de eliminar barreras. No podemos dejar que las personas con discapacidad auditiva sean sólo ellos quienes pongan todo su esfuerzo en participar en un mundo en el que no logran hacerse entender, debemos desarrollar y fomentar tecnología que ayude a combatir el modelo de exclusión que se ha vivido hasta el momento.

Signum es un sistema de traducción que actualmente puede reconocer un total de 43 señas en el sentido LSA a español, y que es capaz de interpretar texto en español y llevarlo a imágenes de señas de la LSA, brindando la posibilidad de establecer una conversación entre una persona sorda o hipoacúsica con otra persona que desconoce la lengua de señas.

Como trabajo futuro, se proyecta que *Signum* incluya en su vocabulario la definición de más señas dinámicas y se pretende incorporar dentro del modelo de señas estáticas los números del 6 al 9. Asimismo, se trabajará para introducir las 4 letras del abecedario faltantes. En cuanto al desempeño del sistema, se dedicarán esfuerzos para conseguir un menor consumo de recursos de memoria y de procesamiento, ya que ello es hoy en día la principal limitación técnica para los usuarios.

Referencias

- [1] Población hipoacúsica en Argentina [en línea]. Consulta realizada el 08/06/2017: <https://www.ethnologue.com/country/AR>
- [2] Número de hablantes de la LSA [en línea]. Consulta realizada el 08/06/2017: <https://www.ethnologue.com/language/aed>
- [3] Kinect for Windows Programming Guide [en línea]. Microsoft Docs, 2014: [https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/kinect/dn782037\(v%3Dweb.10\)](https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/windows/kinect/dn782037(v%3Dweb.10))
- [4] Documentación de TensorFlow [en línea]. TensorFlow, 2018: <https://www.tensorflow.org/guide/>
- [5] Torres, J. *Deep Learning: Introducción práctica con Keras*. Barcelona, España: Independently published, 2018.
- [6] Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. *Diccionario Lengua de Señas Argentina Español*. Buenos Aires, Argentina: Talleres Gráficos del Ministerio de Educación, 1997.
- [7] Libro online de la Comunidad Argentina de Inteligencia Artificial [en línea]. Consulta realizada el 14/07/2017: <https://iaarbook.github.io/>

[8] García Martínez, R., Pasquini D. y Servente M. *Sistemas Inteligentes*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Librería, 2003.

[9] Isasi Viñuela, P. y Galván I. M. *Redes de Neuronas Artificiales: Un enfoque práctico*. Madrid, España: Pearson Educación, 2004.

Datos de Contacto:

María Celeste Caamaño. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. C1179AAQ. celeste.caa@hotmail.com.

Emiliano Caggiano. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. C1179AAQ. emiliano.caggiano95@gmail.com.

Brian Flores Leibenzon. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. C1179AAQ. brianfleibenzon@gmail.com.

Camila Sabino. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. C1179AAQ. camila.sabino1@outlook.com.

Ataxia Visión: Sistema de asistencia en la rehabilitación del miembro superior para Ataxia Adquirida

Bonaventura, Gabriel

Casuscelli, Camila

Mancusi, Camila

Molina, Ariel

Pérez, Federico

Universidad Nacional de La Matanza

Abstract

Alrededor de 1 cada 2.000 personas padecen de ataxia. El propósito de este proyecto es crear un producto que permita mejorar la eficiencia de la fase de rehabilitación de aquellos que presenten signos clínicos de ataxia súbita o esporádica.

En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de un sistema de asistencia sobre los movimientos del brazo derecho durante el programa de rehabilitación.

Con el objetivo de medir la evolución del paciente, desarrollamos un exoesqueleto para el miembro superior e hicimos uso de computación visual para recolectar información de la posición del mismo durante los ejercicios a realizar en cada sesión. La experiencia recabada resultará de importancia para construir productos con foco en padecimientos motrices.

Palabras Clave

Ataxia adquirida, rehabilitación, miembro superior, exoesqueleto, servomotores, Arduino, Kinect Xbox 360.

Introducción

Según NAF [1] se estima que 150.000 personas en Estados Unidos se ven afectados por la ataxia. El presente proyecto se centra en la rehabilitación de aquellos pacientes que padezcan del tipo de ataxia adquirida, la cual debe su aparición a determinado/s evento/s en la vida de la persona, tales como un ACV, cáncer, un constante abuso de alcohol entre otros; por lo que además es tratable [2].

Ataxia visión se enfoca particularmente en asistir a la rehabilitación en los movimientos de rotación del codo y flexo-extensión del miembro superior derecho. Hoy en día son escasos los dispositivos adaptativos accesibles, que brinden asistencia durante la rehabilitación (o vida cotidiana) en los

movimientos realizados con los brazos, a diferencia de los miembros inferiores para los cuales se pueden encontrar productos de asistencia tales como andadores y bastones.

La intención de este proyecto consiste en facilitar la rehabilitación mediante un dispositivo configurable y adaptable con el fin de disminuir complicaciones y mejorar la calidad de vida del paciente a largo plazo, permitiendo también realizar el seguimiento del proceso durante y post-sesión [3].

Entorno de desarrollo

A la hora de seleccionar los recursos para el desarrollo, se optó por la elección de tecnologías y entornos de código abierto, tomando como base un perfil colaborativo. Se escogió trabajar con el sistema operativo Windows 7 (versión mínima), utilizar el lenguaje de programación Visual C# .NET y el Software Development Kit (SDK) versión 1.8 para hacer uso del sensor Kinect. Además, se utilizó Arduino Software IDE para el desarrollo implementado en la placa, recurriendo a la librería servo.h para la administración de los servomotores [4].

Desde el punto de vista lógico del sistema, el mismo cuenta con los siguientes tres módulos:

- **Aplicación multiplataforma de Ataxia Visión (AMAV)**
Aplicación Web Progresiva (PWA) [5] disponible mediante ingreso a la web y descargable al instante. Permite accesibilidad desde computadoras de

escritorio y dispositivos móviles sin necesidad de generar múltiples desarrollos ni satisfacer diferentes necesidades nativas de cada plataforma. Desde esta sección, el personal médico puede administrar a los pacientes y generar reportes de actividad.

Además, este módulo se encarga de la generación de tokens para cada sesión que se llevará adelante por el personal médico y el paciente. Para ello, debe además realizar la comunicación con los Servicios *Cloud*, permitiendo asimismo la autenticación de usuarios en la aplicación, así como también la configuración de los pacientes.

- Servicios *Cloud* de Ataxia Visión (SCAV)

Implica desarrollos sobre la plataforma *Firebase (Google)* [6] para dar servicios tanto a la AMAV o al DAV. Se encarga de servir la aplicación mediante hosting, así como también ofrecer un servicio de base de datos en tiempo real que permite el almacenamiento de información de pacientes, reportes y profesionales que interactúan con la plataforma.

- **Funciones de Base de Datos:** Este módulo expone los diferentes métodos que se pueden realizar sobre el esquema de base de datos del sistema. Contiene funciones para actualizar pacientes, generar sesiones y exponer los reportes de los pacientes.
- **Servicios de Hosting *Cloud*:** Este módulo se encarga de servir la AMAV a los usuarios finales del sistema. Consta de diversos archivos de configuración y una versión optimizada para ambientes de producción de los archivos fuente de AMAV.

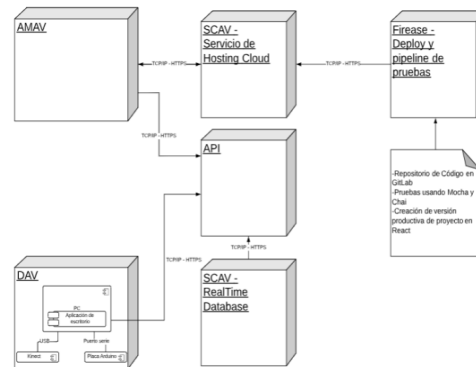


Figura 1. Despliegue del sistema completo

- Aplicación de escritorio

La aplicación de escritorio es el *Core* del sistema dado que la cual tendrá la responsabilidad de controlar el ejercicio de rehabilitación a partir del ingreso del token previamente generado, así como también se deberá comunicar con los Servicios *Cloud* para enviar la información capturada de todas las sesiones ejecutadas.

Desde aquí el profesional de la salud configura los valores de desvío aceptables, el objeto a tomar e inicia el proceso de rehabilitación.

Esta aplicación será responsable de manejar toda la lógica necesaria para:

- La detección de objeto y el brazo del paciente.
- Cálculo de distancia entre el brazo y objeto junto con los respectivos ángulos finales.
- Identificación de desvíos.
- Almacenamiento local de datos de la sesión.
- Sincronización de los datos con el servidor web.

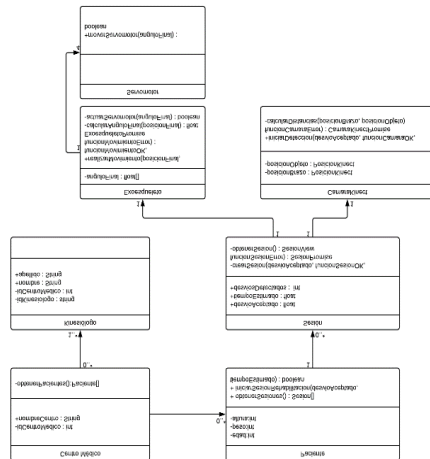


Figura 2. Diagrama de clases – Sesión de rehabilitación

Dispositivo de Ataxia Visión (DAV)

El Dispositivo de Ataxia Visión cuenta con los siguientes componentes físicos:

- **Exoesqueleto**

Es la estructura rígida que se coloca en el brazo y acompaña a los movimientos del mismo.

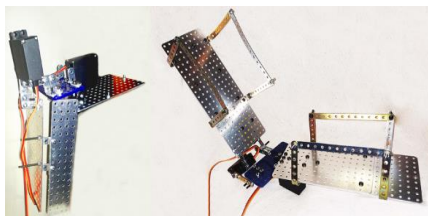


Figura 3. Exoesqueleto- hombro y codo

- **Kinect XBOX 360**

Es el dispositivo mediante el cual se realiza la detección del brazo junto con el objeto a interactuar, durante todo el ejercicio [7].



Figura 4. Kinect XBOX 360

- **Placa Arduino Nano**

Su función es la de comunicarse con la aplicación de escritorio. De acuerdo con la instrucción recibida, debe accionar el servomotor correspondiente (para lo cual recibe el ángulo de giro) [8] o sacar la tensión de los servos si se cancela la sesión. Para ambas situaciones, la placa envía una confirmación de que se realizó exitosamente.

- **Servomotores**

El exoesqueleto cuenta con cuatro de ellos los cuales se posicionan en las proximidades del hombro y codo, dos en cada articulación. Estos componentes son gobernados por la placa Arduino y se encargan de realizar los giros correctivos necesarios respondiendo a una determinada cantidad de grados. Cada uno de estos se conectan a su respectivo sensor de corriente que por medio de voltajes identifica los movimientos descoordinados. Cuentan con un torque de 10 kilogramos a 4.8 volts [9], el cual es el adecuado para provocar un impulso no dañino.



Figura 5. Servo Tower Pro MG996R

- **Sensor de corriente ACS712**

Se dispone de cuatro de ellos, uno para cada servomotor. Su función es simplemente medir la corriente, entregando una salida de voltaje proporcional a ella [10]. Si se detecta un consumo mayor al normal, se está

produciendo un desvío y al existir un sensor por servomotor, es posible identificar en donde se produce el mismo. Los sensores de corriente se conectan a la Arduino Nano y a su vez, a estos se le conectan los servomotores [11] tal como se muestra en la siguiente figura.

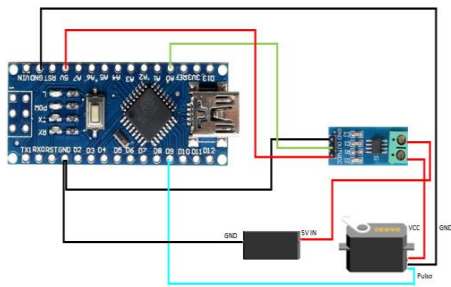


Figura 6. Conexiones entre Arduino, un sensor y un servomotor

- Fuente de Alimentación Pronext**
 Su función consiste en brindar alimentación a los servomotores. Se usa una fuente con 5 volts y 5 ampere.

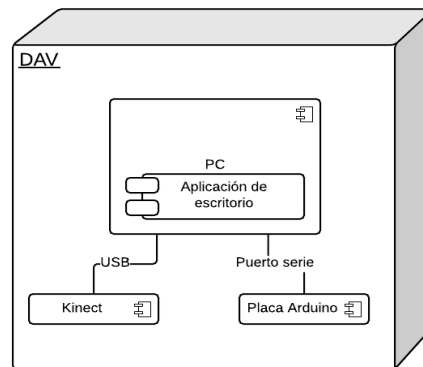


Figura 7. Vista despliegue de DAV

- Ordenador/ Computadora**
 En la misma, se instala la aplicación de escritorio responsable del procesamiento de la información de la sesión. Además, permite la conexión entre la Kinect y la placa Arduino Nano, utilizando dos puertos USB de la misma para cada componente. Deberá contar con un sistema operativo Windows 7 o mayor versión.
- Cable Adaptador Xbox 360 Kinect**
 Su única función consiste en permitir la interconexión entre la misma, el ordenador y el tomacorriente.

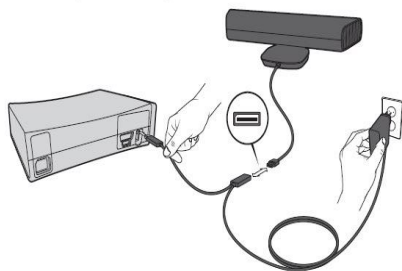


Figura 6. Comunicación entre ordenador y Kinect

Solución software aplicada

La Kinect realiza la detección del brazo y el objeto. El paso siguiente consiste en determinar la distancia entre ellos y se procede a realizar el cálculo para establecer los ángulos finales para el alcance del objeto usando trigonometría. Estos ángulos son enviados a la placa Arduino.

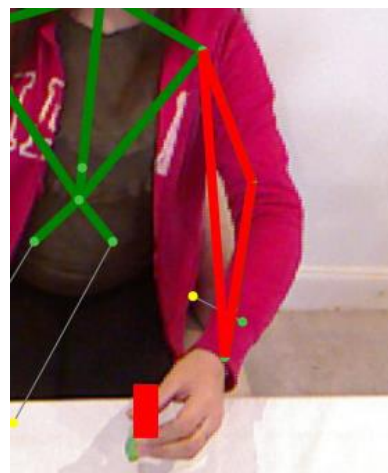


Figura 8. Detección de objeto-brazo

Mientras el brazo del paciente se mueve, se registran los consumos de los servos, y al detectar un consumo excesivo, se contempla

como un desvío lo cual implica que se está efectuando un movimiento erróneo respecto al ideal, y se registran para el posterior análisis del profesional médico [12].

Por cada desvío identificado mediante el consumo de corriente de los servomotores, se almacenan localmente los datos del mismo, y posteriormente, son sincronizados con el servidor web, al finalizar la sesión de rehabilitación.

Sincronización de datos

El dispositivo de Ataxia Visión tiene dos modos de operación.

- **Modo online (con conexión a internet):** Si el ordenador cuenta con conexión a internet, los tiempos y desvíos se sincronizarán en el instante en el que se detectó que el paciente pudo alcanzar su objetivo. En caso de que, por algún motivo, se haya cancelado la sesión manualmente (mediante la aplicación), en ese instante se procede a quitar la tensión de los servomotores y a sincronizar los datos obtenidos. En resumen, con este modo, la sincronización se realiza al finalizar el ejercicio.
- **Modo offline (sin conexión a internet):** Se puede iniciar el ejercicio de rehabilitación sin tener conexión a internet desde la aplicación de escritorio. En la pantalla inicial se debe ingresar el token generado en la aplicación multiplataforma web, el cual asocia la sesión al registro del paciente a tratar y al profesional médico. De esta manera, los datos recopilados durante el ejercicio de rehabilitación (tales como tiempos y los ángulos de desvío) se guardan de forma local en el ordenador utilizado. En el instante en el que se detecta que la conexión a internet se encuentra disponible, se sincronizan de forma automática los datos recopilados de las sesiones al servidor web.

Resultados

Como primera instancia de pruebas, se procedió a evaluar el comportamiento de los servomotores. De las pruebas realizadas para obtener el torque y la potencia otorgada por los mismos, se concluyó que con 10 kilogramos a 4.8 volts no resulta invasivo para el cuerpo humano y cumple con el objetivo de corrección de movimiento.

En segunda instancia, se observó el comportamiento de los pacientes sometidos al exoesqueleto durante un tiempo de más de 10 minutos y los mismos no presentaron señales de cansancio o fatiga correspondiente al tratamiento.

Por otra parte, los tiempos de respuesta entre la detección del desvío y la ejecución de la corrección del movimiento son aceptables ya que no superan un segundo y medio.

Finalmente podemos afirmar que el resultado de las pruebas preliminares es satisfactorio, siendo que al inicio del proyecto se definió como parámetro de calidad para la corrección de desvíos una latencia de tres segundos, por lo que principalmente se cumplió el objetivo de rectificar el desvío producido con precisión y tiempos óptimos.

Discusión

Si bien los resultados obtenidos en las pruebas realizadas hasta el momento son positivos, se proyecta extender las pruebas ampliando la muestra poblacional de pacientes que padezcan del tipo de Ataxia adquirida (con variantes grados de avance de la misma) con el fin de obtener ediciones de los resultados tomando como objetivo lograr una mejora continua.

Además, es importante resaltar que se debe realizar un control post-sesión sin el uso del exoesqueleto, para evaluar finalmente el progreso del comportamiento motor del paciente [13].

Conclusión

De acuerdo con los artículos [14] y [15] se pueden lograr grandes avances en el miembro superior con una intensa práctica motora; por tal argumento se decidió tomar

a esta extremidad como punto de partida para el desarrollo del presente proyecto. Este trabajo es un prototipo inicial dado que se limita al control del movimiento del brazo derecho, abordando la rotación del codo y la flexo-extensión, excluyendo los movimientos realizados con la mano. Sin embargo, esta es la base para conseguir una rehabilitación exitosa a largo plazo.

Con el propósito de mejorar la calidad de vida del paciente y recuperar su autovalidismo, dentro de los objetivos fundamentales del presente proyecto se encuentran la normalización del tono muscular de los miembros superiores, el aumento de la capacidad de reacción, la normalización de la amplitud y la movilidad articular, contribuir al mejoramiento de la coordinación, precisión y ritmo de los movimientos, mejorar patrones de escritura y desarrollar habilidades funcionales de autovalidismo. La meta final es lograr la regulación del movimiento y restablecimiento de la coordinación, de forma que el paciente sea capaz de realizarlo y adquiera confianza en la práctica de aquellas actividades que son esenciales para su independencia en la vida diaria.

Finalmente cabe destacar que se proyecta extender el monitoreo de los movimientos hasta los dedos añadiendo diferentes sensores en los mismos, adicionar al brazo izquierdo e incluso cambiar la alimentación del sistema a baterías incluyendo además una conexión bluetooth para disminuir el uso de cables y así aumentar la comodidad del paciente. Esto representa un comienzo en un largo trayecto por recuperar la autosuficiencia de estas personas.

Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Universidad Nacional de La Matanza.
- Grupo de docentes de la Cátedra de Proyecto final de carrera.
- Grupo de tutores.
- Familia y amigos del grupo de desarrollo.

Referencias

- [1] *National Ataxia Foundation (NAF)* - Catálogo de publicaciones
<https://ataxia.org/fact-sheets/>
- [2] *Physical Therapy and Rehabilitation for Ataxic Patients*
[http://bioclima.ro/Balneo%20\(44\).pdf](http://bioclima.ro/Balneo%20(44).pdf)
- [3] *Acquired cerebellar ataxias and differential diagnosis*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877184X09700760?via%3Dihub>
- [4] *Arduino: Servo Library*
<http://playground.arduino.cc/ComponentLib/Servo>
- [5] *Evaluation and Implementation of Progressive Web Application*
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142997/PWA%20thesis.pdf?sequence=1>
- [6] *Firebase Documentation*
<https://docs.expo.io/versions/latest/guides/using-firebase>
- [7] *Accuracy and resolution of Kinect depth data for indoor mapping applications*
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3304120/>
- [8] *Introduction to Servo Motors*
<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/references/introduction-to-servo-motors>
- [9] *Servo Tower Pro MG996R - Specifications*
<https://datasheetspdf.com/pdf-file/942981/ETC/MG996R/1>
- [10] *Sensor de corriente ACS712 – Especificaciones*
<https://www.allegromicro.com/~media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>
- [11] *Investigation into soft-start techniques for driving servos*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957415813002341>
- [12] *High curvature and jerk analyses of arm ataxia*
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs004220000201>
- [13] *Clinical Review Of Physical Therapy Intervention For Ataxia*
<https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/2800/334.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [14] *Response to intensive upper extremity therapy by individuals with ataxia from stroke*
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1310/tsr1503-262>
- [15] *A multidimensional physical therapy program for individuals with cerebellar ataxia secondary to traumatic brain injury: A case series. Physiotherapy Theory and Practice*
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/09593985.2013.819952>

Sleep APPnea: Construcción de un sistema de detección de apnea obstructiva del sueño

Almaráz, Barbara Ailen

Gerez, Brian Facundo

Matallana Knoll, Javier

Paris, Gustavo Dante

Vitelli, Donatella Carla

Universidad Nacional de La Matanza

Abstract

En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción de un sistema que monitorea a una persona mientras duerme y permite detectar si padece de apnea obstructiva del sueño (AOS). El algoritmo que realiza el monitoreo fue desarrollado en Arduino y se ejecuta sobre una placa ESP32. La placa recibe los datos detectados por un sensor de movimientos (hilos conductores), ritmo cardíaco (pulsómetro), sonido y temperatura. En base a estos valores, el sistema realiza distintas acciones (alertas vibratorias y sonoras) con el objetivo de prevenir que el paciente sufra de una muerte súbita (el caso de apnea más complejo). Estos datos son enviados a través de bluetooth a una aplicación mobile construida en React Native, la cual se encarga de generar reportes sobre los resultados obtenidos durante el sueño y permite enviarlos, por medio de mail o WhatsApp, a un médico que los analizará y brindará su diagnóstico.

Palabras clave

AOS (Apnea Obstructiva del Sueño), Arduino, ESP32, Arduino IDE, bluetooth, Polisomnografía (Estudio de Sueño).

Introducción

La AOS es el trastorno de sueño más grave. Ocasiona que la respiración se detenga y se reanude repetidamente mientras la persona duerme debido a que los músculos de la garganta se relajan y bloquean la vía aérea respiratoria superior. Este trastorno provoca somnolencia, en los casos más simples, hasta la muerte súbita, en los casos más complejos. Según un estudio realizado por la Clínica de Sueño de Bogotá, hace veinte años atrás

se estimaba que el 10% de los hombres y el 7% de las mujeres sufrían de apnea a nivel mundial. En las últimas dos décadas, estos valores se incrementaron en un 27% y 12% respectivamente. Particularmente en Argentina, el 80% de las personas que sufren de apnea no lo saben. Según datos difundidos por el Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, basados en estadísticas del Ministerio de Salud, uno de cada diez argentinos muere a causa de muerte súbita y varias de estas muertes están ligadas al trastorno de AOS.

Las personas que padecen los síntomas de AOS deben realizarse el estudio de sueño (Polisomnografía), el cual se lleva a cabo en centros especiales. La persona debe pasar la noche en una de las camas allí, conectada a varios sensores en la zona de la cabeza, cuello y torso con un médico examinándola, lo cual puede resultar invasivo e incómodo. Se debe tener en cuenta que durante la noche del estudio podría no presentarse el episodio de apnea como se puede apreciar en la figura 1. Este proyecto tiene como intención desarrollar un sistema que permita monitorear el sueño de pacientes desde la comodidad de su casa permitiendo realizar hasta 30 mediciones mensuales sin necesidad de asistir a un centro de sueño y

someterse a todo lo que la Polisomnografía conlleva.



Figura 1 - Polisomnografía

Composición general

Composición física

El sistema está compuesto por:

- Placa ESP32: Su función es la de gestionar los sensores y actuadores.
- Faja elástica: Compuesta por hilos conductores y un dispositivo que contiene los sensores. Su función es detectar los signos vitales del paciente.
- Sensores y actuadores: Están capacitados para detectar acciones y estímulos externos y responder en consecuencia.



Figura 2 - Vista Externa



Figura 3 - Vista Interna

Composición lógica

Aplicación mobile:

- Se conecta con el ESP32 a través de bluetooth.
- Se encuentra disponible para los sistemas operativos Android y iOS.
- Utiliza como medio de comunicación entre usuario-médico y usuario-familiar: e-mail y WhatsApp.
- Cuenta con sesiones de autorización y autenticación de los datos de los usuarios utilizando Firebase. Estos deberán aceptar términos y condiciones para el recuerdo de los datos.

Lógica sobre placa ESP32:

- Se conecta con la aplicación mobile a través de bluetooth.
- Se comunica con los sensores y actuadores.

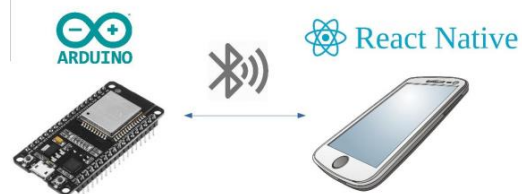


Figura 4 - Comunicación

Funcionalidades

Detección de una posible AOS

Por medio de la faja se miden los parámetros corporales. La medición se iniciará en el momento que el usuario presione sobre la opción “Comenzar sueño” y se generarán reportes en base los resultados obtenidos.

Enviar alertas

- Alerta vibratoria: Se activará en caso de que la persona deje de respirar por 10 segundos.
- Alerta sonora: Se activará cuando la persona siga sin respirar pasados 20 segundos.
- Notificación: Se enviará al familiar o médico registrado previamente en la aplicación si pasados 30 segundos la persona sigue sin respirar.

Enviar Reportes a un médico

Los reportes generados en base a los resultados medidos podrán ser consultados por el usuario la cantidad de veces que lo desee y se podrán enviar al profesional previamente registrado en la aplicación.

Estándares Aplicables

- Estándares de plataforma: Android y iOS.
- Tecnología de desarrollo: React Native para la aplicación *mobile* y lenguaje Arduino sobre placa ESP32 para gestionar los sensores y actuadores.
- Estándares de comunicación: Firebase y Heroku (TCP/IP, HTTPS, JSON).
- Estándares de procesos y modelado: RUP y UML.

Requerimientos

Requerimientos del Sistema

- Sistema operativo Android 6+, iOS 9+.
- Conexión a internet para el envío de reportes. En caso de no tener acceso a internet los reportes se almacenarán en el dispositivo hasta que este se conecte a una red.

Hardware

ESP32

La función de la placa electrónica es recibir datos de los siguientes componentes: hilos conductores, sensor de sonido, sensor de temperatura corporal y sensor de pulsaciones.

Al manejar la lógica del sistema, el módulo ESP32 tomará la potestad sobre las acciones a realizar por parte de los actuadores:

- Motor de vibración.
- Buzzer.

A continuación, se detallan las conexiones presentes en la placa:

1. Pines de entrada (Ver figuras 5 y 6):

- 2: Entrada digital para el sensor de temperatura.
- 39: Entrada analógica para los hilos conductores.
- 34: Entrada analógica para el sensor de sonido.
- 36: Entrada analógica utilizada para el sensor de pulsaciones.

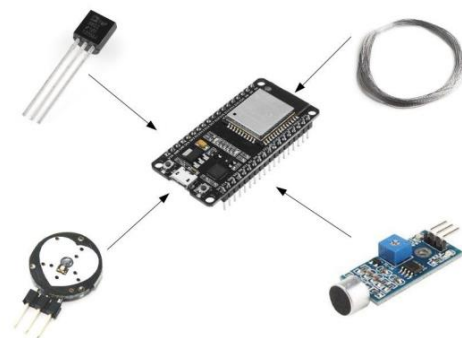


Figura 5 - Conexión ESP32 / Sensores

2. Pines de salida (Ver figuras 6 y 7):

- 16: Salida digital para el motor de vibración.
- 17: Salida digital para la alarma sonora.

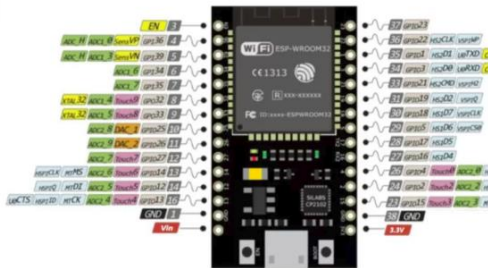


Figura 6 - Diagrama pinout ESP32

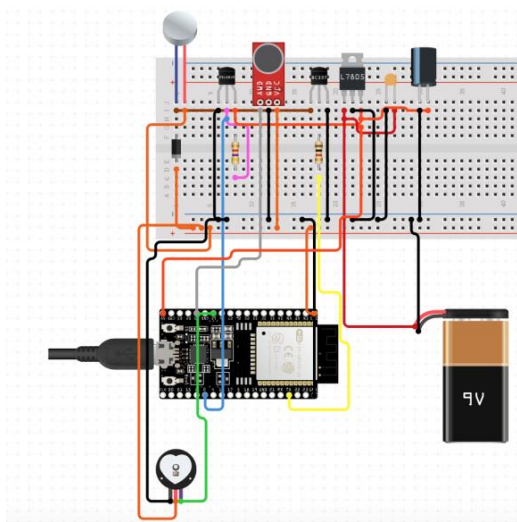


Figura 7 - Diagrama de conexión ESP32

Alimentación

El sistema será alimentado por una batería de 9 volts.

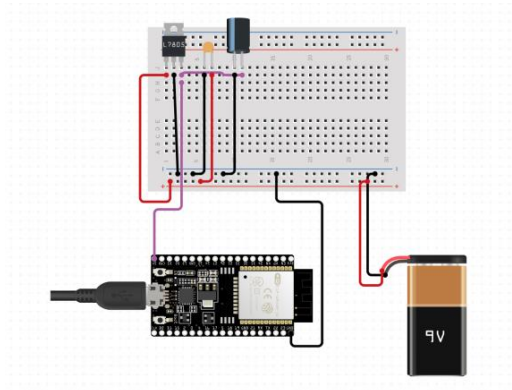


Figura 8 - Diagrama de Alimentación

Sensores

La placa electrónica ESP32 recibirá información de los siguientes sensores:

- **Sensor de sonido:** Encargado de detectar los niveles de ronquidos del usuario.



Figura 9 - Sensor de sonido

- **Sensor de temperatura corporal:** Encargado de tomar las mediciones de la temperatura del usuario durante el sueño.



Figura 10 - Sensor de temperatura corporal

- **Sensor de pulsaciones:** Encargado de informar las pulsaciones obtenidas del usuario.



Figura 11 - Sensor de ritmo cardíaco

Los sensores mencionados serán el input para el armado de reportes y el accionado de los actuadores durante el sueño del usuario en caso de ser necesario.

❑ Actuadores

La ESP32 ordenará a los actuadores que realicen diversas acciones cuando se requiera, según el panorama que se presente durante el sueño.

- **Motor de vibración:** Se utilizará en primera instancia para alertar al usuario luego de 10 segundos sin detectar movimientos en el torso.



Figura 12 - Motor de vibración

- **Buzzer:** Se utilizará para alertar al usuario en segunda instancia luego de 20 segundos sin detectar movimientos en el torso.



Figura 13 - Buzzer

Software

El software es el responsable de controlar todos los aspectos del sistema. Es, además, el administrador de todas las acciones que se realizarán y de los reportes a generar.

❑ Interfaces con sistemas externos

La aplicación tendrá que comunicarse con:

- Firebase para el log in del usuario.

- Gmail para el envío de mails a los médicos agendados previamente en la aplicación.
- WhatsApp para el envío de notificaciones a familiares o médicos ante alguna alerta que se detecte durante el sueño del paciente.

❑ Interfaces de comunicación

Los protocolos de comunicación utilizados en la aplicación son:

- HTTP: para realizar las conexiones al servidor, autenticación, y comunicación con la Base de Datos participando también en el envío de reportes.
- Bluetooth: para la transferencia de datos obtenidos desde los sensores hacia la aplicación.

Con la utilización de los protocolos ya mencionados, el sistema de detección de apnea está compuesto por cuatro módulos (Ver figura 14):

- **Aplicación Mobile:** Está desarrollada en React Native por lo tanto la misma es multiplataforma ya que puede ser instalada en Android y en iOS. Tendrá la funcionalidad de un orquestador, ya que consumirá los datos enviados por todos los componentes, los guardará en el módulo de Firebase y activará la generación de reportes.
- **Módulo ESP32 basado en código Arduino:** Se encarga de la lógica del sistema administrando los datos obtenidos de los sensores. Luego estos son enviados por bluetooth a la aplicación mobile. En caso de cumplirse las condiciones previamente registradas en el sistema que atenten con la vida del usuario, se realizarán acciones que serán ejecutadas por los actuadores.
- **Módulo de autenticación y DB:** Este módulo se encargará de la autorización

y autenticación del usuario, como también de la persistencia de los datos de las mediciones en la RTDB (Real Time DataBase), en un backend del estilo serverless (Firebase).

- **Módulo de generación de reportes:**

Este serverless, desarrollado en Node.JS y hosteado en Heroku, se encargará de generar los reportes al momento de ser requerido por el usuario. Se conectará al módulo de Firebase para obtener los datos, generar un PDF con los mismos, y enviarlo al especialista seleccionado, registrado previamente en la aplicación.

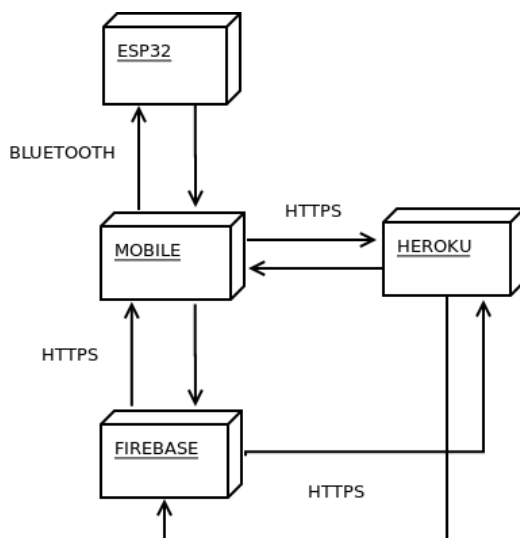


Figura 14 - Fragmento Diagrama de Despliegue

Resultados

Durante la construcción del dispositivo de detección de apnea obstructiva del sueño, se corroboró el correcto funcionamiento de los sensores y actuadores mediante diversas pruebas realizadas. Luego de repetir el proceso de detección todas las noches durante una semana, se lograron definir tendencias que presentan los usuarios que padecen AOS.

Dicho esto, y teniendo en cuenta que el sistema se puede construir con

componentes de fácil acceso y como representante de una alternativa más económica y accesible que la competencia, este proyecto es no sólo posible sino también viable evaluando rendimiento y control tanto sobre la parte de software como de hardware.

Discusión

Una de las premisas que llevaron a cabo la construcción de este proyecto es que el 80% de los argentinos que sufren apnea no lo saben. Por ende, este sistema tendrá gran impacto en la sociedad ya que se podrán detectar más trastornos, bajar el porcentaje de afectados y obtener estadísticas más precisas.

Uno de los objetivos es llegar a las personas que no puedan abonar una obra social o prepaga para realizarse el estudio de sueño. Una opción viable es que el Estado participe para concientizar a la sociedad de la existencia de la apnea y facilitar el acceso al sistema para que puedan utilizarlo y mejorar su calidad de vida sin equipos invasivos. Otra opción es que los médicos recomienden a sus pacientes el uso de la aplicación y además contar con un porfolio de especialistas que estén dispuestos a ayudar a analizar los resultados obtenidos.

Conclusión

La apnea obstructiva del sueño es una importante preocupación de salud. Las personas que tienen bloqueo en su respiración por más de 15 veces en cada hora de sueño están en mayor riesgo de:

- Ataques cardíacos.
- Insuficiencia cardíaca.
- Problemas de ritmo cardíaco.
- Derrame cerebral.
- Presión arterial alta
- Somnolencia que puede conducir a accidentes automovilísticos.

Por esto y todos los motivos mencionados a lo largo de este documento, es que se hace hincapié en que la AOS debe ser

considerada como un factor negativo en la calidad de vida de las personas y el proyecto en cuestión tiene como objetivo detectar el trastorno tempranamente y hasta inclusive evitar muertes súbitas.

Referencias

- [1] INECO - Instituto de Neurología Cognitiva disponible en:
<http://www.ineco.or>https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2013/3%20mayo/3-Dr.Iliv.pdf
- [2] ESP32 dev kit disponible en:
<https://www.instructables.com/id/IOT-Made-Simple-Playing-With-the-ESP32-on-Arduino/>
- [3] Paper Clínica Las Condes disponible en:
https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imagenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2013/3%20mayo/3-Dr.Iliv.pdf
- [4] Polisomnografía
<http://www.somnos.com.ar/servicios/estudios/polisomnografia>
<https://www.saludemia.com/-/prueba-polisomnografia>
<http://www.hospitalaustral.edu.ar/pruebas-diagnosticas/polisomnografia/>
- [5] Apnea Obstructiva del Sueño
<https://www.cardiosmart.org/~media/Documents/Fact%20Sheets/es-US/tb1479.ashx>
https://www.youtube.com/watch?v=xEuFw_nu8oA
www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/RMH/article
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3096276/>
<https://www.omicsonline.org/open-access/effect-of-weight-and-obstructive-sleep-apnea-severity-on-sleep-surgery-outcomes-in-children-with-down-syndrome-2167-0277-1000288-100961.html>
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-94512012000300014
- [6] React Native disponible en:
<http://www.reactnative.com/>

SmartCart Sistema Integral para Supermercados

Roberto Eribe; Jorge Eterovic, Mariano Bucher, Silvana Ardanaz, Juan Martin Hernández
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas
Universidad Nacional de la Matanza

Abstract

En el presente documento se explicará el proceso de diseño y construcción del proyecto SmartCart. La construcción de este fue impulsada por diversas problemáticas que ocurren actualmente en las cadenas de supermercados. Dichas problemáticas se dividen en dos grandes grupos: de cara al negocio y de cara al usuario. De cara al negocio podemos encontrar: El establecimiento colapsado de clientes, robo de mercadería y personal excesivo. Por otro lado, de cara al usuario, encontramos: inconvenientes al intentar localizar productos, pérdida de tiempo en filas para abonar la compra, olvido de productos pertinentes a la compra y falta de información sobre productos. Todo esto conlleva a que realizar una compra no sea un proceso rápido y mucho menos eficiente.

Palabras Clave

Chango inteligente, BackOffice, RaspberryPi, Android, Etiquetas RFID, Lector de etiquetas RFID, WiFi, Antena, SmartCart Device.

Introducción

Las problemáticas, mencionadas anteriormente, que existen hoy en día en las grandes cadenas de supermercados, fue el motor que le dio vida al desarrollo de este producto. Contamos con la oportunidad de poder brindarle al cliente el beneficio de salir de un supermercado evitando hacer extensas filas para abonar la compra, así como también anunciarles los productos que van ingresando en su chango de compras y el monto total a abonar en tiempo real. El proyecto cuenta con cuatro pilares fundamentales:

Se trata de un chango de compras inteligente que tiene integrado un módulo “SmartCart Device” que permite identificar los productos que se coloquen dentro del mismo y de esa forma poder hacer un seguimiento de la compra en la aplicación Mobile. Cada chango cuenta con un código QR que lo identifica y brinda la posibilidad

de vincularlo al carrito de compras de la aplicación.

La APP Mobile informa el importe parcial a pagar, el cual irá aumentando a medida que se ingresen productos al chango físico y le notifica al cliente sobre promociones vigentes. Además, muestra información del producto: precio, descripción, si es apto o no para diabéticos y/o celíacos.

Los productos del supermercado están identificados mediante una etiqueta RFID, la cual permite que se conozcan atributos de los productos como el precio, descripción y si es apto o no para diabéticos y/o celíacos cuando el chango inteligente, a través del módulo “SmartCart Device” que tiene integrado, detecte los productos ingresados.

La aplicación Mobile SmartCart brinda la posibilidad, al usuario final que visita un Supermercado, de realizar listas de compras, búsqueda de productos como también realizar el pago de los productos seleccionados y alocados en su chango.

La aplicación WEB SmartCart será el medio por el cual, el supermercado realizará la carga de productos a la venta, y confirmará pagos en efectivo por caja.

Los objetivos principales de nuestro producto son:

- Reducir el tiempo que los clientes pasan haciendo fila para pagar.
- Darles a los clientes la posibilidad de llevar un control del monto que deberán abonar de acuerdo con los productos que haya en el chango.
- Mantener al tanto a los clientes acerca de las promociones y/o descuentos vigentes del supermercado.

- Facilitar la búsqueda de productos dentro del supermercado indicando su ubicación en un mapa.
- Ayudar a personas diabéticas y/o celíacas a identificar productos adecuados a su dieta, anunciando si el producto es apto o no para su consumo, a modo de prevención.

Componentes

a. Etiquetas RFID

RFID (Radio Frequency IDentification - Identificación por radiofrecuencia) es una tecnología que permite identificar mediante un lector, sin contacto y a distancia, una tarjeta o etiqueta (tag) portada por una persona, un vehículo en movimiento o cualquier producto que se encuentra en un almacén o en una cadena de producción automatizada. Una etiqueta RFID es un adhesivo que se pega a un producto y que permite identificarlo mediante un lector RFID gracias a la información que la etiqueta tiene almacenada.

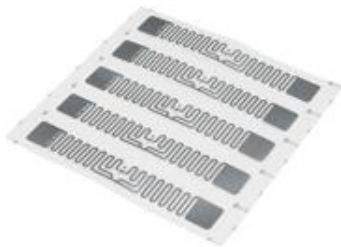


Figura 1. Etiquetas RFID

b. Placa lectora de RFID modelo M6E Nano

El chango inteligente posee un lector de RFID simultáneo. Se puede conectar directamente a una placa compatible con Arduino o a un micro controlador diferente, en nuestro caso se conecta directamente a una placa raspberrypi. Esta placa lee las etiquetas RFID en hasta 150 etiquetas por segundo. La escritura de etiquetas también es posible (en escritura estándar), de 80 mseg. La placa tiene una potencia de salida ajustable de 0dBm a 27dBm, lo que significa que con la antena correcta puede leer hasta 16 pies (4,9 m). Este lector cuenta

con un trozo de Relleno de espacio negro no conductor para ayudar con la disipación de calor y cubrir el plano de tierra expuesto (para evitar que los circuitos se acoplen).



Figura 2. Placa lectora de RFID modelo M6E Nano

c. Raspberry Pi 3 model B [2]

La aplicación Mobile, el BackOffice y el lector RFID están vinculados gracias a un ordenador de placa reducida con LAN inalámbrica y conexión a bluetooth.

La raspberrypi conecta la información de los productos que detecte el lector RFID integrado en el chango inteligente, la chequea con el BackOffice y finalmente la muestra en la aplicación Mobile del usuario.

También cuando el usuario a través de la aplicación Mobile seleccione, por ejemplo, las funcionalidades “descripción del producto” y/o “ubicación del producto” la aplicación Mobile cheque la información con el BackOffice mediante la raspberrypi y luego la informa en la aplicación.



Figura 3. Raspberry Pi 3 model B

d. Antena UHF RFID (TNC)

Utilizamos simultáneamente una antena externa para nuestra placa lectora de RFID debido a sus características de alta calidad. Esta antena RFID de ultra alta frecuencia (UHF) cuenta con un rango de frecuencia de 860-960 MHz con una ganancia de 6dBi. La antena UHF RFID termina con un cable TNC Female RP de 30 cm de longitud.



Figura 4. Antena UHF RFID (TNC)

Nota al pie: <https://learn.sparkfun.com> (Todos los componentes de Hardware fueron adquiridos aquí, con sus correspondientes manuales e información necesaria para su correcto funcionamiento)

Software

En esta sección se exponen los dos principales módulos que cuenta el proyecto:

- Sistema web [3]

Se trata de un sistema web para los empleados del supermercado. Este sistema cuenta con varios perfiles, como mecanismo de control y seguridad, asociados a las tareas que los empleados del supermercado desempeñen. Las funcionalidades disponibles son: registrar (alta, baja y modificación) los productos (indicando información pertinente al mismo) que comercializa el supermercado y realizar la gestión de las ventas. Esta registración se realiza por medio de su identificación univoca, la etiqueta RFID. Adicionalmente, el sistema web, permite la carga del mapa del establecimiento, que permite al momento de la carga de un producto agregarle como información pertinente la ubicación dentro del establecimiento de manera gráfica. También cuenta con una gestión de

promociones, que serán notificadas al cliente a través de la aplicación Mobile.

Por último, el sistema web realiza la gestión del pago en efectivo. Los responsables del supermercado solicitarán al cliente el código del chango físico, y de esa manera podrán visualizar el total del importe a pagar y cobrarle al cliente.

- Aplicación Mobile [1]

Se trata de una aplicación Mobile que podrán usar las personas que concurran al supermercado. Dicha aplicación cuenta con las siguientes funcionalidades:

- ✓ Pago

La funcionalidad de pago le permite al cliente abonar la compra tanto en efectivo como con tarjeta de crédito/débito. En el primer caso, la aplicación presenta una pantalla con el código de chango físico para que el cliente pase por la caja y pague su compra. En el segundo caso, el cliente puede abonar la compra directamente desde la aplicación ingresando los datos de su tarjeta. Una vez finalizada la compra (sin importar cual haya sido el medio de pago), cambiará automáticamente el estado de las etiquetas RFID de los productos que el cliente haya comprado para que este pueda salir del supermercado sin problemas.

- ✓ Listas de supermercado

La funcionalidad “Listas de supermercado” le permite al cliente crear una o varias listas con los productos que desea. Esta lista de supermercado, será lo suficientemente inteligente para que, al momento de colocar un producto en el chango, el mismo aparezca tachado. Además, puede guardar las listas creadas para que puedan utilizarse en un futuro.

- ✓ Ubicación de productos

Esta funcionalidad le permite al cliente acceder rápidamente a la ubicación de un producto (configurada al momento de darlo de alta) dentro del supermercado con el fin de evitar que tenga que recorrer varios pasillos para encontrarlo. Los productos se

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

pueden buscar por nombre o categoría y la localización de los mismos se indica mediante un mapa estático del supermercado con un punto de color.

Discusión

Si bien los resultados obtenidos en las pruebas realizadas hasta el momento son positivas, aún falta realizar la prueba más importante que es comprobar el correcto funcionamiento del sistema en un establecimiento a gran escala. De todas formas, en comparación con los métodos utilizados hoy en día, el resultado de la prueba es satisfactoria. Además, la reacción de los clientes y dueños de supermercados encuestados acerca del proyecto, dan la pauta que nuestro producto agilizaría y facilitaría tanto la visita de un cliente a un supermercado, como la gestión de los responsables del establecimiento.

Conclusión

Para la construcción de este proyecto, nos propusimos atacar y solucionar dos focos: El cliente, esperamos que nuestro producto mejore la experiencia de estos a la hora de realizar sus respectivas compras, facilitando el pago de las mismas y reduciendo el tiempo que lleva todo el proceso. Los dueños del supermercado, reduciendo costos y efectivizando todos y cada uno de los procesos que se requieren hoy en día, para un correcto funcionamiento del mismo.

Referencias

- [1] <https://developer.android.com>
- [2] <https://www.raspberrypi.org>
- [3] <https://guides.rubyonrails.org>

Datos de Contacto:

Magter. Roberto Eribe.
Universidad Nacional de La Matanza.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo,
Prov. de Buenos Aires, Argentina.
Tel: (54 11) 4480-8900
E-mail. eri_10@yahoo.com

Magter. Jorge Eterovic.

Universidad Nacional de La Matanza.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo,
Prov. de Buenos Aires, Argentina.
Tel: (54 11) 4480-8900
E-mail. jorge_eterovic@yahoo.com.ar

Ing. Mariano Bucher.
Universidad Nacional de La Matanza.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo,
Prov. de Buenos Aires, Argentina.
Tel: (54 11) 4480-8900
E-mail. marianobucher@gmail.com

Ing. PMP® Mgter. Silvana Ardanaz.
Universidad Nacional de La Matanza.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo,
Prov. de Buenos Aires, Argentina.
Tel: (54 11) 4480-8900
E-mail. silvanaardanz@yahoo.com.ar

Ing. Mgter. Juan Martin Hernández.
Universidad Nacional de La Matanza.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas.
Florencio Varela 1903, (B1754JEC) San Justo,
Prov. de Buenos Aires, Argentina.
Tel: (54 11) 4480-8900
E-mail. juanmartinhernandez@hotmail.com

Agradecimientos:

Miguel Repole
Enrique Ortiz
Alejandro Muñoz
Polo tecnológico UNLaM

Sistema de Marcación de Imágenes TAC mediante el uso de Redes Neuronales Convolucionales

Abregú, Franco¹; Cipriano, Agustin¹; Cogorno, Santiago¹; de Dios, Gonzalo¹; Reines, Juan Cruz¹

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

El proceso de marcación de un paciente oncológico que precede a la etapa de planificación de su tratamiento radiante, consiste en una actividad repetitiva, sistemática que debe ser realizada por un profesional especializado y consume valioso tiempo que podría dedicarse a aumentar el tiempo de consulta de pacientes o mejorar la calidad de atención brindada. Para atacar esta problemática, planteamos el diseño y construcción de un sistema inteligente capaz de automatizar esta tarea y reducir el tiempo que los profesionales insumen en la misma, como también permitir a personas menos experimentadas utilizarlo como fuente de referencia o de consulta según sus necesidades. El proceso consistió en la investigación de distintos modelos de redes neuronales para finalmente elegir una y realizar una implementación adaptada a nuestras necesidades que nos ayude a alcanzar la meta planteada, teniendo en cuenta el cumplimiento de los estándares médicos con respecto al manejo de imágenes médicas y su metainformación.

Palabras Clave

Cáncer, red neuronal convolucional, inteligencia artificial, deep learning, imágenes TAC, marcación de tomografías, tumor, radioterapia.

Introducción

Actualmente, según estudios e informes de la OMS, el cáncer es una de las principales causas de muerte en el mundo. El diagnóstico y tratamiento temprano produce altas probabilidades de obtener un tratamiento eficaz, incluso curando la enfermedad definitivamente en muchos tipos de cáncer. [1]

Dentro de las posibilidades de tratamiento de esta enfermedad existen varios tipos que dependen tanto del tipo como del estadio de esta. Para el desarrollo de este estudio, nos centraremos dentro del tratamiento por radiación, denominado radioterapia, y a su

vez dentro de este tipo nos enfocaremos en radioterapia externa.

El objetivo del tratamiento radiante es maximizar el control local de la enfermedad tumoral, siendo imprescindible para ello la exactitud y precisión de la terapia propuesta. Esta modalidad de terapia radiante utiliza haces de radiación ionizante, las cuales son generadas por aceleradores lineales de electrones, y son dirigidas a un sitio concreto del organismo siguiendo un plan de tratamiento, verificaciones y controles sistemáticos desarrollados por médicos en conjunto con físicos médicos especializados en este tipo de terapéutica.

La confección del plan de tratamiento consta de distintas etapas desde el momento en que el paciente es prescripto con este tipo de tratamiento hasta que el mismo es finalmente realizado. En primer lugar, se realiza una inmovilización precisa del paciente y una tomografía axial computada (conocido con las siglas TAC), de la zona afectada o el sitio de exéresis tumoral de interés, que será utilizada a continuación por el médico para realizar la delineación del paciente y posterior planificación del tratamiento, concluyendo con la administración de este sobre el paciente.

El proceso de marcación del paciente consiste en marcar el contorno de las zonas que se desean irradiar (aquellas donde se encuentra el tumor o donde se encontraba en caso de haber sido extirpado mediante cirugía, denominado volumen clínico), y las zonas que se quieren proteger de la

radiación (como pueden ser órganos vitales o tejidos sensibles, denominados órganos de riesgo). Este procedimiento debe llevarse a cabo sobre todas las imágenes que conforman una tomografía, pudiendo llegar a ser más de 100 (la cantidad dependerá de la zona del cuerpo y el estadio de la enfermedad).

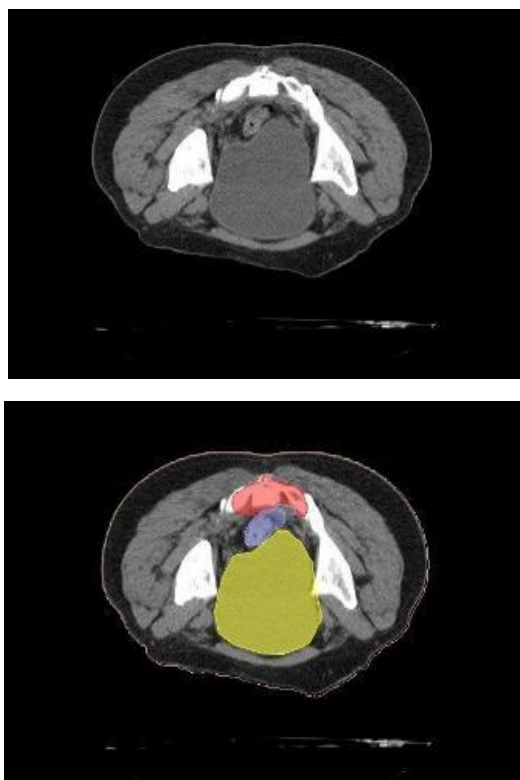


Figura 1 - Se muestran una imagen de tomografía axial de tórax y, abajo, la misma imagen ya marcada.

Como se puede observar, esta tarea tiene un carácter altamente repetitivo y sistemático y su velocidad de realización es muy dependiente de la localización tumoral, disponibilidad de atlas de contorneo, del entrenamiento, formación clínica y pericia del profesional utilizando el software disponible junto con los elementos periféricos del ordenador utilizados, generalmente mouse y teclado, que no proveen un gran nivel de maniobrabilidad para obtener la precisión necesaria para contornear figuras no uniformes como órganos, tumores y demás tejidos.

Según información obtenida del centro médico de radiación VIDT [2], el tiempo promedio que conlleva realizar la marcación de un paciente es de 30 minutos, pudiendo llegar hasta 90 o más. Se estima que, por mes, en Argentina, se inician 1800 nuevos tratamientos de radioterapia, lo que implicaría cerca de 900 horas de profesionales altamente especializados realizando tareas repetitivas y de baja complejidad, cuando podrían utilizar ese mismo tiempo para atender una mayor cantidad de pacientes o mejorar la calidad de la atención que brindan.

A su vez, toda la información generada por los centros médicos del mundo en forma de marcaciones de pacientes con distintas patologías no se encuentra siendo aprovechada en su máxima expresión. Tal cómo expresa la OMS [1] “Solo uno de cada cinco países de ingresos medianos o bajos dispone de los datos necesarios para impulsar políticas de lucha contra la enfermedad”.

Para el año 2020 se prevé alrededor de un 20% de aumento en la incidencia del cáncer en el mundo con respecto a 2012 [3] y por consecuente al aumento del personal especializado y horas destinadas a la realización de esta tarea repetitiva y sistemática.

Ante esta problemática surgió la idea de diseñar un sistema inteligente, basado en el uso de redes neuronales convolucionales, a partir de ahora CNN por sus siglas en inglés (Convolutional neural network), que consuma parte de la información generada que se encuentra desaprovechada y asista a los profesionales en la realización de las marcaciones de los pacientes.

Este tipo de red neuronal está orientada al procesamiento de imágenes, como es en nuestro caso las TACs de los pacientes. Nuestro objetivo es que, a partir de una tomografía, la CNN logre identificar los distintos órganos y tumores presentes y

generar una marcación que asista al profesional, ya sea como versión final de la misma o para que el mismo la utilice como referencia o edite lo que sea necesario y de esta forma reducir considerablemente el tiempo que conlleva la realización de esta. Para esto se necesita entrenar a la CNN de forma eficaz considerando casos representativos de la realidad. Estos casos son los que se encuentran en los centros médicos sin ser utilizados.

Elementos de Trabajo y Metodología

Elección de tipo de cáncer a abordar

Para la realización del estudio, nos limitamos a tumores pulmonares. Decidimos centrarnos específicamente en este tipo de cáncer debido a que es uno de los más comunes no solo en la Argentina, sino también a nivel mundial [4]. Esto nos permite contar con gran cantidad de casos que necesitamos para nutrir a la CNN durante su entrenamiento. Además, su ubicación en el cuerpo permite analizar las TACs sin una excesiva carga de tejidos complejos como pueden ser zonas de abdomen, cabeza o cuello.

Como punto extra, debido a la fisiología del pulmón, y el hecho de que se encuentre relleno de aire, y como este se visualiza en una tomografía (color negro oscuro), la presencia de un tumor es contrastante con respecto al órgano en cuestión.

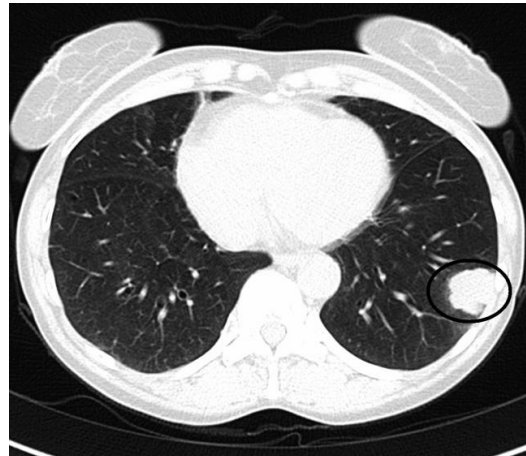


Figura 2 – Imagen de tomografía axial de pulmón donde se observa la presencia de un tumor indicado con una circunferencia.

Estándar DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) es el estándar para la comunicación y administración de información de imágenes médicas y datos relacionados [5].

Este estándar facilita la interoperabilidad entre equipamientos médicos de imágenes y otros sistemas informáticos estableciendo la forma de representar y almacenar la información relacionada con el paciente, el estudio, el especialista, la marcación y la planificación del tratamiento. Sobre este punto se apoya nuestra investigación debido que utilizaremos para el desarrollo del mismo imágenes tomográficas en el formato especificado en dicho estándar.

Además, dentro del estándar DICOM se encuentran, entre otros elementos, objetos DICOM-RT. Estos objetos son extensiones del formato DICOM diseñados y creados específicamente para el tratamiento por radioterapia. Dentro de los objetos DICOM-RT encontramos RT Structure Set, a partir de ahora RT Struct, un objeto que define las áreas de importancia en radioterapia, ROIs por sus siglas en inglés (Region of interest), tales como contornos del cuerpo, volúmenes tumorales y áreas a evitar irradiar.

Los RT Struct son el resultado de las marcaciones realizadas por el especialista y es lo que buscamos generar de manera automática mediante esta investigación, respetando el estándar DICOM, tal como hacen los sistemas actuales, a fin de asegurar compatibilidad con los sistemas que intervienen luego en la cadena de tratamiento del paciente.

Elección de redes neuronales artificiales

Para lograr llevar adelante este proceso de automatización en la generación de marcaciones investigamos distintos modelos de inteligencia artificial con los cuales trabajar. Una vez interiorizados con cada uno, decidimos avanzar con el modelo de redes neuronales artificiales, a partir de ahora RNAs ya que consideramos que posee cuatro puntos de interés fundamentales: aprendizaje, auto organización, flexibilidad y trabajo en tiempo real.

El concepto de aprendizaje es muy importante para esta investigación debido a que, por los tiempos considerados, el acceso a la información con la que contamos y la complejidad de la anatomía humana, no podemos cubrir todo el espectro de casos posibles de imágenes con las que se puede encontrar el sistema al momento de realizar el entrenamiento. Por esto la capacidad de entrenar con un número reducido de casos y que luego se pueda predecir a partir de estos es de suma utilidad para nuestro diseño.

Otro punto que tuvimos en cuenta fue la auto organización. El modelo de RNA puede variar su estado interno de forma automática sin necesidad de interferencia del usuario, lo que lo libera de dicha tarea.

En tercer lugar, debido a las distintas características que puede tener una imagen tomográfica, como brillo, escala u orientación, es necesario que el modelo cuente con flexibilidad para poder

responder ante cambios en la información recibida.

Por último, las RNA cuentan con una estructura que facilita la paralelización de los cálculos internos, lo que permite una mayor rapidez a la hora de inferir y trabajar en tiempo real.

Considerando estos cuatro puntos decidimos descartar la definición de una lógica formal, debido a que la misma se encuentra limitada por el espectro de imágenes, y descartar los algoritmos genéticos, debido a que estos no cuentan con la misma flexibilidad que una RNA.

Modelo de RNA

Una vez elegido el paradigma de RNAs, continuamos con la investigación de un modelo para segmentación de instancias de objetos, es decir, detección de objetos en una imagen y generación de una máscara de segmentación para cada instancia de forma simultánea.

Naturalmente surgió el concepto de CNN, por lo que buscamos un framework fácil de generalizar a distintos tipos de tareas que pudiéramos adaptar a nuestras necesidades específicas.

Luego de una investigación, el modelo elegido fue el Mask R-CNN (regional convolutional neural network), inspirado en Faster R-CNN, un modelo utilizado para detección de objetos. Mask R-CNN extiende este modelo otorgándole capacidad de segmentación de imágenes [6].

Mask R-CNN

La implementación de este modelo está dividida en dos etapas. Por un lado, el escaneo de la imagen y la generación de áreas que pueden contener ROIs. Y por otro lado la generación de Bounding Boxes y máscaras.

La arquitectura puede dividirse en cuatro módulos: el esqueleto, la red de propuesta de ROIs, el clasificador de ROIs y el regresor de Bounding Box y máscaras de segmentación.

El esqueleto está basado en la arquitectura ResNet101, y se encarga de la extracción de características, donde las capas detectan cualidades diferentes. Además, esta arquitectura fue mejorada con la incorporación de FPN (red piramidal de características) para representar objetos en múltiples escalas.

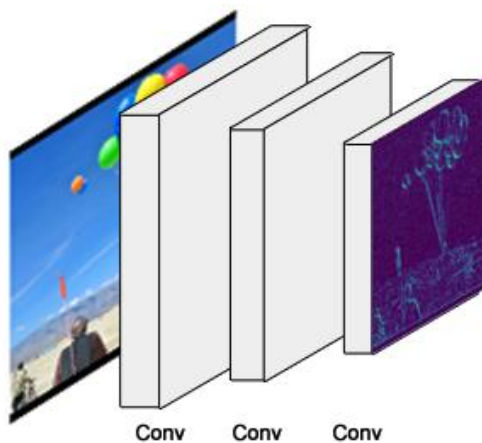


Figura 3 - Ilustración simplificada del esqueleto

FPN mejora la extracción de atributos al añadir una segunda pirámide que toma las propiedades de alto nivel y las transmite a las capas inferiores, permitiendo relaciones entre rasgos de capas superiores e inferiores.

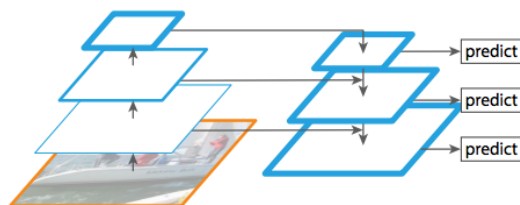


Figura 4 - Red piramidal de características [7]

El módulo de propuesta de ROIs es una red liviana que escanea la imagen en forma de

ventana y encuentra áreas que contienen objetos.

Las regiones escaneadas por la red son llamadas anclas. Estas se refieren a celdas distribuidas por el área de la imagen de distintos tamaños que se solapan para cubrir la mayor parte de la imagen posible. Una vez escaneadas las regiones, se generan dos salidas: la clase del ancla (fondo u objeto) y el refinamiento del Bounding Box de dicha ancla, ya que puede que no se encuentre perfectamente centrado sobre el objeto. Una vez obtenidas las predicciones, se filtran las regiones con mayor probabilidad de contener objetos para refinar su ubicación y tamaño.

Estas regiones luego son procesadas por el clasificador de ROIs generando una clase (en nuestro caso órganos o tumores) y otro refinamiento del Bounding Box. Luego, estas regiones se someten a un método de pooling, donde se las recorta a un tamaño fijo para su posterior consumo.

Finalmente, la rama de máscaras de segmentación toma las regiones seleccionadas por el clasificador y genera máscaras para estas, quedando en última instancia una máscara por objeto.

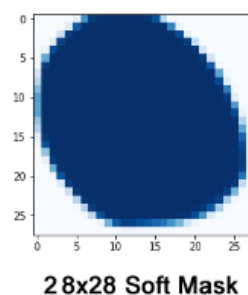


Figura 5 - Máscara de segmentación de 28x28

Implementación del modelo

La integración del modelo Mask R-CNN con el estándar DICOM se realizó para dos etapas del ciclo de vida del modelo: entrenamiento e inferencia.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Para la etapa de entrenamiento, se tuvo que realizar un escaneo del objeto RT Struct, ya que posee los contornos de las marcaciones de un conjunto de tomografías.

De allí tomamos información representativa de cada ROI como color, nombre, puntos X e Y, tipo de ROI, así como también nombre del archivo, número de ROIs y tamaño de la imagen en pixeles.

En cuanto a la sección de inferencia, el sistema alimentará al modelo ya entrenado con información de tomografías sin marcar. Esta información se obtiene procesando los archivos en formato .dcm (formato DICOM). El procesamiento se realizó mediante el uso de código Javascript implementando la librería dicom-parser [8] para extraer la información contenida en los tags 0018;0015, 0018;1030 y 7fe0;0010, correspondientes a parte del cuerpo, nombre del protocolo e información de los pixeles, en ese orden [9]. Luego, a partir de ella generará como resultados distintos ROIs.

Trabajos Relacionados

A. Babier, J. Boutilier, A. McNiven, T. Chan:

“Knowledge-Based Automated Planning for Oropharyngeal Cancer”.

R. Thompson, C. Fuller, S. Aneja, B. Agrimson, S. Rosenthal, C. Thomas: “The Future of Artificial Intelligence in Radiation Oncology”

HC. Chen, J. Tan, S. Dolly, J. Kavanaugh, M. Anastasio, D. Low, H. Li, M. Altman, H. Gay, W. Thorstad, S. Mutic: “Automated contouring error detection based on supervised geometric attribute distribution models for radiation therapy: a general strategy.”

Conclusión y Trabajos Futuros

Luego de realizada la investigación detallada anteriormente y basándonos en la experiencia obtenida hasta el momento consideramos que es factible la realización del sistema inteligente capaz de realizar la marcación de pacientes oncológicos con cáncer de pulmón.

Sin embargo, llegamos a la conclusión que, para poder utilizar sistemas que utilicen esta tecnología, se requiere un gran número de entrenamientos y de casos de entrenamiento ya que hasta el momento no hemos podido obtener resultados aceptables.

Además, consideramos el estándar DICOM como una dificultad adicional a la hora de trabajar este tipo de soluciones debido a la falta de herramientas de bajo presupuesto y buena calidad disponibles para trabajar con el mismo, especialmente lo que refiere a visualización de RT Struct.

Como próximos pasos se debería realizar un análisis acerca de la posibilidad de extender el diseño planteado para abarcar una mayor

cantidad de casos de cáncer, como pueden ser riñón, hígado, o incluso los más complejos como cerebro, teniendo en cuenta las diferencias que cada uno puede plantear con respecto al pulmón.

Como punto adicional remarcamos como línea de investigación paralela la posibilidad de implementar otro modelo de RNA para alcanzar mejores objetivos. Específicamente nos encontramos explorando otras alternativas como UNET con las cual estamos a priori obteniendo mejores resultados con menor esfuerzo. Queda abierta la posibilidad de investigar nuevos modelos que puedan aplicarse a este problema particular.

Agradecimientos

Se agradece a VIDT Oncología Radiante por brindar apoyo en recursos y en contactos claves para el desarrollo del proyecto de investigación. También se agradece al Dr. Gustavo Ferraris, director médico de Centro Médico Dean Funes de Córdoba y presidente de la Sociedad Argentina de Terapia Radiante Oncológica (S.A.T.R.O.) por el constante apoyo y respaldo brindado en el dominio de la radiología oncológica.

Referencias

- [1] <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- [2] <http://www.vidtcm.com.ar/>
- [3] http://globocan.iarc.fr/Pages/burden_sel.aspx
- [4] <http://www.msal.gov.ar/inc/acerca-del-cancer/incidencia/>
- [5] <https://www.dicomstandard.org/>
- [6] <https://arxiv.org/abs/1703.06870>
- [7] <https://arxiv.org/abs/1612.03144>
- [8] <https://github.com/cornerstonejs/dicomParser>
- [9] <https://dicom.innolitics.com/ciods>

Osint-Investiga: Inteligencia de recursos abiertos, al alcance de un clic

Gamalero, Martin

Ramirez, Ezequiel

Universidad Fasta, Facultad de Ingeniería

Abstract

En el campo de las investigaciones judiciales es de vital importancia la disponibilidad de información competente. Para ello, es muy común el uso de técnicas de OSINT (inteligencia de recursos abiertos, por sus siglas en inglés). Pero la implementación de este tipo de técnicas lleva mucho tiempo en recolectar y reportar correctamente esa información, ya que en los reportes tiene que constatar no sólo la información obtenida, sino además la información contextual del dato en sí (fuente, fecha de extracción, como se llegó a ese dato, ect) y por otro lado, no todos los usuarios tienen el conocimiento de todas las fuentes disponibles y de las formas de obtener esa información. Proponemos un sistema que implemente un esquema de automatización de tareas, para agilizar el proceso de OSINT. Para lograr esto, combinamos técnicas de OSINT con tecnologías de web-scraping y el uso de APIs de redes sociales. Además de una implementación de políticas dinámicas y flexibles para permitir una mayor mantenibilidad y mejora de las fuentes de información, y por otro lado una mayor adaptabilidad de los reportes a las necesidades del usuario.

Palabras Clave: OSINT, Web-Scraping, Fuentes Abiertas, Redes Sociales, Investigación, Reporte.

1 - Introducción

En la actualidad, internet es una gran herramienta, no solo para comunicarte, como cualquier otro medio de comunicación, sino como un medio para

compartir información y poder ser consultado por todo el mundo en cualquier momento.

Por ejemplo, sólo en 2013 se transmitieron 4.4 trillones de GB de información, y se estima que para 2020 se llegará a 44 trillones de GB [1].

Esto convierte a internet en una gran fuente de información. Principalmente con las redes sociales, donde la gente comparte todo lo que le gusta, piensa y vive, y el mundo puede verlo en cualquier momento. Y por otro lado, existen fuentes de información pública o abierta, donde pueden consultarse información más formal, como números de DNI, direcciones, teléfonos, etc.

Dentro de este contexto, el Ministerio Público Fiscal para sus tareas de investigación, debe no solo rastrear las fuentes de información y poder acceder a estas, sino que además, debe poder reportar correctamente esta información, ya que es de vital importancia para después ser utilizado como evidencia jurídica.

Por otro lado, la gran cantidad de fuentes y de información que se puede obtener hace difícil y propensa a errores, la tarea que realizan los investigadores.

A modo de ejemplo, hoy en día es posible, con un número de teléfono, averiguar quién es el titular del mismo y la dirección del domicilio. A su vez, con el nombre del titular, se puede obtener el DNI y con este se puede obtener más información, como fecha de nacimiento, historial de domicilios declarados, historial de obras sociales, etc. Y por otro lado, con un nombre, se podría obtener la información pública de estas personas en las redes sociales, fotos, comentarios, amistades, publicaciones gustadas, etc.

Una vez hallada toda la información, hay que filtrar la que sea relevante para después empezar a reportarla, presentando no solo la información obtenida, sino la fuente, el momento exacto cuando fue encontrado, y los datos con los que fueron buscados.

Todas estas tareas conllevan una gran cantidad de tiempo para el investigador, los cuales son muy propensos a cometer errores que pueden tener un gran impacto en una investigación judicial, sin importar que tan pequeño sea ese error.

Si bien existen software especializado en alguna de estas tareas[2], no lo hacen en su totalidad y no dan mucha libertad en el control de las fuentes a consultar, y si alguna de esas fuentes llegara a ser modificada o cambiada habría que esperar hasta que el soporte técnico de esa herramienta resolviera el problema, si es que tuviera solución. Por eso, con el apoyo del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática Forense (InFo-Lab), se nos dio la tarea de desarrollar un sistema que pudiera ayudar en esta labor.

Osint-Investiga recibe su nombre de la técnica de inteligencia OSINT y de un

sistema existente en el Laboratorio, del cual, Osint-Investiga, es una parte del mismo. Nuestro sistema no solo automatiza la mayor cantidad de estas tareas, sino que también otorga la flexibilidad para poder no solo asociar las fuentes que los usuarios crean pertinentes, sino también el poder mantenerlas sin mucho esfuerzo.

2 - Marco teórico

2.1 - OSINT

Osint (Inteligencia de recursos abiertos, por sus siglas en inglés) es inteligencia elaborada a partir de la información obtenida de fuentes públicas, básicamente es el conocimiento adquirido a partir de la recolección de información de una o varias fuentes abiertas al público en general.

Basado principalmente en conseguir información de fuentes abiertas, ha crecido en popularidad dentro del mundo de la ciberseguridad gracias a la explosión de sistemas conectados a Internet intercambiando datos, como por ejemplo las redes sociales, los buscadores de personas, los buscadores de dispositivos, entre otros.

Lo positivo de OSINT, a diferencia de otros tipos de inteligencia, como por ejemplo inteligencia humana (el espionaje tradicional), es que sus costos son mucho menores, y permite obtener más información, en menor tiempo.

Los aspectos negativos, es que al tener un mayor volumen de información, esto no implica que toda sea pertinente para el objetivo que se persigue, y eso conlleva la necesidad de tener un proceso donde interviene un ser humano para realizar el análisis.

2.2 - Web-Scraping

Web scraping es una técnica que permite, mediante programas de software, extraer información de sitios web. Usualmente, estos programas simulan la navegación de un humano en la World Wide Web, ya sea utilizando el protocolo HTTP manualmente, o incrustando un navegador en una aplicación.

Las técnicas de *web scraping* están muy relacionado con la indexación de la web, la cual toma la información utilizando un robot y es una técnica universal adoptada por la mayoría de los motores de búsqueda [3]. Sin embargo, el *web scraping* se enfoca más en la transformación de datos sin estructura en la web (como el formato HTML) en datos estructurados que pueden ser almacenados y analizados en una base de datos central, en una hoja de cálculo o en alguna otra representación. Alguno de los usos del *web scraping* es la comparación de precios en tiendas, la monitorización de datos relacionados con el clima de cierta región, la detección de cambios en sitios webs y la integración de datos de estos [4]. También es utilizado para obtener información relevante de un sitio a través de los *rich snippets*.

3 - Desarrollo

En muchas investigaciones judiciales es importante tener acceso a la mayor cantidad de información relevante disponible para poder usarla como evidencia durante el proceso jurídico. Para ello, los investigadores pueden utilizar técnicas de OSINT, para obtener información de distintas fuentes abiertas, y luego reportarlo.

Valiéndonos de estas premisas, el sistema, no solo ofrece la facilidad de poder obtener esa información y reportarla de forma sencilla, sino que además, el sistema se retroalimenta, ya que con la información que se obtuvo o se dispone inicialmente, se puede buscar mucha más. Para lograr esto, el sistema fue estructurado en tres capas:

1. **Extracción de datos:** Esta capa se encarga de la extracción de la información de las fuentes abiertas.
2. **Manipulación de datos:** Asocia los datos obtenidos a partir del contexto para darles un significado. Además, permite reutilizar esta información para realizar nuevas búsquedas, en las distintas fuentes, reutilizando datos ya obtenidos como entrada.
3. **Reporte:** Filtra la información obtenida para exportarla en un reporte personalizado.

Capa de Extracción de Datos:

Esta capa maneja la extracción de información de distintas fuentes, entre las que se encuentran: páginas web, Twitter, Facebook y Google.

A continuación se explicará cómo se trató cada una de las fuentes.

1. **Páginas web:** Para esta sección utilizaremos varios términos especiales:
 - **Fuentes:** Son distintas páginas web donde se obtienen la información.
 - **Tipo de datos:** Es un tipo asociado a los datos que se obtienen para darles un contexto dentro del sistema. Ej: DNI, Edad, Teléfono, Nombre, etc.

- **Tipo dato de Salida:** Indica el formato de la información que se obtiene de una fuente (dato atómica, una tabla o una imagen)
- **Xpath:** Es la dirección de un elemento Html dentro de una página.

Osint-Investiga proporciona la flexibilidad de que los usuarios puedan cargar las fuentes que deseen y crean relevantes, de una forma simple y fácil.

Para ello, por única vez, el administrador del sistema, debe ir al panel de administración, y seleccionar agregar una nueva fuente. Aparece un formulario donde debe cargar la URL de la página y ponerle un nombre para identificarlo en el sistema.

Luego de esto, se deben especificar los datos de entrada que tienen esas páginas y los datos de salida de la misma. Para los datos de entradas se tienen distintos tratamientos dependiendo como se cargan en la página web (Get/Post).

Para los datos de salida se manejan con sus Xpath, que son muy sencillos de obtener, Google Chrome tiene una herramienta integrada para obtenerlo y los demás navegadores disponen de plugins para hacer lo mismo.

Una vez configurado todo, se le pasan los parámetros de entrada al sistema y esté utilizando herramientas de web Scraping, navega las páginas en segundo plano y regresa los datos de salida.

Ej: en páginas blancas, se ingresa un número de teléfono y se obtiene un el nombre y la dirección del titular.

2. **Twitter:** Para twitter se utilizó la api oficial que permite extraer información

desde el perfil, tweets, números de seguidores, entre muchas más.

Al manejar tanto volumen de información, se debe solicitar al sistema la información y este ejecuta la tarea en segundo plano, para luego, al finalizar, notificar al usuario que la solicitó.

La información queda guardada a nivel sistema (cualquier usuario puede consultarla), como una captura del perfil en el momento que se hizo la solicitud. Se puede volver a pedir que se descargue el perfil y queda almacenada como otra versión del mismo perfil.

3. **Facebook:** En Facebook no se pudo utilizar la api oficial, por problemas de políticas. Facebook limita mucho la información que otorga a través de su api.

Por esta razón, tuvimos que diseñar un servicio que se ejecuta en segundo plano y realiza las misma tareas que la api de twitter a los ojos del sistema.

Este servicio se ejecuta en un servidor y se queda a la espera de peticiones de información (Post, Amigos, Reacciones, etc). Luego simula, utilizando técnicas de web scraping, la navegación del Facebook, como la haría cualquier usuario normal, y extrae la información de forma automática. Al igual que Twitter, esto puede llevar mucho tiempo, por ello, queda en segundo plano, en el servidor, extrayendo la información solicitada y luego informando al usuario que la solicitó.

Esta información queda almacenada de la misma forma que se hace con Twitter, permitiendo luego vincularla con otras investigaciones y otros perfiles obtenidos.

4. **Google:** En este caso, también utilizamos la api oficial para búsquedas de google.

En todas estas funcionalidades del sistema no solo se almacena el dato obtenido, sino que por un lado se almacena el tipo de dato asociado al mismo, y por otro lado se almacena información relevante para ser reportada (origen, fecha y en caso de google, la cadena que se buscó).

Capa de manipulación de datos

En esta capa del sistema, los investigadores realizan sus investigaciones.

Para realizar las investigaciones, los usuarios deben crear proyectos, los cuales quedan asociados a ellos y a los demás usuarios que deseen compartir.

Los proyectos, son formularios en blanco donde los investigadores pueden llenar con información que ya dispongan, pueden consultar fuentes ya cargadas por los administradores o hacer peticiones a la redes sociales.

Una vez obtenido los datos de las consultas, se puede seleccionar los datos deseados en el formulario, y estos pueden ser usados como datos de entrada para realizar nuevas búsquedas

En el caso de Facebook y Twitter, los perfiles son almacenados a nivel sistema y pueden ser consultados por cualquier usuario. Estos perfiles guardados son asociados a los proyectos.

Pueden asociarse varios perfiles y varias versiones del mismo en los proyectos. Ya sea que hayan sido consultados y agregados por los partícipes de ese proyecto o haya sido la consulta de un externo al mismo.

Capa Reporte:

Los usuarios pueden exportar sus investigaciones en formato PDF.

Los usuarios tienen la opción de seleccionar qué datos desean exportar de las investigaciones para generar un documento pdf con la misma.

En el caso de los perfiles de Twitter y Facebook, solo se reportan un resumen de los mismos. Para realizar un documento con toda la información, se debe seleccionar cada perfil en particular y luego reportarlos individualmente, seleccionando a su vez los datos que se deseen.

4 - Conclusión y trabajos futuros

Osint-Investiga es un software que facilita las tareas de investigación y reporte de la información obtenida. Permite a sus usuarios realizar investigaciones en internet, sin necesidad de tener muchos conocimientos de técnicas de OSINT.

Por sobre todo, posee una gran mantenibilidad y flexibilidad, que permite adaptar el Osint-Investiga, a las necesidades de los usuarios.

Se tiene pensado seguir mejorando Osint-Investiga en varios aspectos:

Relacionar los datos de los proyectos con futuras búsquedas. Cuando un proyecto nuevo busca datos que ya fueron buscados en otro proyecto, que se informe que alguien ya realizó esa búsqueda y que le pida permiso para poder utilizar esos datos.

Mejorar la interfaces para facilitar el uso a personas con poco conocimientos técnicos. Hacer la herramienta más intuitiva y amigable.

Ayudas contextuales. Crear ayudas contextuales y que sean más fáciles de acceder e intuitivas.

Optimizar las formas de extracción de información en Facebook. Mejorar los métodos de extracción para que sean más eficientes, ya que presentan un cuello de botella importante.

Hacer más dinámicos los métodos de extracción de Facebook. Sería deseable que los métodos de extracción de información de Facebook sean más dinámicos, permitiendo una corrección de posibles errores de forma más simple.

Expandir la recolección de información a otras redes sociales. Permitir que el sistema sea compatibles con búsquedas en otras redes sociales, como LinkedIn, instagram, snapchat, etc.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad FASTA, el Info-Lab, al Ministerio Público Fiscal de la Provincia de Buenos Aires y la empresa Asegurarte.

En particular, a Ana Di Iorio, Ariel Podesta, Bruno Constanzo y Sabrina Lamperti, miembros del

Info-Lab y a Marcelo Temperini y Maximiliano Macedo, miembros de Asegurarte.

Referencias

1. Temple, K. "What happens in an Internet Minute?". Artículo Periodístico para IntelScoop.(2013) Disponible en <https://web.archive.org/web/20130609021134/http://scoop.intel.com/what-happens-in-an-internet-minute/>
2. Maltego, desarrollada por la empresa Paterva. Más información en <https://www.paterva.com/web7/buy/maltego-clients/maltego-ce.php>
3. Shrivastava, R. "What is Google Spider and how does it work?". Artículo Periodístico por KeyWordXP.(2015) Disponible en <https://www.keywordxp.com/what-is-google-spider/>
4. Sweigart, A. "Automate the boring stuff with python", Capitulo 11, No Starch Press, 2015

Datos de Contacto:

Ezequiel Ramirez, ezequieldramirez@gmail.com
Martin Gamalero, martingamalero@ufasta.edu.ar

Desarrollo de analizador de relevancia de términos en Internet

Calvo, Felipe
Halblaub, Braian
Milano Pesce, Franco
Leira, Santiago
Pereyra, Gabriel

*Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires,
Ingeniería en Sistemas de Información*

Abstract

En el mundo actual, organizaciones de cualquier tamaño y rubro, generan y consumen una gran cantidad de información de Internet. De obtenerse y analizarse apropiadamente, estos datos pueden servir para la toma de decisiones en cualquier área o nivel jerárquico. Pero existen diversos problemas que afectan a este propósito, como la heterogeneidad y dispersión de la información en la web, la determinación de qué métrica es relevante analizar o la complejidad que exige el acceso a estos datos. El objetivo del presente trabajo es desarrollar una herramienta online que resuelva estos obstáculos, simplificando el análisis estadístico de la información relevante para que una organización tome decisiones en un mundo cada vez más conectado a Internet. Para ello se analizan los principales medios online que actuarán como fuentes de información, y las principales métricas que un empleado requiere para realizar un análisis apropiado de los datos.

Palabras Clave

Término. Relevancia. Popularidad. Sentimiento. Internet. Métricas. Redes. Noticias. Buscadores. Estadística.

Introducción

El uso de Internet está cobrando cada vez más importancia en la sociedad. Más del 50% de la población mundial son usuarios activos de la red [1] y este número se encuentra en constante crecimiento, al punto de que todos los datos generados desde 2016 conforman un 90% del histórico total [2]. Estos números se trasladan al contexto de una empresa, debido a que sus empleados, clientes, competidores, proveedores, etc. también interactúan

constantemente con las redes. Por este motivo, estas empresas, sin importar su tamaño o negocio, empiezan a relacionarse con el fenómeno del big data, produciendo una gran cantidad de información, que en parte se encuentra almacenada en sus bases de datos, pero otra parte aún mayor termina dispersa por los distintos medios online.

La información y su análisis representa uno de los activos principales de cualquier organización [3]. Tener conocimiento del mercado, la opinión de los clientes, la popularidad de la propia compañía y de sus competidores, etc. son algunos de los indicadores o KPI que pueden ser medidos mediante su impacto en las redes, y que funcionarían como una sólida base para tomar decisiones acerca del rumbo de la empresa como un todo, o de cualquiera de sus áreas [4].

Teniendo esto en consideración, la problemática que se busca resolver en el presente trabajo es que muchas empresas no logran utilizar apropiadamente esta información presente en Internet que es relevante para sus decisiones, y esto se debe a diversos motivos. En principio, el volumen de datos es tan grande que se dificulta la tarea de entender qué es importante y qué no. Relacionado a esto, no siempre se conoce qué indicadores pueden ser útiles para las decisiones que se buscan tomar. Por otro lado, el acceso a la

información pública de ciertos medios online requiere la tarea de adaptar los datos para utilizarlos analíticamente. Por último, estos datos se encuentran dispersos entre diferentes medios online como redes sociales, portales de noticias, buscadores o foros, y además suelen tener formatos heterogéneos debido al crecimiento exponencial de la información no estructurada.

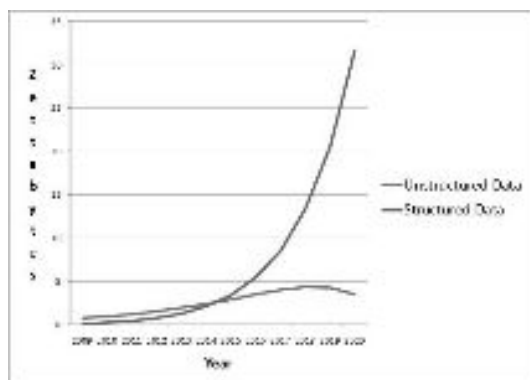


Figura 1: Tendencia de crecimiento de los datos no estructurados (arriba) en Internet [5]

El objetivo, entonces, es eliminar estas barreras existentes a la hora de obtener y utilizar la información pública de Internet para tomar decisiones dentro de una organización, desarrollando una herramienta web genérica para empleados de cualquier compañía, sin importar su área, rubro o tamaño.

Este campo ha tenido avances en los últimos años, pero se centran principalmente en la posibilidad de obtener métricas sobre la información privada que una empresa posee en las redes. Algunos ejemplos son el análisis de sitios web propietarios con Google Analytics, o indicadores en las páginas empresariales dentro de redes sociales como Instagram o Facebook [6]. También existen otras herramientas que presentan estadísticas de manera pública, como lo es Google Trends. La diferencia que se plantea en este trabajo, es la posibilidad de recabar datos públicos de las fuentes online más importantes y

presentarlos de manera unificada en los gráficos que sean relevantes para cualquier negocio.

Análisis de la solución

En base a lo descripto previamente, se propone desarrollar una solución web que permita a los empleados de una empresa visualizar distintos tipos de gráficos en base a un término de interés que sea buscado. Al no tener la búsqueda ningún tipo de limitante, la herramienta puede ser utilizada de manera genérica en cualquier ámbito laboral, para compañías de diversos sectores y rubros.

La decisión de crear una aplicación web y no mobile se debe a que la primera se adapta mejor a los usuarios finales. En la actualidad, la mayoría de los empleados están toda su jornada laboral en contacto con una computadora, por lo que es mucho más útil brindarles una plataforma web. A su vez, por el tipo de gráficos que se presentarán, una aplicación mobile podría no ser adecuada debido a la legibilidad de los mismos.

Esta plataforma solucionará la problemática planteada de la siguiente manera: del volumen de datos total de Internet, se tomarán aquellos que sean públicos y provengan de los medios que sean más relevantes como fuente de información para la sociedad actual. Según las tendencias actuales, los medios presentes en la web más utilizados son las redes sociales en primer lugar, y los portales de noticias online en el segundo [7]. El primer grupo es útil para entender la expresión de la opinión pública en general, y el segundo como fuente de información oficial.

A estos dos grupos se le adiciona un tercero en este desarrollo, que consiste en los buscadores de la web, dentro de los que se incluye Google. Estos permiten dar una noción sobre las tendencias de los temas de

mayor interés en la sociedad a lo largo del tiempo y el espacio.

Estos grupos actuarán como las fuentes de información principales de la aplicación, que alimentarán a los gráficos que serán de utilidad para la toma de decisiones. Del grupo de las redes sociales, se utilizará Twitter debido a que se encuentra entre los 7 medios más populares en la actualidad y brinda facilidades en el acceso a la información de sus tweets públicos.

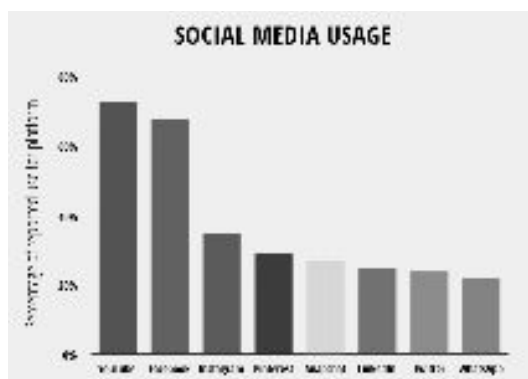


Figura 2: Porcentaje de uso de redes sociales en 2018 [8]

Si bien las 3 redes de mayor uso son YouTube, Facebook e Instagram, no se tendrán en cuenta debido a que YouTube presenta su contenido principal en formato de video, y esta solución se centra en datos representados en textos. Facebook e Instagram también son candidatos, pero la existencia de recientes problemas de seguridad con sus usuarios dificulta el acceso a sus APIs.

Sobre los portales de noticias online, se abarcarán la mayoría de los medios del mundo, y esto se debe a que el sistema utilizará Google News como acceso a esta información. Este servicio de Google recopila los datos de fuentes de todos los países y los brinda de manera que puedan analizarse apropiadamente.

Como representante del grupo de los buscadores se utilizará Google, bajo su

servicio de Google Trends, porque en la actualidad representa un 75% de todo el tráfico sobre este tipo de sitios, lo cual lo convierte en el más relevante a analizar [9].

Todos estos datos son esencialmente texto, pero que provienen de diversas fuentes, y cada una los representa con su propio formato. Internamente la aplicación se encargará de recolectarlos y adaptarlos ante cada búsqueda del usuario, de manera que cuando éste visualice las gráficas, toda la información se encuentre unificada y sea homogénea para su fácil entendimiento.

Por último, se brindarán al usuario aquellos gráficos que sean más apropiados para tomar decisiones en un contexto empresarial, y que, como ya se mencionó antes, provengan de información pública. En primer lugar se requiere conocer la popularidad de los términos de interés (marcas, productos, personas, etc.), lo cual puede ser obtenido a través de búsquedas online, seguidores en redes sociales, medios de noticias que más comentan sobre el tema, entre otros. Esto tiene la intención de entender principalmente la cantidad de seguidores activos de estos temas de interés, y las tendencias que existen sobre los mismos.

Luego se debe conocer el alcance o influencia de ese tema en redes sociales, medido en este caso, mediante retweets y likes sobre las publicaciones más relevantes de Twitter. Esto busca conocer directamente el interés que existe en la comunidad sobre aquellos tópicos relacionados con la empresa [10].

Por último, será de utilidad el conocimiento de los sentimientos que tiene la sociedad para con ese término de interés, con el objetivo de entender la opinión general que existe sobre la empresa y el impacto positivo o negativo que generan sus acciones [11].

Solución propuesta

En base al análisis de cuáles son las métricas más relevantes para visualizar en la plataforma, se decidió mostrar diferentes gráficos asociados al término buscado: popularidad e interés en los buscadores a lo largo del tiempo y región, alcance en las redes sociales, sentimientos encontrados en twitter y las noticias (positivo, neutro, negativo, etc), medios que más comentaron sobre el término buscado y una pequeña muestra de las noticias y tweets actuales más relevantes relacionados al mismo.

La popularidad e interés en los buscadores a lo largo del tiempo será un gráfico de línea que permitirá visualizar en una ventana de tiempo elegida la evolución de la popularidad del término. El mismo tendrá como fuente de información a Google Trends.

La popularidad e interés en los buscadores por región será representada por un gráfico de barras y un mapa que permitirán visualizar en qué áreas se menciona con mayor frecuencia el término buscado. Al igual que el gráfico anterior, la información se obtendrá de Google Trends.

En estos dos casos el valor que se usa para generar los gráficos es un porcentaje de popularidad brindado por Google que se calcula en base a la cantidad de búsquedas del término elegido en un momento o región dado.

El alcance en las redes sociales será un gráfico de línea que permitirá visualizar en una ventana de tiempo elegida la cantidad de usuarios que realizaron tweets acerca del término. Esta información provendrá de Twitter.

El cálculo de los valores a mostrar tendrá en cuenta los 100 tweets diarios más populares sobre el término buscado en el rango de tiempo elegido y en el idioma del usuario. El alcance se medirá como la suma

de la cantidad de retweets de estos tweets base. El objetivo de esto es considerar la cantidad de gente que comparte las opiniones o comentarios más relevantes que se publicaron.

Los sentimientos detectados en tweets se visualizarán con un gráfico de torta que mostrará en una ventana de tiempo elegida, las emociones (positivas, negativas, neutras, etc) que la opinión pública tiene en Twitter sobre el término de interés. Para poder generar este gráfico, se utilizará la fuente de información de Twitter y el servicio de Meaning Cloud para poder poder analizar, mediante inteligencia artificial, las emociones presentes en los tweets. Cabe aclarar que el gráfico de sentimientos detectados en noticias se comporta de la misma manera, la diferencia es que su fuente de información pasan a ser las noticias presentes en diarios de todo el mundo, que son brindadas por el servicio de Google News.

Al momento de buscar el término, el sistema obtiene la información de las noticias o tweets más relevantes en el período de tiempo elegido y las combina en un mismo archivo, enviando luego estos datos a Mening Cloud. Este servicio externo se encarga de separar el texto en oraciones y retornar el valor de sentimiento para cada una de ellas (P+, P, Neu, N, N+)¹. Luego se cuenta la cantidad de oraciones con cada valor, se calculan los porcentajes de cada uno y se los representa visualmente.

Existirá un gráfico de torta que mostrará en una ventana de tiempo elegida los diferentes medios de noticias que más comentaron sobre un término y en qué porcentaje lo hicieron. Esta información se consultará de Google News. Se tendrán en

¹ P es positivo, N negativo y Neu neutral. El + representa un alto grado de ese sentimiento, por ejemplo, P+ es muy positivo.

cuenta todas las noticias relevantes devueltas por este servicio.

Por último, se podrá obtener una pequeña muestra de tweets y de noticias asociados al término. Se tendrán en cuenta sólo aquellos que sean más relevantes en el momento de la búsqueda. Esto quiere decir que tengan una mayor cantidad de visualizaciones, retweets o consultas.

Por otra parte la plataforma permitirá el manejo de usuarios, de forma de que cada uno pueda tener su propia configuración. La misma posibilitará al usuario dar de alta términos favoritos, agregarle una descripción y luego eliminarlos. También cada usuario podrá maximizar y minimizar el tamaño de los gráficos y por último decidir si un gráfico se tiene que visualizar o no. El objetivo de esto es permitir que la plataforma sea flexible y pueda adaptarse a las necesidades de cada empresa y empleado particular.

Resultados

El sistema se encuentra actualmente en desarrollo, pero se estima que ante cada búsqueda de un término, la aplicación recopilará los 1000 tweets relacionados más relevantes de la última semana, tendrá en cuenta todas las búsquedas en Google en el mismo período de tiempo y tomará las noticias de los principales medios de comunicación online a través del servicio de Google News. De esta manera, se abarcarán 3 de las más grandes fuentes de información online (redes sociales, noticias y buscadores) obteniendo una muestra significativa de datos para realizar los gráficos, de forma que la relevancia del término buscado en Internet será lo más cercana posible a la realidad.

Trabajos Relacionados

Existen investigaciones relacionadas a esta temática, pero uno de los trabajos más cercanos es el de *Business intelligence and analytics*, *Research directions* [12].

Tanto en esa investigación como en la que realizamos en este documento se busca presentar herramientas para desarrollar un análisis sobre datos que permitan ayudar a las empresas a tomar decisiones (inteligencia de negocios).

En ambos casos la información analizada es texto, dejando para trabajos futuros el análisis de otro tipo de formatos. Además se le presta atención al crecimiento de los datos no estructurados.

La diferencia radica que en el documento referenciado se analizan las técnicas más relevantes y útiles que existen para procesar grandes volúmenes de información en tres aspectos diferentes: big data (información privada empresarial), análisis de texto y redes sociales. Y lo hace desde el punto de vista técnico, no se centra en su utilidad para la toma de decisiones.

El presente trabajo busca analizar exclusivamente la información pública presente sólo en los medios más relevantes, algunos de los cuales no están incluidos en la otra investigación, como el caso de las noticias. Por este motivo, la herramienta desarrollada se centra en la web y busca que sea accesible para cualquier tipo de usuario, ocultando las complejidades técnicas que suponen estas herramientas, y teniendo como objetivo servir a la toma de decisiones empresariales.

Conclusión y Trabajos Futuros

Una vez desarrollada la plataforma, esta permitirá eliminar las barreras que existen para realizar un apropiado análisis de la información pública relevante en Internet a la hora de tomar decisiones en una compañía, dado que recopilará los datos dispersos en la web de manera uniforme, teniendo en cuenta los principales medios online y mostrando los gráficos de mayor importancia para los usuarios.

Donde todavía existe un espacio de mejora de cara al futuro es en el aspecto de la cantidad de datos que son recolectados. La aplicación planteada sólo considera una muestra de todo el volumen de información en Internet, tomando algunos representantes de los grupos principales, como las redes sociales, los buscadores y los portales de noticias. Pero existen otro grupos que sería conveniente analizar para tener una mejor perspectiva en las métricas que muestra el sistema, como por ejemplo el caso de los foros o sitios de e-commerce.

Además, dentro de los grupos planteados, existen más medios que pueden incluirse, como el caso de Facebook e Instagram en redes sociales, o Bing en buscadores. Para esto, en trabajos futuros se deberá estudiar la complejidad que tiene el acceso a la información en estos portales, debido a los problemas de seguridad que dificultan el acceso a sus APIs.

Por último, para tener una fuente de información aún más completa, se deberá plantear la posibilidad de incluir contenido en formatos que no sean texto, como el caso de los videos de YouTube, que como se expuso en el presente trabajo, resulta ser la red social más utilizada en la actualidad. Imágenes o audio son otros tipos de dato que pueden incluirse de cara al futuro, y que cada vez están cobrando una mayor importancia en el mundo online.

Referencias

- [1] Internet World Stats. 2017. *Internet Users in the World*. Consultado el 15 de septiembre de 2018, <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>.
- [2] Jeff Schultz. 2017. *How Much Data is Created on the Internet Each Day*. Consultado el 15 de septiembre de 2018, <https://blog.microfocus.com/how-much-data-is-created-on-the-internet-each-day/>.
- [3] Big Data International Campus. 2018. *La realidad empresarial respecto al Big Data*. Consultado el 16 de septiembre de 2018, <https://www.campusbigdata.com/big-data-blog/item/83-realidad-empresarial-respecto-big-data>.

[4] Kurt Steckel. 2018. *Why Are Metrics and KPIs Important For My Business*.

Consultado el 16 de septiembre de 2018, <https://bisonanalytics.com/blog/why-are-metrics-and-kpis-important-for-my-business/>.

[5] Digital Financial Reporting. 2014. *Impending Data Explosion*. Consultado el 16 de septiembre de 2018,

<http://xbrl.squarespace.com/journal/2014/5/3/need-for-new-global-standard-spreadsheet-alternative.html>

[6] Brent Barnhart. 2018. *How to Mine Your Social Media Data for a Better ROI*.

Consultado el 12 de septiembre de 2018, <https://sproutsocial.com/insights/social-media-data/>.

[7] Katie Deighton. 2017. *Social media beats off TV and newspapers as most relevant source of news and information*. Consultado el 16 de septiembre de 2018,

<https://www.thedrum.com/news/2017/05/23/social-media-beats-tv-and-newspapers-most-relevant-source-news-and-information>.

[8] Tate Design. 2018. *Social Media Usage*. Consultado el 15 de septiembre de 2018, https://www.tatedesign.net/social-media-usage-continues-to-climb-are-you-rising-to-the-challenge/#.W57NT_5Kh0s.

[9] Carolanne Mangles. 2018. *Search Engine Statistics 2018*. Consultado el 15 de septiembre de 2018,

<https://www.smartinsights.com/search-engine-marketing/search-engine-statistics/>.

[10] Lorena Rodríguez Martínez. 2013. *5 indicadores clave para medir la interacción en las redes sociales*. Consultado el 12 de septiembre de 2018,

<https://www.puromarketing.com/42/16086/indicadores-clave-para-medir-interaccion-redes-sociales.html>.

[11] Mike Waldron. 2014. *Why is Sentiment Analysis important from a business perspective*.

Consultado el 15 de septiembre de 2018, <http://blog.aylien.com/why-is-sentiment-analysis-important-from-a/>.

[12] LIM, Ee Peng; CHEN, Hsinchun; and CHEN, Guoqing. *Business intelligence and analytics: Research directions*. 2013. ACM Transactions on Management Information Systems. Research Collection School Of Information Systems

Datos de contacto:

Felipe Calvo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Av San Juan 4139 5A, CABA. felipecalvo239@gmail.com.

Braian Halblaub. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Beltrán 2580, 1655, San Martín. braianhal@gmail.com.

Franco Milano Pesce. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires. Ecuador 367, 1214, CABA. francomilanopesce@gmail.com.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

*Santiago Leira. Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires. Caracas 2181,
1416, CABA. santiago.leira@gmail.com.*

*Gabriel Pereyra. Universidad Tecnológica
Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

*Melincué 2738, 1417, CABA.
gabriel.opereyra@gmail.com.*

Seguridad en dispositivos móviles Android

Alegre Andrés Santiago y Martínez Campos Silvana Pompeya
Universidad Católica de Salta, Facultad de Ingeniería e Informática

Abstract

El presente trabajo tiene por finalidad mostrar el funcionamiento del sistema operativo Android en equipos celulares, un detalle de los riesgos actuales en materia de seguridad y robo de información y un compendio de buenas prácticas para evitar ser víctimas de delitos informáticos.

Palabras claves

Dispositivos móviles, ataques, seguridad, amenaza, Android.

Contexto

Este trabajo se realiza en el marco del proyecto titulado “Aplicaciones de metodologías, procesos y técnicas forenses digitales a nuevas tecnologías” el cuál se desarrolla en el marco de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta.

Objetivos

En el siguiente trabajo se presenta los siguientes objetivos:

- Conocer los conceptos básicos de seguridad en Android.
- Conocer el funcionamiento interno del sistema Android.
- Conocer los riesgos y amenazas asociados al uso de equipos móviles con sistemas operativos Android.
- Conocer las mejores prácticas para reforzar la seguridad en Android.

1. Introducción

La evolución de los dispositivos móviles ha aumentado considerablemente en los últimos años, han pasado de ser simples celulares a computadores de mano. Por esta razón, las actividades cotidianas de las personas como revisar e-mail, redes sociales, sitios de interés, noticias, incluso transacciones bancarias, han pasado a utilizarse en dichos equipos. Éstos, se han

convertido en una extensión de la vida diaria de las personas, tanto personal como laboralmente.

Ante el marcado aumento en el uso de dispositivos móviles, el mercado destinado a estas terminales ha crecido fuertemente; los servicios ofrecidos y las aplicaciones cada día son más numerosas. Pero estos beneficios no son gratis debido a que llama la atención de personas y cibercriminales que han visto un gran mercado y que en los últimos años su explotación ha estado en aumento, sacando provecho a través de los diferentes delitos informáticos. Debido a esto los dispositivos móviles están expuestos a un sinnúmero de peligros. La penetración del sistema operativo Android en los usuarios de dispositivos móviles en América Latina ha sido muy fuerte, por su flexibilidad de adaptarse a cualquier equipo hardware.

1.1 Conociendo al gigante

Android es un sistema operativo basado en Linux y de código abierto, para dispositivos móviles, que inicialmente se desarrolló por Android Inc. Empresa que más tarde compró Google en 2005. Fue presentado el 5 de noviembre de 2007 con la fundación de la Open Handset Alliance [1]. Es esta empresa la que incorporó el primer dispositivo en utilizar el sistema operativo Android que recibió el nombre de HTC Dream y al ser de código abierto y flexible fue adoptado por una gran cantidad de fabricantes, la penetración que tiene en el mercado es enorme y continúa creciendo convirtiéndose en el sistema operativo para dispositivos móviles más utilizado según los datos recopilados por StatCounter [2] hasta agosto del 2018 en donde Android sobrepasó a Windows en un 5.73 %.

Cada nueva versión de Android introduce mejoras y nuevas funcionalidades. También se corrigen bugs y errores detectados. Se

identifican por una numeración. A los dos primeros dígitos de esta se le da el nombre de un postre popular en inglés. A cada versión generalmente se le agregan modificaciones, surgiendo pequeñas actualizaciones menores. Todas las versiones se pueden ver a continuación, ordenadas por las más recientes.

Version/Nombre	Fecha
Android 9.0 Pie	6 de Agosto de 2018
Android 8.0 Oreo	21 de Agosto de 2017
Android 7.0 Nougat (Turrón)	Agosto 2016
Android 6.0 Marshmallow (Malvavisco)	Octubre 2015
Android 5.0 Lollipop	Noviembre 2014
Android 4.4 KitKat	Noviembre 2013
Android 4.3 JellyBean (Michel)	Julio 2013
Android 4.2 JellyBean (Gummy bear)	Noviembre 2012
Android 4.1 JellyBean (Gomita confitada)	Julio 2012
Android 4.0 Ice Cream Sandwich (Sandwich de helado)	Octubre 2011
Android 3.0/3.1/3.2 Honeycomb (Panal de miel)	Febrero 2011
Android 2.3 Gingerbread (Pan de jengibre)	Diciembre 2010
Android 2.2 Froyo (Yogur helado)	Mayo 2010
Android 2.0 Eclair	Octubre 2009
Android 1.6 Donut	Septiembre 2009
Android 2.5 Cupcake	Abril 2009
Android 1	Septiembre 2008

Tabla 1: Versiones de Android a 2018

2. Arquitectura del sistema operativo Android

Cómo se muestra en la Figura 1 la arquitectura está formada por cuatro (4) capas. Ellas son las siguientes:

Aplicaciones: Este nivel contiene, tanto las incluidas por defecto de Android como aquellas que el usuario vaya añadiendo posteriormente, ya sean de terceros o de su propio desarrollo. Todas estas aplicaciones utilizan los servicios, las API y librerías de los niveles anteriores.

Framework de aplicaciones: Los desarrolladores tienen completo acceso a los mismos APIs del framework usados por las aplicaciones base. Esta capa está diseñada para simplificar la reutilización de componentes; cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y cualquier otra aplicación puede luego hacer uso de esas capacidades (sujeto a reglas de seguridad del framework). Este mismo mecanismo permite que los componentes sean reemplazados por el usuario.

Librerías: La siguiente capa la componen las bibliotecas nativas de Android, también llamadas librería. Incluye un conjunto de librerías en C/C++ usadas en varios componentes de Android, están compiladas en código nativo del procesador y muchas utilizan proyectos de código abierto. Normalmente están hechas por los fabricantes, quienes también se encarga de instalarlas en los dispositivos. El objetivo de las librerías es proporcionar funcionalidad a las aplicaciones para tareas que se repiten con frecuencia. Entre las librerías más importantes ubicadas aquí se encuentran OpenGL, Bibliotecas multimedia, Webkit, SSL, FreeType, SQLite, entre otras.

Tiempo de ejecución de Android: Al mismo nivel que las librerías de Android se sitúa el tiempo de ejecución. Está constituido por las Core Libraries, que son librerías con multitud de clases Java y la máquina virtual Dalvik. Dalvik ha sido escrito de forma que un dispositivo puede correr múltiples máquinas virtuales de forma eficiente. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik.

Kernel: El núcleo de Android está formado por el sistema operativo Linux con un Kernel versión 2.6. Esta capa proporciona servicios como la seguridad, el manejo de la memoria, el multiproceso, la pila de protocolos y el soporte de drivers para dispositivos. Dicha capa actúa como capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila. Por lo tanto, es la única que es dependiente del hardware.

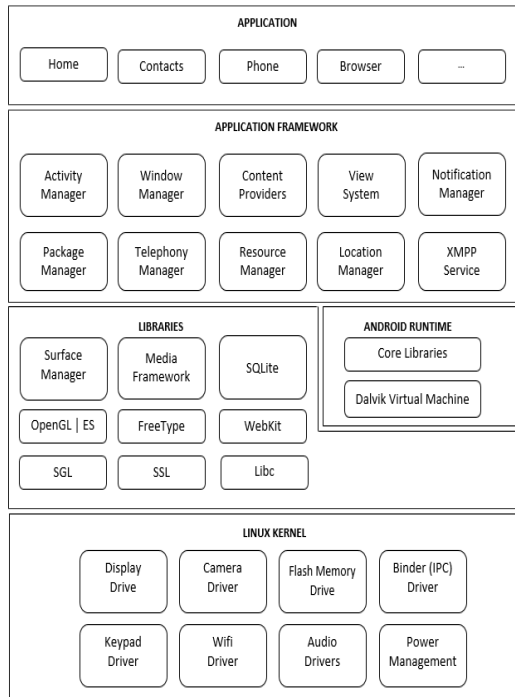


Figura 1: Arquitectura de Android [3]

2.1 Proceso de inicialización de Android

Hay que tener en cuenta que el procesador que utilizan la mayoría de los dispositivos móviles es ARM (se basan en el modelo RISC y están licenciados por la compañía británica ARM Holdings) y el hardware es distinto también, por lo tanto, el kernel está configurado y adaptado para el hardware del dispositivo. A continuación, se procede a describir la Figura 2, proceso de Inicialización de Android:

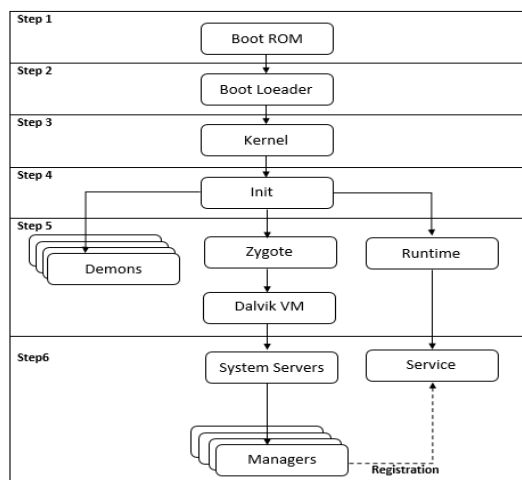


Figura 2: Proceso de Inicialización de Android

Boot ROM: Cuando se inicializa el dispositivo y arranca el procesador, este tiene la dirección de memoria en donde se encuentra el Bootloader y procederá a cargar dicho programa en la RAM del dispositivo para comenzar su ejecución.

Bootloader: Es el primer programa que corre cuando se enciende un dispositivo móvil y es el encargado de gestionar el arranque del sistema. También se asegura de que todos los componentes de hardware estén en correcto funcionamiento y en ese caso se encargará de hacer iniciar Android en el caso de un inicio normal o en el caso de que sea solicitado por el usuario podrá iniciar con Recovery, Fastboot u otros.

Kernel: El Kernel de Android inicializa igual que cualquier sistema Linux: montará los filesystem necesarios, inicializa la memoria, dispositivos, el cache, cargará los drivers y cuando termine todas estas tareas accederá a la partición raíz para lanzar el proceso "init" el cual será el primero en ejecutar del sistema operativo que dará inicio a Android.

El proceso Init: Es el primero de todos los que corre el sistema operativo de base, se puede decir que es el proceso raíz. Se encuentra en la base del system "/" proceso encargado de montar los principales filesystems del sistema operativo para luego dar lugar a la ejecución del archivo "init.rc" el cual se encargará de cuatro clases bien definidas de operaciones: acciones, servicios, comandos y opciones, que servirán de base para el funcionamiento de los siguientes procesos en jerarquía de Android.

Al realizar todas estas tareas lo primero que se podrá visualizar en el teléfono es el correspondiente logo de inicialización.

Zygote y Dalvik: Zygote es inicializado desde Init y es el encargado de inicializar las máquinas virtuales Dalvik. Dalvik es la máquina virtual que se generará para cada proceso y tiene un funcionamiento muy similar al de las VM de Java.

Servicios del Sistema o Servicios: Luego Zygote se encargará de inicializar los servicios de sistema. Entre ellos: telefonía,

teclado, batería, alarmas, sensores, administrador de ventanas, y otros agentes y servicios de Google. Cuando finaliza el inicio de estos servicios, el sistema está listo para interactuar con el usuario.

Boot completo: Cuando todas las etapas concluyeron se dispara una acción de BROADCAST denominada "ACTION_BOOT_COMPLETED" la cual indica la finalización del proceso.

3. Riesgos y amenazas asociados al uso de equipos móviles con sistemas operativos Android

Ataques como malware, códigos QR falsos, phishing, fraudes informáticos, pérdida o robo del dispositivo, conexiones inalámbricas inseguras, entre otros hacen que cada vez sea más necesario adoptar medidas de protección tanto desde el ámbito tecnológico como de educación y concientización. Para empezar, nos centraremos en el malware y los diferentes objetivos que este puede llegar a tener. Puede tener objetivos muy variados, siendo los más comunes obtener datos personales y beneficio económico. Su modo de funcionamiento puede ser automático o controlado remotamente. Los principales tipos de malware son según el informe *Tendencias 2013: Vertiginoso crecimiento de malware para móviles*. [4]

Virus: Es un programa malicioso que infecta a otros archivos del sistema con la intención de modificarlos o hacerlos inservibles. Una vez infectado, también se convierte en portador del virus y, por lo tanto, en una nueva fuente de infección.

Gusano: Es un programa malicioso autorreplicable que aprovechará las vulnerabilidades de la red para propagarse.

Troyano: Es un pequeño programa oculto en otra aplicación. Su objetivo es pasar inadvertido por el usuario e instalarse en el sistema cuando el usuario ejecuta la aplicación.

Spyware: Es una aplicación que recoge información sobre una persona u organización sin su consentimiento.

Keylogger: Es una aplicación encargada de

almacenar todas las acciones del móvil. Por lo tanto, puede capturar información confidencial, como el número de la tarjeta de crédito o las contraseñas u otro tipo de información sensible.

Hijacker: Es un programa que realiza cambios en la configuración del navegador web. Un ataque típico es cambiar la página de inicio por una página de publicidad.

Dialer: Es un programa que de manera oculta realiza llamadas a teléfonos con tarifas especiales. De esta manera, el atacante puede obtener beneficios económicos.

Phishing: Es una amenaza informática a través de la cual los cibercriminales suplantan a una entidad de confianza, como un banco u otra empresa, para robar información de la víctima.

Fraudes electrónicos (scam): Utilizan premios falsos para seducir a la potencial víctima. En el texto es común observar que los atacantes solicitan datos personales del usuario y una suma de dinero que debe depositarse antes de poder cobrar el premio.

Smishing: También existen ataques de phishing diseñados y adaptados específicamente para usuarios de equipos móviles. Este tipo de amenaza llega a través de mensajes de texto (SMS) y se le clasifica como Smishing (conjunción de SMS y Phishing).

Vishing: Son fraudes informáticos cometidos mediante la tecnología Voz sobre IP, es decir, a través de un llamado telefónico. En estos casos, el cibercriminal solicita información sensible como el número de la tarjeta de crédito de la víctima, a la que se le pide que lo ingrese a través del teclado del dispositivo móvil.

Robo o extravío físico del equipo: La pérdida del equipo no es el mayor problema, la preocupación pasa por la información sensible almacenada en el dispositivo que puede ser obtenida por terceros. Asimismo, en el caso de que el usuario no cuente con un respaldo de los datos, recuperar esa información podría complicarse, más si son documentos de autoría propia.

Ingeniería social: La ingeniería social se

refiere a un ataque en el que se utilizan las habilidades sociales para obtener información, ya sea personal como sobre los sistemas informáticos. Las personas que practican la ingeniería social utilizan la interacción social ya sea para engañar a sus víctimas para que entreguen la información, o manipularlos para que confíen en él o ella y compartan información con el atacante.

Conexiones inalámbricas wifi y Bluetooth inseguras: Debido a su facilidad de uso e implementación en varios lugares como hoteles, casas, oficinas, cafés, restaurantes, entre otros, es común que las personas se conecten a este tipo de redes con el objetivo de consultar el correo electrónico, visitar sitios web y redes sociales, realizar transferencias bancarias, etc. Una conexión wifi insegura puede poner en riesgo la integridad de la información del usuario. En este sentido, aquellas redes que no están protegidas por una contraseña y que no implementan ningún tipo de cifrado son susceptibles a ataques como sniffing o robo de paquetes, más si las redes son de acceso público. En dichos escenarios, un cibercriminal podría interceptar el tráfico de red para robar información sensible como credenciales de acceso. Asimismo, un atacante puede montar una red wifi fraudulenta que utilice el mismo nombre de punto de acceso (AP) que otra conexión con el objetivo de realizar acciones maliciosas. Con respecto a la tecnología Bluetooth, esta facilita la conexión a Internet utilizando otro dispositivo como también la posibilidad de compartir archivos entre usuarios que se encuentran físicamente cercanos. Pese a que algunos teléfonos vienen con esta función desactivada, mantener activado el Bluetooth no solo consume más batería, sino también expone al usuario a riesgos de seguridad como la posibilidad de que un código malicioso utilice una conexión de este tipo para propagarse de un equipo hacia otro.

Códigos QR maliciosos: Los QR (*Quick Response*) son un tipo de código de barras en dos dimensiones que facilitan el acceso a sitios web y otro tipo de información. Con tan solo apuntar la cámara de un dispositivo

móvil se puede leer este tipo de código de barras, sin embargo, con la misma facilidad, un atacante puede utilizar un código QR con propósitos maliciosos como dirigir al usuario hacia la descarga de malware o sitios de phishing.

BringYourOwnDevice (BYOD): El fenómeno BYOD consiste en la utilización de dispositivos como notebooks, smartphones y tabletas que son propiedad del usuario en ambientes corporativos. Pese a que esta tendencia permite una mayor flexibilidad al facilitar que un empleado pueda trabajar desde cualquier lugar y utilizando el equipo de su elección, también atenta en contra de la Seguridad de la información en caso que no se adopten los resguardos necesarios.

La mayoría de las amenazas para dispositivos móviles no presentan sospecha de que el dispositivo de la víctima está infectado. Técnicas como el rooteo siempre es una tarea muy peligrosa porque deja una puerta abierta a la entrada de virus a los niveles más seguros del sistema.

4. Mejores prácticas para reforzar la seguridad en dispositivos móviles

Android es el sistema operativo móvil que cuenta con el mayor market share, por lo tanto, es el más afectado por malware. La importancia de la información y la existencia de otras amenazas hacen necesario la implementación de medidas de seguridad [5]:

Redes VPN: Posibilitan que las personas puedan conectarse a redes corporativas a través de una conexión a Internet. Protegen la información que es transmitida del computador del usuario hacia sitios y servicios remotos como correo electrónico, redes sociales, portales bancarios y otros. Se la debe utilizar siempre que sea posible, pero en entornos corporativos es fundamental.

Verificación de HTTPS en dispositivos móviles: Otra práctica es el uso del protocolo HTTPS y un certificado válido. Es fundamental cuando se utilizan servicios como portales bancarios, redes sociales, correo electrónico, y cualquier otro sitio que

requiera de credenciales de acceso o datos sensibles para funcionar.

4.1 Prevención de códigos maliciosos y otras amenazas:

- Activar el bloqueo de la tarjeta SIM y establecer una clave de acceso para prevenir que terceros puedan acceder a información confidencial. Esta es más segura si está conformada por más de cuatro caracteres y los números no son consecutivos ni fáciles de adivinar (los bloqueos por patrones y reconocimiento facial son más inseguros).
- Mantener el sistema operativo móvil y las aplicaciones actualizadas para evitar la explotación de vulnerabilidades corregidas.
- Descargar aplicaciones provenientes exclusivamente de tiendas o repositorios oficiales. También es fundamental leer el contrato de licencia que acompaña al software.
- Al momento de instalar una aplicación nueva, es importante fijarse en los permisos que solicita dicho software para poder funcionar. En este sentido, se hace necesario establecer qué funciones cumple un programa y en base a esto, los permisos estrictamente necesarios para que la aplicación pueda ejecutarse correctamente.
- Realizar una copia de seguridad de la información almacenada en el equipo.
- Desactivar el uso de conexiones inalámbricas wifi, Bluetooth, Infrarrojo y de la tecnología de transmisión NFC, con el objetivo de prevenir amenazas que se propagan por los mismos.
- No seguir enlaces provenientes de mensajes, correos electrónicos, redes sociales, etc. Asimismo, es recomendable ingresar a sitios web de esta naturaleza escribiendo la dirección directamente en la barra del navegador.
- Anotar el número de identificación IMEI (International Mobile Equipment Identity) en un lugar que no sea el mismo dispositivo móvil. Dicho código se utiliza para identificar a los teléfonos celulares y sirve para bloquear el acceso de un equipo a la infraestructura móvil por parte del operador en caso de robo o pérdida.

4.2 Configuración de Parámetros de seguridad en Android

A continuación, se mencionan una serie de parámetros de configuración que pueden ser modificados para aumentar el nivel de seguridad de un dispositivo que ejecuta Android. Es posible que algunas opciones aparezcan de forma distinta de acuerdo al modelo, marca y versión del sistema operativo móvil.

Menú seguridad: lo primero que se debe modificar son algunos parámetros de la opción “Seguridad”. A través de esta sección, es posible activar el bloqueo de pantalla (1) y tarjeta SIM (2), ocultar las contraseñas escritas (3), visualizar las aplicaciones con mayores privilegios de ejecución (4), limitar la posibilidad de instalar aplicaciones provenientes de orígenes desconocidos o repositorios no oficiales (5) e instalar certificados de seguridad (6) en caso de ser necesario (comúnmente en entornos corporativos). Todas estas opciones pueden ser accedidas a través de: **Menú principal – Ajustes - Seguridad**. A continuación, se muestra una captura de referencia:



Figura 3: Parámetros de seguridad de Android

Es importante destacar que en la opción que muestra aquellas aplicaciones con mayores privilegios (6), solo deberán aparecer programas que realmente lo necesitan como soluciones de seguridad, software de rastreo por GPS, entre otros.

Activar cifrado de memoria y tarjeta SD: otra opción que incluyen algunas versiones de Android es la posibilidad de cifrar la información almacenada en el equipo. De este modo y sin la contraseña necesaria, será muy difícil que un tercero pueda acceder a los datos sin la respectiva clave. Para activar dicha característica se debe ingresar de esta forma: **Menú principal -Ajustes -Memoria**. La siguiente imagen muestra las opciones que se deben activar:

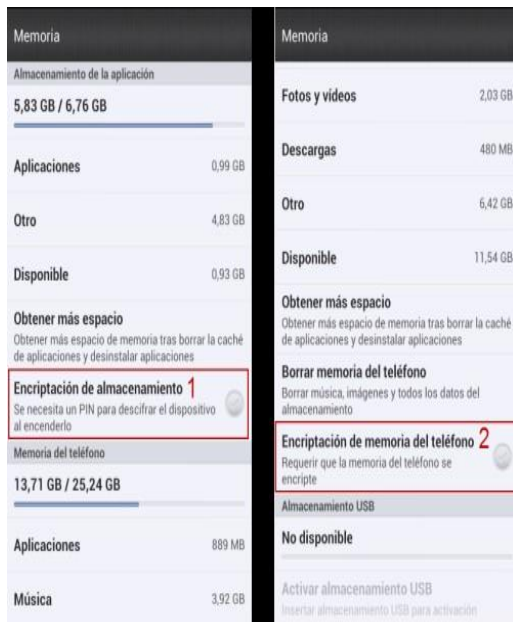


Figura 4: Opciones de cifrado de Android

La “Encriptación de almacenamiento” (1) cifra aquella información almacenada en la memoria interna del dispositivo. Por otro lado, la opción “Encriptación de memoria del teléfono” (2) cifra los datos guardados en la tarjeta SD del equipo.

Actualizaciones automáticas: para facilitar la tarea de actualizar las aplicaciones es posible configurar Android para que este procedimiento sea realizado de forma automática. Para configurar esta opción se

debe acceder al **Menú principal -Google Play -Ajustes**.



Figura 4.1: Activar actualizaciones automáticas en Google Play

Al activar las actualizaciones automáticas es posible especificar que dicho procedimiento sea realizado solo a través de redes wifi o mediante cualquier conexión como datos.

Configuración de redes VPN: A continuación, se mencionan los pasos necesarios para poder establecer una red VPN en Android. Ingresar a **Menú principal -Ajustes -Más -VPN**.



Figura 4.2: Configuración para redes VPN

Política Screen-lock (Bloqueo de Pantalla):

Una política de bloqueo de pantalla está configurada definiendo cual es el nivel mínimo de longitud del PIN o contraseña aceptable implementando entropía. Una política adecuada de bloqueo de pantalla para dispositivos móviles debe incluir lo siguiente:

-Requisito de bloqueo de pantalla: Los usuarios deben tener un PIN o contraseña activada en el dispositivo.

-Alta entropía: Especificar una longitud mínima, número de letras, dígitos, símbolos, etc.

-Intentos fallidos: Si se hacen demasiados intentos de inicio de sesión fallidos, limpie el dispositivo.

-Temporizador de Bloqueo de pantalla: Tiempo de inactividad antes de que el bloqueo de pantalla se active.

Esto evitará que usuarios no autorizados tengan acceso directo a las aplicaciones y archivos, y prohíbe la fuerza bruta y ataques de diccionario, de esta manera se mejora significativamente la confidencialidad e integridad de los datos del usuario cuando se configura una política de contraseñas. La longitud del PIN, la cantidad de puntos de un Patrón, la cantidad de caracteres y tipos de una contraseña determinarán cuan seguro será el método.

Bloqueo remoto, tracking y borrado de la información: Una manera eficaz de proteger el dispositivo y la confidencialidad e integridad de los datos, además de realizar un seguimiento geo posicional del dispositivo y una política de limpieza, es un bloqueo remoto. Esto permitirá que un usuario o un administrador pueda activar de forma remota el bloqueo del dispositivo, conocer la ubicación o iniciar un borrado que elimine todo el contenido del dispositivo.

La función de bloqueo remoto tiene como fin prohibir el acceso directo al dispositivo y el borrado remoto intenta asegurar que los datos ya no están en riesgo.

Control de aplicaciones: Android presenta la opción de habilitar o deshabilitar el permiso para que se puedan instalar aplicaciones desde fuentes que no sean de su tienda oficial. Sin embargo, los repositorios oficiales no están completamente libres de peligros por lo que siempre es recomendable realizar una revisión de las aplicaciones antes de instalarlas independientemente del medio desde donde se obtengan. Si a la hora de instalar una aplicación que hace uso del led como una linterna esta solicitará

permisos por ejemplo para usar el GPS, para realizar llamadas o acceder a datos de navegación, el usuario ya tiene una buena base de información para sospechar que la aplicación posee intencionalidades diferentes a las que informa.

Conclusión

En este trabajo se mostró el funcionamiento interno del sistema operativo Android, los problemas de seguridad que los usuarios experimentan a diario y recomendaciones o buenas prácticas para evitar ser víctimas de fraudes o robo de información. Android en su evolución (versiones), aporta nuevas medidas de seguridad y privacidad de la información entendiendo lo valioso que es actualmente un dispositivo móvil para su propietario. Por eso es tan importante la educación y el uso responsable de dispositivos tanto para fines personales como de trabajo.

Referencias

- [1] O. H. Alliance, 12 Noviembre 2007. Available: <http://www.openhandsetalliance.com/>.
- [2] Statcounter, «Statcounter - GlobalStat,» Septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://gs.statcounter.com/os-market-share>.
- [3] K. Yaghmour, de *Embedded Android*, O'REILLY, 2013, p. 33.
- [4] A. Goujon, «welivesecurity by ESSET,» 29 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2012/11/29/tendencias-2013-vertiginoso-crecimiento-malware-moviles-parte-i/>.
- [5] A. ESSET, «Academia ESSET,» [En línea]. Available: <https://www.academiaeset.com/default/store/14041-seguridad-en-dispositivos-moviles>. [Último acceso: Agosto 2018].

Aula inteligente

Belisario, Víctor Adrián
UAI, tecnología informática

Cheroni, Diana Natalia Paola
UAI, tecnología informática

Abstract

El proyecto de investigación consiste en la automatización de las distintas tareas cotidianas que se llevan a cabo antes y durante el dictado de talleres dentro de una institución educativa.

Entre las diferentes tareas que se desarrollan dentro de la misma se encuentran, a saber, el control de seguridad de acceso a los talleres, la toma de asistencia con sistemas biométricos, control ambiental del ámbito académico, control luminoso para garantizar la correcta ambientación y concentración del alumnado, con el consiguiente perfecto desarrollo de las actividades.

El proyecto se realiza sobre una maqueta que simula un aula, en la cual se utilizan sensores de humedad y temperatura usándose las mediciones obtenidas para decidir si el ambiente es apropiado o si es necesario utilizar ventilador o aire acondicionado en caso de que se disponga del mismo; se controla la luminosidad del aula, para brindar la luz adecuada; se utilizan sensores de movimientos para detectar si se ingresa al aula fuera de los horarios de dictado de talleres, y si se detecta movimiento suena una alarma y se envía un mensaje de texto al responsable de seguridad.

Además de brindar el confort adecuado a los alumnos para la optimización del tiempo de clases, el sistema monitorea continuamente las condiciones del aula a través de los sensores, para lograr un consumo eficiente de energía.

Otras funcionalidades con las que cuenta el aula es la toma de asistencia mediante un lector de huella digital, que registra asistencia de los alumnos y control de acceso al aula con tarjeta de contacto.

Palabras claves

Aula inteligente, ahorro de energía, arduino, domótica, asistencia biométrica, monitoreo automatizado

Introducción

Los vertiginosos cambios tecnológicos que se ven desarrollados en este nuevo milenio tienen su correlato con profundos cambios sociales en los que la educación se encuentra inmersa como parte fundamental de la sociedad. Estos cambios impactan en las diferentes formas de relacionarnos, vincularnos y, por supuesto, necesariamente en las formas de aprender y enseñar.

Con la evolución tan rápida de estas tecnologías, los nuevos sistemas de trabajo y la integración cada vez más de diferentes dispositivos y marcas, junto con los dispositivos de bajo coste, los usuarios disponen en su mano de muchos dispositivos y nuevas formas de programación distintas de las clásicas, aplicadas a la domótica, existiendo unas metodologías más cercanas al usuario, logrando que cualquier usuario pueda adentrarse en el uso de dispositivos de una forma fácil, desde las escuelas, institutos, personal técnico, universidades o personas con interés tecnológico.

Contexto

La investigación realizada se basa en las necesidades de una fundación que brinda a niños y jóvenes de barrios carenciados, apoyo escolar y capacitación profesional que permita una eficaz salida laboral, así como el desarrollo de otras actividades que complementan su formación cultural, moral, ética y social.

Entre las actividades que se desarrollan caben señalar el dictado de talleres con salida laboral en informática, cursos de albañilería e instalación de cerámicos, electricidad, mecánica, soldadura y operador industrial.

Con la finalidad de que estas personas puedan aprovechar al máximo la oportunidad que les da la fundación se cree conveniente implementar un sistema automatizado para mantener las condiciones de las aulas ambientadas adecuadamente para el dictado de talleres y proteger las mismas fuera del horario de clases.

Análisis

Entrando un poco en detalle, se puede decir que un sistema domótico, está formado por una serie de equipos y una red de comunicaciones que permite la interconexión y el intercambio de

información entre éstos, a través de interfaces, mediante protocolos de comunicación. Dentro del término equipo se engloban los siguientes tipos de dispositivos:

A. Elementos de campo

Detectores, sensores, captadores, etc. Son dispositivos que tienen la capacidad de recoger información del entorno convirtiendo magnitudes físicas en señales eléctricas. Los elementos de campo que se utilizan en el proyecto son los siguientes:

Lector de huellas digital

El sensor biométrico de huella digital (Fig. 2) es ideal para realizar un sistema capaz de proteger lo que se requiera por medio del análisis de la huella digital. El sistema realiza procesamiento digital de imágenes interno con un DSP además de incluir capacidades de comparación en base de datos y actualización de la misma. El dispositivo funciona con el protocolo serial, por lo que puede ser utilizado con cualquier microcontrolador o tarjeta de desarrollo.

El dispositivo tiene la capacidad de almacenar hasta 162 huellas dactilares en su memoria FLASH interna. El LED del dispositivo se ilumina cada que se encuentra tomando imágenes en busca de huellas digitales.

Para poder utilizar el dispositivo es necesario guardar las huellas en la base de datos del mismo. Estas huellas se les asigna un ID. Posteriormente se puede iniciar la secuencia de lectura y comparación para verificar las huellas de los usuarios y así poder discernir y ejecutar acciones en base al resultado.



Fig. 2. Lector Óptico de Huellas Dactilares. Sistema sencillo de toma de reconocimiento de huellas dactilares que se almacenan en la memoria interna para su comprobación posterior

Lector de tarjetas

El módulo lector RFID-RC522 RF (Fig. 3) utiliza 3.3V como voltaje de alimentación y se controla a través del protocolo SPI. También puede ser controlada con un puerto UART. Entonces, podemos decir que es compatible con casi cualquier micro controlador Arduino o tarjeta de desarrollo. El RC522 utiliza un sistema avanzado de modulación y demodulación para todo tipo de dispositivos pasivos de 13.56Mhz. Incluso, puesto que se hará una lectura y escritura de la tarjeta.

La tarjeta que viene con el módulo RFID cuenta con 64 bloques de memoria (0-63) donde se hace lectura y/o escritura. Cada bloque de memoria tiene la capacidad de almacenar sobre todo hasta 16 Bytes. Finalmente el número de serie consiste de 5 valores hexadecimales, se podría utilizar esto para hacer una operación dependiendo del número de serie.

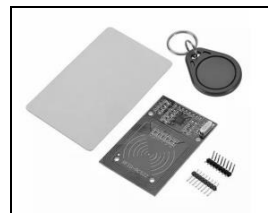


Fig. 3. KIT de Lector RFID rc522 incluye una tarjeta y un tag RFID para desarrollar proyectos con Arduino.

Sensor de movimiento

Los sensores infrarrojos pasivos (PIR) (Fig. 4) son dispositivos para la detección de movimiento. Son baratos, pequeños, de baja potencia, y fáciles de usar. Por esta razón son frecuentemente usados en juguetes, aplicaciones domóticas o sistemas de seguridad.

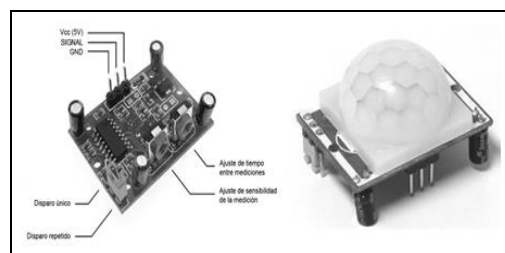


Fig. 4. Modulo Sensor de Movimiento PIR HC-SR501 para Arduino.

Los sensores PIR se basan en la medición de la radiación infrarroja. Todos los cuerpos (vivos o no) emiten una cierta cantidad de energía infrarroja, mayor cuanto mayor es su temperatura. Los dispositivos PIR disponen de un sensor pieza eléctrica capaz de captar esta radiación y convertirla en una señal eléctrica.

En realidad cada sensor está dividido en dos campos y se dispone de un circuito eléctrico que compensa ambas mediciones. Si ambos campos reciben la misma cantidad de infrarrojos la señal eléctrica resultante es nula. Por el contrario, si los dos campos realizan una medición diferente, se genera una señal eléctrica.

De esta forma, si un objeto atraviesa uno de los campos se genera una señal eléctrica diferencial, que es captada por el sensor, y se emite una señal digital.

Sensor de temperatura

El DHT11 es un sensor de temperatura y humedad digital (Fig. 5) de bajo costo. Utiliza un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no hay pines de entrada analógica). Es bastante simple de usar, pero requiere sincronización cuidadosa para tomar datos. El único inconveniente de este sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos una vez cada 2 segundos, así que las lecturas que se pueden realizar serán mínimo cada 2 segundos.

En comparación con el DHT22, este sensor es menos preciso, menos exacto y funciona en un rango más pequeño de temperatura / humedad, pero su empaque es más pequeño y menos caro.

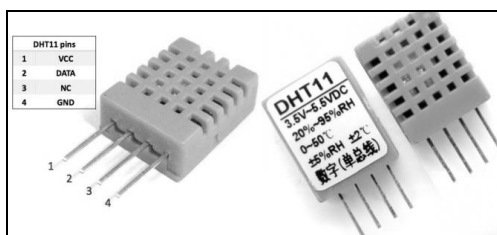


Fig. 5. Sensor DHT11 es un típico sensor de temperatura y humedad ambiente en el mundo Arduino.

Sensor de luminosidad

Este módulo incluye un sensor de iluminación digital BH1750 (Fig. 6) para medición de flujo luminoso (iluminancia) de la empresa Rohm Semiconductor. Se conecta con un microcontrolador o microprocesador utilizando una interfaz digital I2C. Este módulo simplifica en gran medida el diseño de circuitos sensibles a la luz, ya que entrega la información de manera digital. Es ideal en aplicaciones donde se requiere determinar la iluminación ambiental y se puede usar por ejemplo para ajustar el brillo de pantallas LCD, teclados, iluminación automática, etc. Se puede utilizar este dispositivo con cualquier microcontrolador, incluyendo toda la gama de tarjetas arduino.



Fig. 6. Sensor de iluminación digital BH1750. Este sensor permite realizar mediciones de flujo lumínico (iluminancia) de forma sencilla a través del bus I2C.

B. Unidad de Control

Unidad central del sistema donde, mediante una programación interna, se procesa la información recibida como señales eléctricas por los elementos de campo, se gestionan los intercambios de información y como resultado se mandan a ejecutar acciones.

Arduino Mega

Arduino Mega (Fig. 7) es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales. Esta tarjeta es programada en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede comunicarse a un PC a través del puerto

serial (conversión con USB) utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, etc. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación.

El Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Arduino Mega incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente conéctalo a tu PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa (9 hasta 12VDC). El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO.

Esta nueva versión de Arduino Mega 2560 adicionalmente a todas las características de su sucesor utiliza un microcontrolador ATmega8U2 en vez del circuito integrado FTDI. Esto permite mayores velocidades de transmisión por su puerto USB y no requiere drivers para Linux o MAC (archivo inf es necesario para Windows) además ahora cuenta con la capacidad de ser reconocido por el PC como un teclado, mouse, joystick, etc.

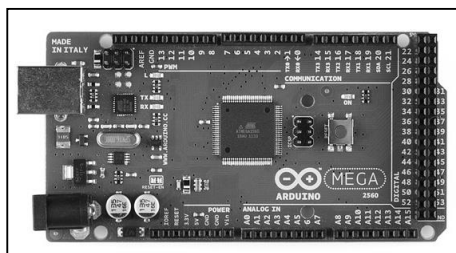


Fig. 7. El Arduino Mega 2560, placa electrónica basada en el microprocesador Atmega2560. Contiene todo lo necesario para comenzar a programar en forma inmediata con el entorno de desarrollo Arduino.

Terminales

Calefacción, ventiladores, puntos de luz, alarma, etc., que suelen ser aparatos convencionales a los que se les aporta cierta inteligencia o capacidad de comunicación a través de una interfaz y son los encargados de llevar a cabo las

acciones ordenadas por la unidad central sobre el entorno físico.

Módulos de E/S

También llamados acopladores o interfaces, son los elementos encargados de pasar las señales de control, codificadas según protocolos de comunicación en buses domóticos, a señales de salida interpretables por los actuadores (relés, interruptores, etc...). Es habitual que las acciones ordenadas por la unidad central recaigan sobre una serie de actuadores en primera instancia para luego impactar sobre los terminales.

Un sistema domótico puede trabajar de forma centralizada o descentralizada. En el primer caso, el funcionamiento global del sistema depende de la programación introducida en la central domótica. En cambio, en los sistemas descentralizados cada elemento es inteligente y se programa de forma individual. En este proyecto se desarrolla un sistema domótico centralizado utilizando un arduino como central domótica.

Desarrollo

Como primera instancia el proyecto se desarrolla utilizando una maqueta que simula un aula, en la cual se realiza la instalación de los sensores y terminales conectados al Arduino para realizar todas las pruebas necesarias.

En la misma se instalan los sensores que miden las condiciones del ambiente como luz, temperatura, humedad y movimiento, estas mediciones son evaluadas por la unidad de control, en este caso se utiliza un Arduino y según el resultado de la evaluación se activaran o no los diferentes dispositivos. Estos son ventilador, luz y alarma.

A continuación se detallan los elementos de campo y terminales utilizados con el código correspondiente para la implementación de los mismos.

A. Sistema automático de iluminación

Se desarrolla un sistema automático de iluminación mediante sensor de luminosidad y el Arduino.

Conexión del sensor al arduino

(Fig. 8) Se utiliza un módulo de sensor BH1750 y una librería específica que lo gestiona y nos facilita la escritura del código. El sensor que nos ocupa, el BH1750, es un sensor digital que se comunica por I2C, permite obtener una lectura de 1 a 65.535 lux con una precisión de 1 lux, aunque según como se configure el sensor se puede cambiar la precisión a 0,5, 1 y 4 lux para aumentar así el rango de lectura.

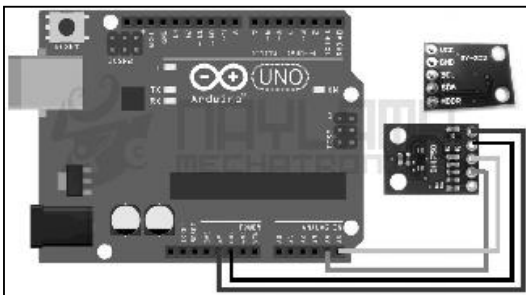


Fig. 8. Ejemplo de conexión del sensor de luminosidad con el Arduino.

En la maqueta se trabaja con un led en el pin 13 para simular un foco, pero se podrían conectar a un módulo relé e implementarlo con un foco de 200V en el momento de implementarlo en el aula inteligente.

Sistema de alarma con sensor de movimiento

(Fig. 9) En la maqueta del aula inteligente se diseña un sistema de alarma utilizando un sensor PIR y un buzzer conectados de la siguiente manera al Arduino.

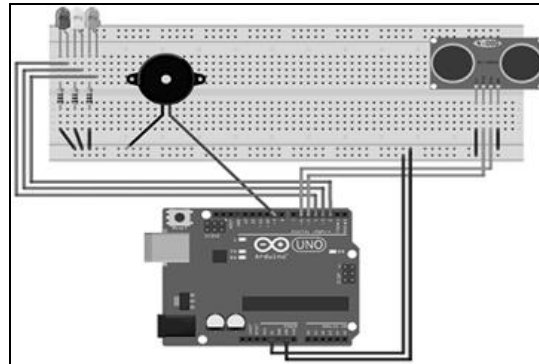


Fig. 9. Esquema de conexión del sensor de movimiento y el buzzer al Arduino utilizando un protoboard

A continuación se muestra un ejemplo del código utilizado para la programación del Arduino.

```
const int LEDPin = 13;
const int PIRPin = 2;
const int BUZPin = 8;
void setup()
{
  pinMode(LEDPin, OUTPUT);
  pinMode(PIRPin, INPUT);
  pinMode(BUZPin, OUTPUT);
}
void loop()
{
  int value= digitalRead(PIRPin);
  if (value == HIGH)
  {
    tone(BUZPin,600);
    digitalWrite(LEDPin, HIGH);
    delay(50);
    noTone(BUZPin);
    digitalWrite(LEDPin, LOW);
    delay(50);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LEDPin, LOW);
    noTone(BUZPin);
  }
}
```

Simplemente leemos la salida del PIR, y hacemos parpadear el LED y sonar el buzzer, mientras la señal esté activa.

Asistencia con control biométrico

(Fig. 10) Los seres humanos poseen una morfología única que hacen que se diferencien unos de otros, como la forma de la cara, la forma geométrica de las partes del cuerpo humano como manos, ojos y quizás, la más particular de todas: las huellas digitales. Rasgos que hacen diferente a cada ser humano de los demás. La identificación biométrica se convierte en

la comprobación o verificación de la identidad de un ser humano, basándose en las características particulares que posee su cuerpo.

El lector de huella dactilar internamente tiene un sensor óptico y un micro-procesador de 32 bits de alta velocidad que le permiten almacenar hasta 160 huellas dactilares diferentes en su memoria interna. También, posee un algoritmo de reconocimiento y captura de alta velocidad que le permite procesar y almacenar datos en milésimas de segundos.

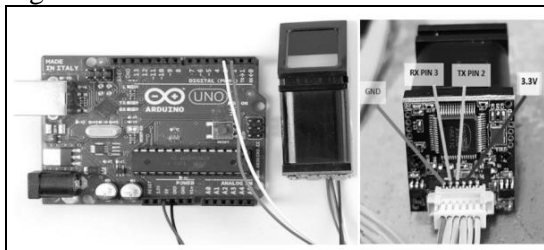


Fig. 10. Esquema de conexión del Arduino con lector biométrico de huella digital.

Se desarrolla programa que se utiliza para almacenar la huella dactilar de los alumnos del taller en la lectora de huellas dactilares. Luego de cargar dicho programa en el Arduino se siguen los siguientes pasos.

Paso 1. Se abre el Monitor serie de Arduino para empezar a grabar las huellas y se siguen las instrucciones. La primer huella la se guarda en la posición 1 y luego se da enter y se siguen las intrucciones.

Si la huella se registró correctamente muestra el mensaje "Huella dactilares SI coinciden!", seguido de la posición donde se guardó y el mensaje "Registrado!"

Paso 2. Para guardar más de una huella, el sensor permite hasta 162 huellas, se vuelve a teclear ahora el número de la siguiente posición donde se quiere guardar, que en este ejemplo seria la posición 2, se ingresa 2 y se presiona enter y se sigue nuevamente las instrucciones hasta grabar todas las huellas necesarias, siempre indicando una posición diferente para que no se sobrescriba una ya guardada.

Paso 3. Por último se carga el programa final que leerá las huellas, si la huella leída coincide con una de las que están almacenadas, registra la asistencia.

Sistema de seguridad con llave de puerta eléctrica

(Fig. 11) Se utiliza un lector RFID como sistema de seguridad con llave de puerta eléctrica. Su funcionamiento consiste en pasar un TAG (los modelos más comunes son en tarjetas o llaveros) cerca del lector RFID para así enviarle un código que valide el acceso y permita abrir la puerta.

La tarjeta que viene con el módulo RFID cuenta con 64 bloques de memoria (0-63) donde se hace lectura y/o escritura. Cada bloque de memoria tiene la capacidad de almacenar sobre todo hasta 16 Bytes. Finalmente el número de serie consiste de 5 valores hexadecimales, se podría utilizar esto para hacer una operación dependiendo del número de serie.

Este módulo utiliza un sistema de modulación y demodulación de 13.56MHz, frecuencia que en la actualidad utiliza la tecnología RFID.

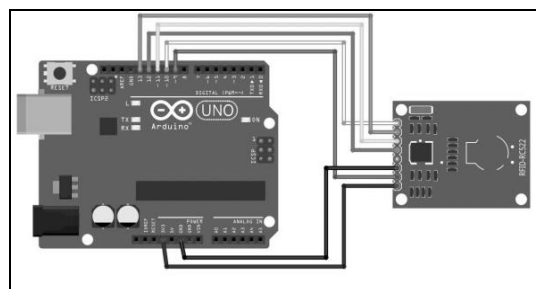


Fig. 11. Ejemplo de conexión de Arduino con lectora RFID

Como se observa en la conexión, el módulo trabaja con un voltaje de 3.3V, por lo que la parte lógica también debería trabajar con el mismo nivel de voltaje.

El siguiente ejemplo lee una tarjeta y comprueba el ID para determinar si la tarjeta es aceptada o no.

```
//RST          D9
//SDA(SS)      D10
//MOSI         D11
//MISO         D12
//SCK          D13

#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

const int RST_PIN = 9; // Pin 9 para el
reset del RC522
const int SS_PIN = 10; // Pin 10 para el
SS (SDA) del RC522
```



```

MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); // Crear
instancia del MFRC522

void printArray(byte *buffer, byte
bufferSize) {
    for (byte i = 0; i < bufferSize; i++) {
        Serial.print(buffer[i] < 0x10 ? " 0" :
" ");
        Serial.print(buffer[i], HEX);
    }
}

void setup()
{
    Serial.begin(9600); //Inicializa la
velocidad de Serial
    SPI.begin(); //Función que
inicializa SPI
    mfrc522.PCD_Init(); //Función que
inicializa RFID
}

void loop()
{
    // Detectar tarjeta
    if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent())
    {
        if (mfrc522.PICC_ReadCardSerial())
        {
            Serial.print(F("Card UID:"));
            printArray(mfrc522.uid.uidByte,
mfrc522.uid.size);
            Serial.println();

            // Finalizar lectura actual
            mfrc522.PICC_HaltA();
        }
    }
    delay(250);
}

```

Trabajos Relacionados

Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar. Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto.

Actualmente la domótica es utilizada en las siguientes aplicaciones:

- Seguridad y alarmas.
- Control y gestión de energía.
- Áreas de comunicación.
- Sistemas de confortabilidad.

Estos sistemas están vinculados habitualmente al ámbito doméstico ya que la domótica desde sus orígenes fue pensada para la aplicación en viviendas, siendo ésta su mayor vertiente de desarrollo actual. Sin

embargo el proyecto apunta a utilizar estas herramientas para convertir un aula de clases en un aula inteligente.

El objetivo que se pretende con la incorporación de esta nueva disciplina es asegurar al usuario de las aulas un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de comunicación tanto internas como con el mundo exterior.

Se realiza una búsqueda de trabajos en los cuales se utilicen las tecnologías investigadas y se comparan las características de los mismos con el proyecto en desarrollo. A continuación se muestra tabla comparativa. (Fig.1)

Trabajos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Control de asistencia a clase mediante un lector de huella dactilar			X				
Automatización y domótica del aula tecnológica	X			X	X	X	X
Aula automatizada UTN-FRT					X	X	X
Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma arduino				X	X		X
Aula inteligente	X	X	X	X	X	X	X

Fig. 1. Tabla comparativa de proyectos de similares características

C1: Acceso con Tarjeta de contacto.

C2: Control de asistencia de alumnos con sistema biométrico.

C3: Control de asistencia de profesores con sistema biométrico.

C4: Control ambiental.

C5: Control luminosidad.

C6: Seguridad del aula.

C7: Eficiencia energética.

Control de asistencia a clase mediante un lector de huella dactilar

Centro universitario de Mérida. Trabajo fin de grado en ingeniería informática en tecnología de la información.

Este proyecto investiga las distintas tecnologías disponibles para implementar la toma de asistencia con sistemas biométricos.

El control de asistencia es para los docentes, no para los alumnos.

Automatización y domótica del aula tecnológica

Navarra formación profesional. Proyectos de Innovación en la Formación Profesional II Convocatoria.

El objetivo del proyecto consta de dotar al aula tecnológica de Electricidad del Instituto de un sistema domótico innovador, a la que se le brinda un control de acceso mediante huella, visión mediante cámara, instalación lumínica, comunicación y megafonía, pizarra interactiva; introduciendo las posibilidades que ofrece Internet en el campo de las comunicaciones, para el control y gestión de dicho sistema, de forma presencial o remota a través de una red LAN o vía Internet.

Aula automatizada

UTN – FRT. La práctica supervisada de la Tecnicatura Superior en Mecatrónica llevó a que un grupo de estudiantes trabajara para mejorar las condiciones de las aulas de la UTN – FRT. Se automatiza un aula con el fin de brindar seguridad a la misma y optimizar la utilización de la energía eléctrica.

Proyecto Final de Carrera - Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas

Universidad politécnica de Valencia. En esta memoria se han descrito los conocimientos básicos para entender que es y cómo funciona un sistema domótico y cómo utilizando el hardware libre de Arduino se puede crear un sistema estable con un presupuesto muy inferior al de las viviendas de alta categoría

Conclusión

Con los avances tecnológicos de esta generación, las escuelas (instituciones educativas) se ven naturalmente incumbidas para ser pioneras en materia de innovación que permita que los alumnos tengan una experiencia de aprendizaje mejorada. Para ello, deben invertir en tecnología que no obstaculice y que los mantenga enfocados en la tarea en cuestión, es decir, el aprendizaje.

Automatizando las tareas externas al dictado de clases se puede lograr el este objetivo principal.

El uso de hardware electrónico como el Arduino favorece a la realización del proyecto ya que al ser de bajo costo y de distribución de licencia libre, es mucho más accesible comparado con otras plataformas de microcontroladores que poseen valores más elevados. Otro de los beneficios es que se pueden agregar nuevos módulos al proyecto sin necesidad de rehacerlo.

Se logra disminuir consumo de energía optimizando la utilización de los componentes eléctricos, economizando así el presupuesto a mediano y largo plazo. Además de tener una ventaja de no tener dependencia de otros elementos como internet, debido a que el sistema ya se encuentra instalado de forma local.

Referencia

1. Biblioteca de Ingeniería Universidad de Sevilla http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11607/fichero/Volumen+1%252F4.Estado_del_arte.pdf
2. Aprendiz de Tecnólogo <http://www.aprendizdetecnologo.com/index.php/practicas/arduino/23-sistema-automatico-de-iluminacion-mediante-ldr-y-reles-con-arduino>
3. Robótica con Arduino <http://arduino123.blogspot.com/p/ldr.html>
4. Ingeniería, informática y Diseño. Luis Llamas <https://www.luisllamas.es/detector-de-movimiento-con-arduino-y-sensor-pir/>
5. Trabajo de grado universidad tecnológica Israel <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1255/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-33.pdf>
6. Aprendiendo Arduino <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/arduino-mega/>
7. Lector de huella dactilar con Arduino <https://www.makeelectronico.com/lector-biometrico-dsp-as606-huella-dactilar-arduino/>
8. Lector de tarjetas RFID con Arduino https://naylampmechatronics.com/blog/22_Tutorial-Lector-RFID-RC522.html

Cluster Raspberry Pi

Plaza, Esteban

*Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur
Bahía Blanca, Argentina*

Abstract

El rendimiento y disponibilidad de los recursos, como software y hardware, son características altamente deseables para el funcionamiento de sistemas distribuidos. En particular, mejorar el procesamiento de tareas que se pueden dividir y resolver en paralelo requiere de infraestructura para poder ejecutarla. Un cluster es una solución que permite alcanzar los requerimientos de rendimiento y disponibilidad, utilizando equipos de bajo costo. El desarrollo de este trabajo se basa en el estudio de los clusters, ya que se lo considera una infraestructura adecuada para implementar los conceptos estudiados en entornos distribuidos sobre carga compartida, escalabilidad, portabilidad. La solución propuesta está compuesta por hardware de bajo costo, escalable, y de fácil mantenimiento.

Palabras Clave: Raspberry Pi, Cluster, Docker, Base de Datos

Introducción

El proyecto surge del interés en explorar los aspectos destacables de un sistema distribuido (rendimiento –Performance-, Alta disponibilidad, Comportamiento de la red), sobre una plataforma portátil, escalable, y de fácil mantenimiento. Los desafíos para la construcción de este tipo de sistemas, requiere del análisis del hardware, software y las redes de comunicación. Las primeras soluciones estaban basadas en arquitecturas especiales de alto costo difíciles de utilizar para aplicaciones en general, el surgimiento de redes de alta velocidad promovió el desarrollo de otras soluciones, como, por ejemplo: cluster, grids, cloud computing [6][7]. La propuesta de este trabajo es el diseño y construcción de un cluster. Se comienza con el estudio de los distintos tipos para identificar las propiedades de cada uno para la toma de

decisiones al momento de implementar la solución.

Para ello se construyó una estructura de acrílico, sobre la cual se montó la infraestructura necesaria para tener un cluster, en la figura 1 se muestra el diseño del implementado. Las máquinas empleadas fueron raspberry pi, debido a su bajo costo, bajo consumo y su versatilidad. Con las mismas, se analizó el rendimiento de la solución propuesta bajo distintos escenarios.

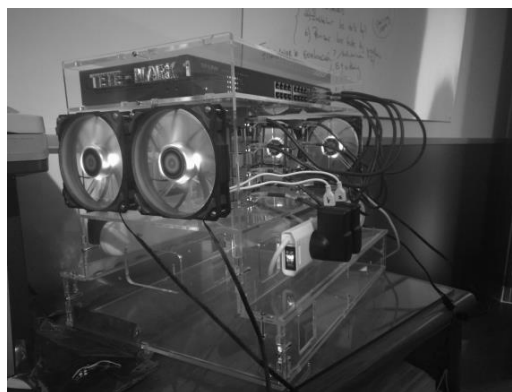


Figura 1

Conceptos generales de Cluster

Es un conglomerado de computadoras unidas entre sí usualmente por una red de alta velocidad y que se comportan como si fuesen una única computadora. Los mismos son usualmente empleados para mejorar el rendimiento o la disponibilidad, típicamente siendo más económicos que computadoras individuales de rapidez y disponibilidad comparables. Los cluster se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **HPCC (High Performance Computing Clusters):** Están diseñados para proveer de una gran capacidad de cómputo, este tipo de clusters requiere que el problema

a resolver, sea paralelizable. Un problema paralelizable, es aquel que se puede dividir en partes que pueden ser resueltas de forma simultánea ya que no presentan dependencias con las demás partes restantes, se clasifica a los problemas a resolver, según el grado de paralelización alcanzado por el mismo.

- **HA o HACC (High Availability Computing Clusters):** El objetivo de los mismos, es proveer de disponibilidad y confiabilidad.
- **HT o HTCC (High Throughput Computing Clusters):** El objetivo de los mismos, es ejecutar la mayor cantidad de tareas en el menor tiempo posible, los datos son independientes entre tareas individuales.

La diferencia más notable entre Clusters HPCC y Clusters HT, es que el primero se enfoca en la capacidad de cómputo, no en la cantidad de tareas, y el cluster HT se enfoca en cuantas tareas puede completar en un determinado período de tiempo (las tareas pueden ser totalmente independientes, no tienen por qué estar relacionadas).

Los clusters pueden tener todos los nodos la misma configuración de hardware y sistema operativo (cluster homogéneo). Pueden tener distinta configuración de hardware, pero con arquitecturas y sistemas operativos similares (cluster semihomogéneo), o tener diferente hardware y sistema operativo (cluster heterogéneo), lo que hace más fácil y económica su construcción.

El tipo de cluster que se analizó en éste proyecto, son cluster de tipo HPCC y HACC sobre una configuración de hardware homogénea.

Construcción del Cluster

Para el diseño e implementación del cluster se realizaron las siguientes actividades.

- 1.- Elección del hardware.
- 2.- Diseño e implementación de la estructura para el montaje del cluster. (considerando los requerimientos de energía para alimentar a los equipos conectados).

- 3.- Elección del software a instalar. (sistema operativo, herramientas para configuración, herramientas para monitoreo).

Especificaciones

La solución está montada sobre una estructura de acrílico, de diseño propio, facilitando la portabilidad, para albergar hasta 20 Raspberry Pi.

En la Figura 2 se muestra la estructura construida. Está distribuida en 3 Sectores:

- Parte Superior: Contiene un switch TP-Link TL-SF1024 al cual se conectan los RJ45 de las Raspberry Pi.
- Parte Media: Cuenta con 2 coolers de 120mm de cada lado, dispuestos de manera tal que generen corriente de aire para refrigerar las Raspberry Pi, el compartimento del medio es donde van ubicadas las Raspberry Pi, en una estructura de repisa
- Parte Inferior: Cuenta con 4 lugares para atornillar tomas múltiples de 6 entradas, en las cuales se conectarán las fuentes de alimentación de las Raspberry Pi



Figura 2

Topología de Red

La topología de red empleada para la construcción del cluster es como se muestra en la Figura 3

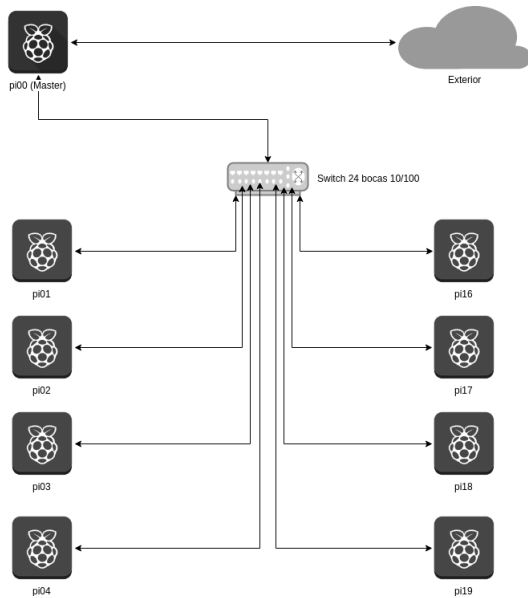


Figura 3

Tenemos un nodo master que cuenta con 2 placas de red, una con la cual se comunica con el exterior, y la otra que está conectada al switch en el cual habitan los demás nodos.

Pruebas de Rendimiento

Los nodos empleados fueron 8 Raspberry Pi, cuyas características de hardware se enumeran a continuación:

- 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU de 32 bits
- 1GB RAM
- 4 USB ports
- 40 GPIO pins
- Full HDMI port
- Ethernet port 100mbps
- Combined 3.5mm audio jack and composite video
- Camera interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Micro SD card slot
- VideoCore IV 3D GPU

Para probar su rendimiento se utilizó el benchmark HPL el cual trata de hallar la solución de un sistema lineal de ecuaciones representada por una matriz cuadrada de elementos con valores al azar. En la Figura 4 se puede observar cómo crece el poder de

cómputo del cluster a medida que se van agregando nodos, también se puede apreciar que, al agregar nodos, no siempre es lineal la ganancia obtenida, sino que tiende a alcanzar una cota, debido a los problemas inherentes de la computación distribuida, como las latencias, la paralelización de los problemas a resolver, la sincronización y coordinación, etc.

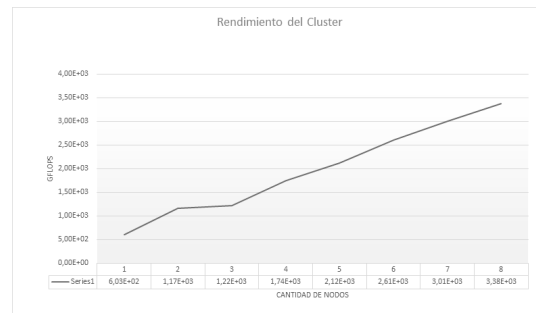


Figura 4

Arquitectura de servidores web de alta disponibilidad

Para las pruebas de alta disponibilidad, se analizó un escenario armado con Docker Swarm, la solución de Docker, para orquestar containers docker en un cluster. Docker es una herramienta que hace uso de contenedores para desplegar sus aplicaciones.

Los contenedores cumplen la misma función que las máquinas virtuales con la diferencia que hacen uso de un proceso aislado corriendo bajo el mismo host, pero en diferente namespace que las aplicaciones del SO host, en la Figura 5 podemos ver una comparativa entre Hypervisor vs Docker.

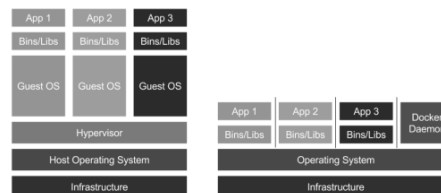


Figura 5

Para ello sobre 8 nodos docker montados Psobre 8 Raspberry pi dentro del cluster, se armó el siguiente esquema que se muestra en la Figura 6:

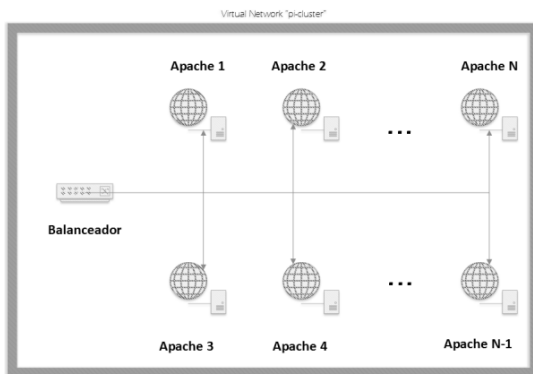


Figura 6

Luego desde el nodo master lo que hacemos es “exponer” al balanceador de carga, por lo que, desde afuera, solo es visible el balanceador, éste es el que se encarga de redirigir las peticiones a los distintos nodos. Sobre ese esquema, cada uno de esos apaches, como así también el balanceador en sí, son containers distribuidos en los distintos nodos.

Levantando el escenario propuesto, tenemos lo que muestra la Figura 7:

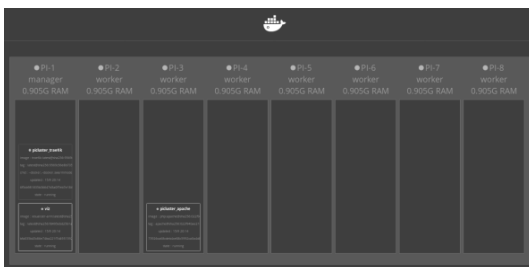


Figura 7

En la Figura 7 podemos observar cómo están distribuidos los containers entre los nodos del cluster, en éste caso el nodo 1 (Master), está corriendo dos containers, el balanceador de carga, y el visualizador. El nodo 3 está corriendo un container con un apache. El contenido del balanceador al momento de tomar la Figura 8 es el siguiente:

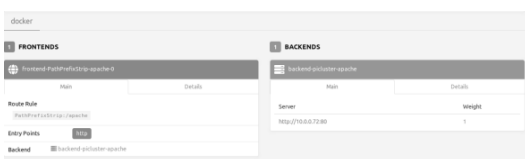


Figura 8

Es decir, contiene un solo apache al cual redirige sus peticiones, a continuación se va a escalar dicho servicio para generar un total de 16 apaches, para ello basta con ejecutar lo siguiente: `pi@PI-1:~$ sudo docker service scale picluster_apache=16`

Ahora si miramos el visualizador nuevamente, Figura 9

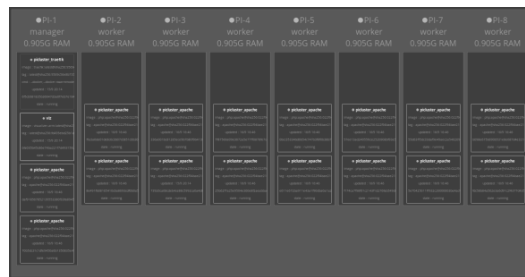


Figura 9

Podemos observar que cada nodo, ahora está corriendo 2 apaches cada uno. Si observamos el balanceador, su contenido automáticamente cambio como observamos en la Figura 10

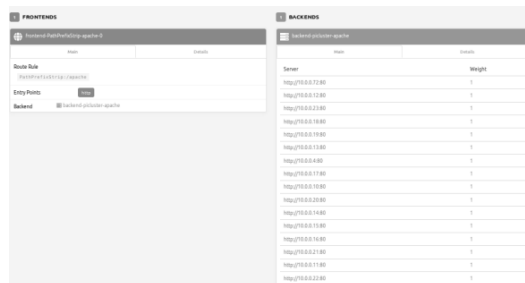


Figura 10

Como se puede observar ahora el balanceador conoce los nuevos containers que se incorporaron al cluster.

Luego si ingresamos al sitio web que se encuentra detrás del balanceador, podremos observar mediante el mismo, como cada vez que recargamos la página web, nos contesta un container distinto, y puede que un nodo distinto también, recordemos que cada nodo tiene dos containers, por lo que puede respondernos dos veces el mismo nodo, pero distintos containers, como muestra la Figura 11

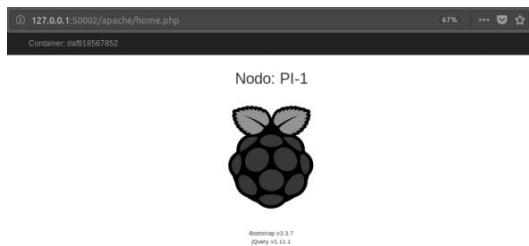


Figura 11

Como se puede observar, al momento de tomar la Figura 11, el nodo que respondió fue el Nodo PI-1, y el container: daf918567852. Al recargar la web éstos datos cambian según quien responda, cabe aclarar que la web que muestran éstos containers, está armada a propósito para que revele información de que nodo es el que está contestando, como se ve en la Figura 12:



Figura 12

Pruebas con bases de datos Multi-Master
Para las pruebas con Bases de Datos Multimaster se utilizó Mariadb + Galera. Galera es un sistema genérico de replicación multimaster sincrónica integrado con MySQL/MariaDB. Se presenta en su página oficial como una solución *true multimaster*, esto es porque el esquema de replicación que propone MySQL no permite que un nodo tenga más de un master. El escenario analizado es el siguiente, en un entorno de 3 nodos, bajo un esquema de mariadb tradicional, sin galera, una replicación *multimaster* se configura de la siguiente manera, Figura 13.

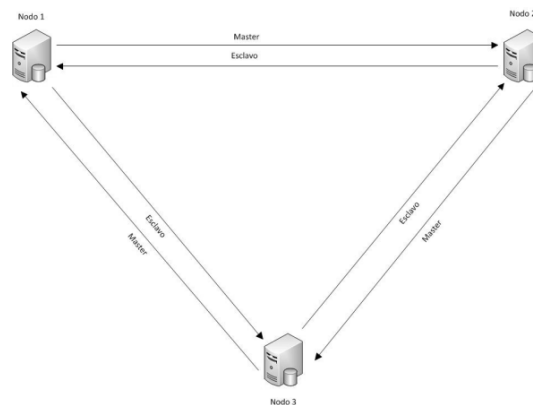


Figura 13

En la Figura 13 tenemos 3 Nodos, de los cuales el Nodo 1 es Master del Nodo 2 y Slave del Nodo 3, el Nodo 2 es Master del Nodo 3 y Slave del Nodo 1 y el Nodo 3 es Master del Nodo 1 y Slave del Nodo 2. Este esquema presenta ciertos problemas, por ejemplo, si se cae el Nodo 2, entonces el Nodo 3 no puede recibir la información desde el Nodo 1 dado que el Nodo 1 no es master del Nodo 3, habrá que esperar a recuperar el Nodo 2 para que el Nodo 3 reciba todos los cambios que generó el Nodo 1.

Por el contrario, con el esquema de replicación propuesto por Galera, tenemos el siguiente esquema, Figura 14

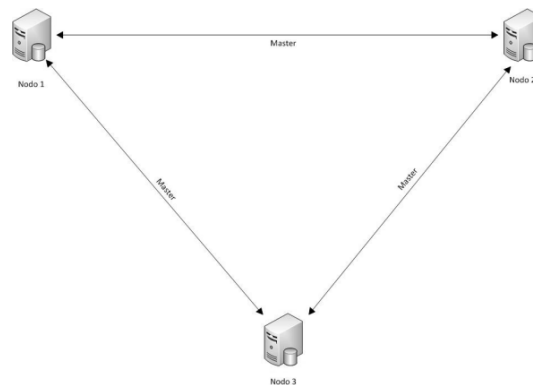


Figura 14

El escenario probado en el cluster es el de la Figura 14, donde el Nodo 1 es Master y Slave del Nodo 2 y Master y Slave del Nodo 3, el Nodo 2 es Master y Slave del Nodo 1 y Master y Slave del Nodo 3 y el Nodo 3 es Master y Slave del Nodo 1 y Master y Slave

del Nodo 2, bajo éste escenario soportado por Galera, se comprobó que cuando un nodo cae, el resto de los nodos sigue obteniendo la información, no tiene el problema de cadena que presenta el otro escenario dado que cada nodo puede tener más de un Master.

Sistema de Métricas

Para las métricas del sistema se implementó en el nodo master un server de Grafana + InfluxDB, Grafana permite consultar, visualizar, alertar y comprender las métricas de un sistema, sin importar donde estén alojadas y compartirlas con el equipo a cargo, fomentando una cultura impulsada por los datos. Los nodos mediante CollectD envían sus métricas de CPU, Disco, Memoria, al nodo máster para ser representadas por Grafana.

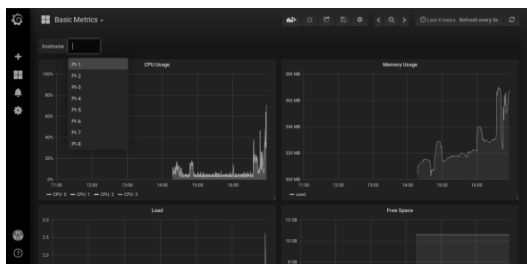


Figura 15

En la Figura 15, se puede observar un Dashboard “Basic Metrics” el cual se configuró para elegir una Raspberry Pi del cluster, y que éste represente el Uso de CPU, Memoria RAM, Load, Espacio Libre en Disco, de la Raspberry Pi seleccionada.

Conclusión y Trabajos Futuros

- Las RPI a través de las pruebas de rendimiento probaron ser dispositivos que escalan muy bien a medida que se van agregando nodos
- Docker, como plataforma para el despliegue de aplicaciones en entornos distribuidos tiene muchísimo potencial, dado la versatilidad de poder armar escenarios potencialmente infinitos y aislarlos entre sí.

- MariaDB + Galera, es una alternativa sincrónica, verdaderamente multi máster que posee un campo de aplicación extremadamente interesante
- Físicamente, el cluster de RPI, demostró que se obtiene una plataforma realmente buena, compacta y portátil para uso académico

A Futuro las aplicaciones del cluster son potencialmente infinitas, el limite vendrá dado por la potencia de las raspberry pi para resolver el problema planteado.

Actualmente el cluster se encuentra en funcionamiento y se lo utiliza para ejemplificar y mostrar conceptos de sistemas distribuidos en un cluster real. También se lo está empleando desarrollar aplicaciones sobre Hadoop utilizando MapReduce.

Agradecimientos

Mención especial para mi familia, que siempre me alentó para el armado de este llamativo proyecto. Y a la profesora Karina Cenci que me alentó en todas las idas y venidas que tuve con mi proyecto final, hasta lograr éste hermoso proyecto.

Referencias (Times New Roman, 10, negrita).

- [1] [https://es.wikipedia.org/wiki/CI%C3%BAster_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/CI%C3%BAster_(inform%C3%A1tica))
- [2] <https://es.slideshare.net/kerneltlv/namespaces-and-cgroups-the-basis-of-linux-containers>
- [3] <https://es.slideshare.net/udamale/nfsnetwork-file-system>
- [4] <http://galeracluster.com/products/>
- [5] <http://galeracluster.com/documentation-webpages/certificationbasedreplication.html>
- [6] Van Steen, Marteen y Tanenbaum, Andrew; “Distributed Systems: Principles and Paradigms”, 3rd. Edición, 2017.
- [7] Hwang, Kai; Fox, Geoffrey y Dongara, Jack; “Distributed and Cloud Computing: From Parallel Processing to the Internet of Things”, 2012.

Datos de Contacto:

Esteban y Plaza. Universidad Nacional del Sur.
Santiago del Estero 646 1W CP 8000 Bahía Blanca.
11tete11@gmail.com.

Sistema de registro de senderistas y su ubicación mediante Google Nearby.

**Zicavo, Mariano; Romero, Matías; Rodrigo Leonor; Fiorillo Diego;
Dibarbora Carlos**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Dada la metodología actual de control sobre las personas que utilizan los senderos de Huella Andina, decidimos crear Ubic.AR. Actualmente en muchos de los senderos el control sobre los senderistas es nulo, o se realiza a través de una planilla completada a mano por sólo una parte de quienes inician los recorridos. Esto produce que las autoridades no tengan información completa acerca del uso de los senderos, ni de los posibles accidentes que surgen en los mismos. Con Ubic.AR, implementamos una solución que permite a los senderistas indicar fácilmente sobre sus acciones y percances, y por ende generar en las autoridades un mayor control sobre los senderos. Para poder llevar a cabo lo mencionado, la solución registra todos los encuentros entre móviles, sin depender de si poseen o no señal telefónica en ese momento, y enviar alertas ante accidentes, reduciendo así el área y el costo de la búsqueda, y maximizando la reactividad ante un siniestro.

Palabras Clave

Senderismo, Huella Andina, Protocolo Gossip, Google Nearby.

Introducción

La Argentina cuenta con algunos de los paisajes más bellos del mundo, y la atracción que genera es reflejada en el gran turismo que atrae. No sólo hablamos de un destino único para los argentinos, sino para gente de todo el mundo, con un total de 7 millones de visitas en el año 2017. Es tanto el encanto de los paisajes que sólo en 2017 se registraron aproximadamente 350.000 visitas a parques nacionales.

En palabras del secretario General de la OMT (Organización Mundial del Turismo): “El futuro de la Argentina está en el turismo” [1]. Pero no son todas buenas noticias, ya que actualmente no existe en la mayoría de

los senderos de Huella Andina, un control del ingreso, egreso, y permanencia en los mismos. Debido a esto las estadísticas sobre el uso, y los reportes sobre personas con inconvenientes durante estas actividades suelen ser tardíos, generando una mayor dificultad en la búsqueda y una demora en la asistencia en caso de necesidad.

Las estadísticas actuales, indican que gran parte de la población argentina posee al menos un teléfono inteligente (en 2017, el 91% de los argentinos tenía un dispositivo de este tipo) [2], llevándolo consigo en la mayoría de las actividades que realizan a lo largo del día. En contrapartida en gran parte del país la cobertura aún hoy es deficiente, haciendo que los usuarios “pierdan” la utilidad de sus teléfonos. Pero debido al desarrollo de diferentes tecnologías, los teléfonos inteligentes pueden seguir comunicándose, incluso en áreas donde la señal brindada por las compañías operadoras de telefonía móvil no existe.

Con este proyecto se busca generar un sistema de control sobre los senderos de Huella Andina y quienes lo utilizan. Para poder lograr esto, se desarrolló una aplicación para teléfonos inteligentes, que permite saber, independientemente de la conectividad del mismo, tanto la ubicación de cada persona como si sufrió algún percance y de qué magnitud. De esta forma, Ubic.AR otorga la posibilidad de contar con las coordenadas de las personas que ingresan a los senderos, aún sin contar con señal de datos en el celular, y poder dar aviso en caso de tener una emergencia, minimizando así el

área y tiempo de búsqueda y los costos de la misma.

Desarrollo

En los reservas naturales y parques nacionales donde se realizan actividades de senderismo existen sistemas de registro para las personas que realizan estas actividades. Estos sistemas son administrados por guarda parques, u otras asociaciones que de esta manera no solo registran los accesos a los espacios, sino que también pueden actuar en casos de emergencias o extravío de personas. Estos sistemas que existen actualmente, suelen funcionar en soporte papel, y únicamente gestionar los datos personales de las personas que realizan las actividades y los horarios de entrada y salida del espacio. En caso de detectarse una eventual emergencia, los protocolos de respuesta están ampliamente probados y contienen diferentes acciones dependiendo del tipo de emergencia que se plantee. [3] [4]

El punto débil de este sistema de seguridad, serían los procesos por los cuales se pueden detectar estas emergencias, los cuales a pesar de ser eficaces, podrían desarrollarse de manera más eficiente si se incorporarán tecnologías novedosas a los mismos.

Aunque la telefonía celular se haya difundido ampliamente, en gran parte del país que incluye los senderos naturales, alta montaña y parques, la cobertura aún hoy es deficiente [5]. Sin embargo, actualmente la mayoría de las personas poseen equipos del tipo smartphone - en 2016, el 67% de los argentinos tenía un equipo así [2] - y aunque sin conectividad a la red de telefonía celular, estos equipos continúan siendo equipos de telecomunicación.

Se observa entonces que los senderistas realizan actividades de trekking y “turismo aventura” con un dispositivo de comunicación encima, al cual no se le da la utilidad que podría tener.

Mediante la construcción de un sistema para dispositivos móviles utilizando la tecnología Google Nearby [6], que utiliza tecnologías de comunicación como bluetooth, wifi, e incluso ondas de sonido para enviar y recibir

paquetes de datos entre equipos, se plantea el desarrollo de un mecanismo de comunicación automática entre equipos que permita el registro de las posiciones recorridas por los usuarios del sistema y el rastreo de los mismos en caso de una emergencia.

Este texto describe brevemente la tecnología utilizada, el diseño y el desarrollo de la solución que permitirá a los responsables de los senderos naturales, realizar un seguimiento de las personas en estos espacios, recibir alertas ante posibles inconvenientes y en caso de eventualidades, limitar las áreas de búsqueda.

Arquitectura

La solución que se describe en este trabajo tiene varios componentes interrelacionados los cuales se pueden reducir en la idea de un sistema de comunicación entre teléfonos celulares, basado en cercanía y montado sobre Android aprovechando la tecnología Google Nearby.

El sistema aprovecha esta tecnología y su capacidad de compartir información entre equipos Android los cuales a priori no necesitan conectividad a la red de teléfonos celulares, para que todos los dispositivos en el sistema intercambien la información que poseen entre sí, y finalmente esta pueda ser cargada en un servidor desde el cual los responsables del sistema pueden administrar la información referente a los senderistas.

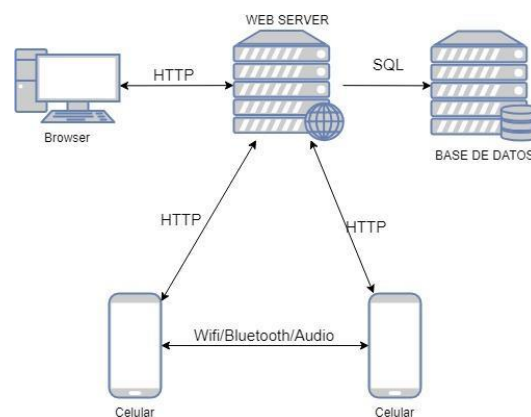


Fig1. Arquitectura del sistema.

Para esto, el sistema cuenta con un servidor web desarrollado con Ruby on Rails que centraliza toda la información almacenándola en una base de datos MySQL.

La información referente a las ubicaciones de los senderistas se puede consultar desde un browser convencional que se conecta al servidor.

El registro de las posiciones y la comunicación entre equipos son manejadas por un sistema móvil desarrollado usando el framework React Native, que utiliza a su vez un módulo nativo Java, para interactuar con las herramientas que provee Google Nearby. La aplicación móvil tendrá una arquitectura Flux, que fue desarrollada por Facebook como una alternativa a MVC. Consideramos que principal uso de la app estará dado por los eventos de comunicación con otros dispositivos. La arquitectura Flux nos posibilita separar cada uno de esos eventos de la forma en que vamos a tratarlos. Asimismo, nos permite ver un historial de cambios en el estado de nuestra app en función de dichos eventos. Poder ver este historial de cambios posibilita que el desarrollo sea más simple y nos da una visión de las consecuencias de cada acción. Utilizamos la biblioteca *redux* [7] para implementar Flux en nuestra aplicación.

En Flux, todos los datos de una aplicación se guardan en un *store*. Aquí guardamos datos del usuario, sus recorridos planeados, historial de ubicaciones, el historial de ubicaciones de otros usuarios y cualquier otro dato que necesitemos almacenar. Las vistas toman los datos de este store para generar la interfaz gráfica.

Cuando se produce un evento (el usuario toca un botón, el senderista se cruza con otro, se produce un error al enviar información, etc.) generamos una *acción*. Esta acción representa el evento que acaba de ocurrir, pero no indica qué debe hacerse a partir de ese evento.

El evento se envía a un *dispatcher*. Este *dispatcher* es quién sabe qué hacer con la información brindada por las acciones. El *dispatcher* actualiza el store y realiza

cualquier otra operación necesaria. Las vistas se suscriben al *store* para que éste les indique cuando su contenido ha cambiado y las *views* deben renderizarse nuevamente. Cuando una vista se suscribe al store, indica qué elementos le interesa monitorear, por lo que sólo se actualiza cuando el estado que cambió impacta en esa vista.

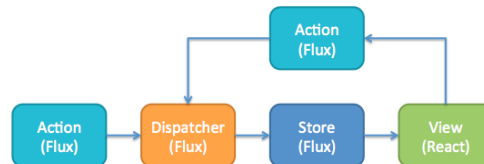


Fig 2. Arquitectura Flux

Comunicación entre equipos

El protocolo por el cual se comunican entre sí los equipos es un protocolo del tipo Gossip desarrollado ad-hoc para esta aplicación, que prioriza la comunicación de los datos por sobre la confiabilidad de la comunicación. Se identificaron 4 eventos que pueden darse en el sistema móvil como resultado de la interacción entre nodos.

1. Descubrimiento de otro senderista.
2. Ser descubierto por otro senderista
3. Conexión e intercambio de información con otro senderista.
4. Pedido de auxilio.

De todas maneras, este protocolo se implementa sobre Google Nearby, por lo que está atado a las restricciones de dicha tecnología como por ejemplo que los equipos no pueden comunicarse entre sí de ninguna manera a más de 80 metros.

Cada equipo que descubre o es descubierto por otro equipo, intenta intercambiar toda su información con ese equipo, aunque no necesariamente se podrá intercambiar todo el volumen de datos en cada oportunidad debido a que los nodos están en movimiento y pueden alejarse a más de 80mts.

Por esta razón, los equipos intentarán transmitir la información que poseen con más de un equipo.

Google Nearby requiere que los dispositivos realicen dos tareas previas a conectarse entre sí, **publicar** y **descubrir**. En el modo publicar otros nodos pueden descubrir el

dispositivo para iniciar una conexión, mientras que en el modo descubrir permite ver nodos que están publicando dentro del rango de conexión.

Es necesario que todos puedan conectarse con todos y un nodo que publica sólo podrá comunicarse con otro que se encuentre descubriendo, es por esto que la aplicación debe publicar y descubrir al mismo tiempo. Si bien presenta ciertas limitaciones para realizar esta actividad, Google Nearby nos permite realizar las dos tareas a la vez. Dentro de las limitaciones más considerables se encuentra que la función descubrir supone una carga muy pesada, y la transmisión de datos a un nodo que esté descubriendo y publicando a la vez puede verse interrumpida.

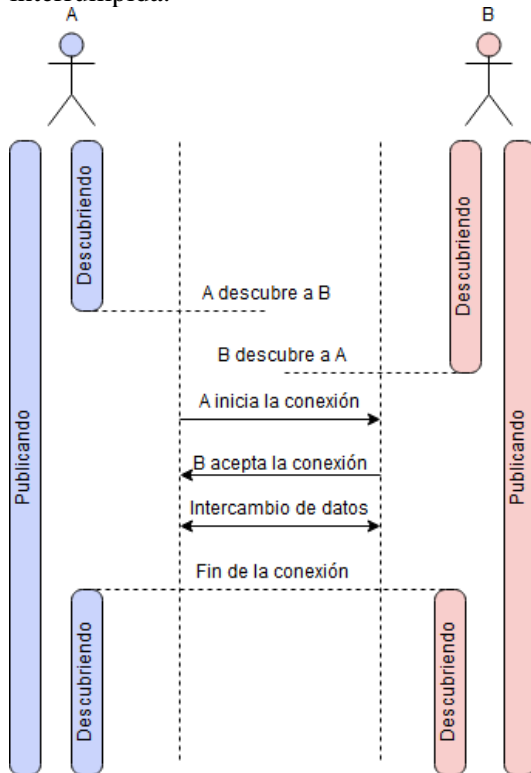


Fig 3. Comunicación entre dos equipos

Para solucionar estas limitaciones, consideramos una solución que consiste en dejar de descubrir conexiones en el momento en que nos conectamos con otro nodo. Es decir, cuando el nodo A descubre al nodo B en la cercanía determina si debe conectarse con ese nodo o no. En caso de no deber conectarse, simplemente se lo ignora.

En cambio, si el nodo A debe conectarse, primero debe salir del modo descubrir. Una vez que la interacción con el nodo B haya terminado, el nodo A volverá a iniciar la funcionalidad de descubrir.

Para decidir si dos nodos deben conectarse, el protocolo implementa una *Black List* [8] – lista de equipos cuya conexión será denegada a fin de limitar el intercambio de mensajes - en cada nodo del sistema, donde se incluyan las conexiones ya realizadas con intercambio de mensajes. En la *Black List* se incluirá también el instante de la conexión, para de esta forma limitar conexiones próximas con el mismo senderista en una ventana de al menos 30 minutos, y evitar de esta manera la repetición de la propagación de los mismos mensajes entre dos nodos.

Mensajes

Establecida la conexión entre dos equipos, comienza el intercambio de mensajes que se dará en esta capa del protocolo y a pesar de ser automatizado, el volumen de los mensajes podrá variar de acuerdo a las condiciones del sistema. El formato de mensaje para compartir ubicaciones se compone de una lista de la siguiente estructura:

ID	Alias	TTL	Lista <Registro Posición>
----	-------	-----	---------------------------------

El TTL es el campo que se irá reduciendo a medida que el mensaje se envía (cuando se adquiera la información por primera vez, el TTL será 2) y que se irá reduciendo a medida que se va enviando, hasta que el último nodo que lo reciba no volverá a reenviarlo.

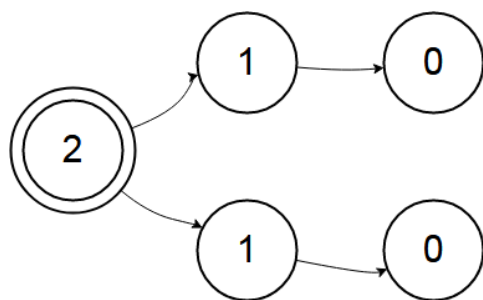


Fig 4. TTL en función de la propagación de mensajes

Cada usuario compartirá todos los mensajes de este tipo que tenga registrados con un ttl mayor a 0, entre los cuales por supuesto se incluirá un mensaje con su registro de ubicación propio, el cuál casi siempre tendrá un ttl=2.

Trabajos Relacionados

Al momento del presente no se ha detectado ningún trabajo relacionado a la temática planteada.

Conclusión y Trabajos Futuros

Este trabajo presenta una manera de resolver un problema existente utilizando una tecnología poco explotada como es Google Nearby.

El sistema aporta una solución capaz de realizar comunicaciones y seguimiento de usuarios, sin utilizar el servicio de telefonía celular. Se desarrolló un protocolo Gossip montado sobre una tecnología ya existente y probada a fin de plantear un sistema de comunicación utilizable en lugares donde la conectividad al servicio de telefonía celular sea reducida o nula.

Agradecimientos

Queremos agradecer particularmente a los docentes que nos acompañaron y guiaron a lo largo del desarrollo del proyecto, Ing. Federico Casuscelli e Ing. Nicolás Rodríguez, y a todos aquellos que de alguna forma han contribuido para el exitoso desarrollo del proyecto.

Referencias

- [1] «Futuro de Argentina en turismo,» [En línea]. Available: <http://www.turismo.gov.ar/noticias/2018/04/15/futuro-argentina-esta-en-turismo>. [Último acceso: 10 julio 2018].
- [2] «Consumo móvil en Argentina,» [En línea]. Available: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ar/Documents/technology-media-telecommunications/Argentina-Mobile-Consumer-Trends_Diciembre-2017.pdf. [Último acceso: 2 julio 2018].
- [3] «Protocolo de Rescate Mendoza,» [En línea]. Available: http://www.aconcagua.mendoza.gov.ar/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=21:protocolo-de-rescate-ppa&id=2:normativas&Itemid=498. [Último acceso: 2 julio 2018].
- [4] «Protocolo de Rescate Bariloche,» [En línea]. Available: http://elfede.org/wp-content/uploads/2009/07/Protocolo.pdf_bariloche.pdf. [Último acceso: 2 julio 2018].
- [5] «Mapa de Cobertura telefónica,» [En línea]. Available: <https://www.mdzol.com/nota/617404-el-mapa-de-la-cobertura-telefonica-en-mendoza-y-argentina/>. [Último acceso: 2 julio 2018].
- [6] «Google Nearby,» [En línea]. Available: <https://developers.google.com/nearby/>. [Último acceso: 2 julio 2018].
- [7] «Fullstack React - Flux y Redux,» [En línea]. Available: <https://www.fullstackreact.com/p/intro-to-flux-and-redux/>. [Último acceso: 29 10 2018].
- [8] «Diccionario - Blacklist,» [En línea]. Available: <https://techterms.com/definition/blacklist>. [Último acceso: 29 10 2018].

Datos de Contacto:

Carlos Dibarbora. UTN-FRBA. Medrano 951
CP1179 CABA. carlos.dibarbora@inspt.utm.edu.ar

Aplicación móvil para autogestión universitaria

Mendoza, Jonathan

Universidad Atlántida Argentina, Facultad de Ingeniería

Resumen

A la fecha la Universidad Atlántida Argentina cuenta con un sistema de autogestión web con un uso frecuente el cuales un importante vehículo de comunicación, además de permitir realizar diversas consultas y trámites en línea.

Sin embargo, la realidad nos indica que cada vez es más frecuente el uso de dispositivos móviles (celulares y tablets), por lo que se propone el desarrollo del sistema de autogestión adaptado para teléfonos móviles.

Palabras Clave

Autogestión, Universidad, Aplicaciones, Dispositivos Móviles, Trámites. Gestiones.

Introducción

El sistema de autogestión web de la Universidad Atlántida Argentina se lanza al público con el propósito de poder realizar los trámites administrativos universitarios de una forma más ágil.

Sin embargo, dado el gran porcentaje de usuarios que cuentan con un dispositivo móvil, surge la necesidad de poder aprovechar la funcionalidad del sistema de autogestión web en dichos dispositivos. Sin embargo, la estructura de la página genera una problemática adicional, dado que no se puede visualizar en los dispositivos móviles de forma correcta y de aprovechar todas las funcionalidades que poseen los mismos.

El objetivo de este desarrollo es ofrecer una aplicación que permita el acceso a la información universitaria requerida por los estudiantes de la universidad mediante dispositivos móviles.

Problemática

El sistema de autogestión web actual está pensado para usarse en navegadores, especialmente en Google Chrome mediante una computadora y no para dispositivos móviles.

Hoy en día, el celular es una parte fundamental de la vida diaria, por lo que

surge la necesidad de crear una aplicación, en la cual el estudiante pueda ingresar en cualquier momento mediante su teléfono móvil sin necesidad de tener acceso a una computadora.

Debido a la regionalización de la misma universidad, donde los alumnos de la misma se encuentran muy distanciados de la casa de estudios, con poca frecuencia del transporte público, se hace fundamental tener una aplicación que conecte entre ellos y la universidad.

Esta aplicación, además de brindar las características ya existentes en el sistema de autogestión web, dará nuevas funcionalidades aprovechando las características del dispositivo.

La aplicación se desarrollará para el sistema operativo Android, dado el gran porcentaje de usuarios que utilizan dicho S.O. en comparación a otros, tales como iOS de Apple y Windows Phone de Microsoft.

Tecnologías utilizadas

Las tecnologías que se utilizaron para desarrollar este proyecto fueron las siguientes.

A continuación se hará una breve descripción de las mismas.

Android

Es el sistema operativo donde va a ejecutarse esta aplicación. Se encuentra basada en Linux. [2]

Android Studio

Es un entorno integrado de desarrollo, en el cual se desarrolló esta aplicación.[4]

Webservice

Es un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Estas aplicaciones de software pueden estar desarrolladas en lenguajes de

programación diferentes, y ejecutadas sobre cualquier plataforma, pueden utilizar los servicios web para intercambiar datos en redes de computadoras. [6]

De una manera más clara, se podría decir que un webservice es una función que diferentes servicios o equipos utilizan; es decir, solo se envían parámetros al servidor (lugar donde está alojado el web service) y éste responderá la petición.

PHP

Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML [1]. El webservice mencionado anteriormente está desarrollado en este lenguaje de programación.

JSON

Es un formato ligero de intercambio de datos. Es simple leerlo y escribirlo tanto para personas como para computadoras. [5] En el webservice se utiliza JSON tanto para enviar como para recibir datos desde – hacia el servidor, según corresponda. En la app al recibir estos datos, se los convierte en los objetos que corresponden a estos datos. Esta operación se llama parseo.

Ventajas de las aplicaciones

Las aplicaciones para dispositivos móviles tienen ventajas por sobre las páginas web, vistas desde estos dispositivos. Las apps permiten acceder a las características de los dispositivos móviles, y a partir de allí, interactuar con ellos, tales como la cámara y el servicio de notificaciones.

Además, éstas tienen una mayor libertad de diseño frente a las páginas web, ya que está especialmente diseñado para trabajar desde el dispositivo móvil. Esto se debe a que las páginas web vistas desde un navegador en un dispositivo móvil dependen de la barra de direcciones y el botón de actualizar, entre otros elementos. Por lo tanto, son muy limitados por el navegador.

Sumado a que en este caso en particular, la aplicación móvil consume una menor cantidad de datos que la página web.

Teniendo en cuenta que actualmente existe una limitada conexión móvil por la zona, se hace importante este factor, junto con el menor gasto en consumo de datos.

También es de considerar que una aplicación para una institución, como lo es la UAA, puede ofrecer un posicionamiento de la misma dentro de la tienda de aplicaciones.

Por otro lado, una aplicación, a diferencia de una página web, permite una mayor personalización de la información a ser mostrada.

Funcionalidades

La aplicación tiene las siguientes funcionalidades:

Módulos desarrollados

- *Módulo de datos personales y académicos:* En este módulo se muestran los datos personales además de sus datos como alumno.
- *Módulo de historial de calificaciones:* Es el conjunto de funcionalidades relacionadas con el historial académico del alumno, separados por año y materia.
- *Módulo de saldos de tesorería:* Conjunto de funcionalidades relacionadas con el saldo de la cuenta corriente del alumno, junto con su tipo de cuota y beneficios
- *Módulo de búsqueda de apuntes:* Conjunto de funcionalidades relacionadas con la búsqueda de apuntes de acuerdo a distintos criterios, junto con su muestra y descarga.
- *Módulo de búsqueda de libros:* Conjunto de funcionalidades relacionadas con la búsqueda de libros disponibles en la biblioteca de acuerdo a distintos criterios, junto con la muestra de la información correspondiente a cada libro

- **Módulo de aula del día:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra del aula o las aulas correspondientes al día de cursada para cada materia.
- **Módulo de llamadas a sedes:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra de los números de teléfonos de las distintas sedes de la universidad, junto con la interacción con el dispositivo móvil para poder realizar una llamada.
- **Módulo de notificaciones:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la gestión de notificaciones acerca de información relevantes sobre la universidad.

Módulos a desarrollar

- **Módulo de inscripción a finales:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra de finales disponibles para rendir, su inscripción, notificación tanto por mail como un recordatorio en el dispositivo móvil. También se tiene en cuenta la desinscripción al mismo.
- **Módulo de inscripción a cursadas:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra de cursadas para realizar, su inscripción, su notificación tanto por mail como por el dispositivo. Se tiene en cuenta la desinscripción.
- **Módulo de oportunidades laborales:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra e inscripción de ofertas de trabajo desde la universidad, de acuerdo al perfil del alumno.
- **Módulo de publicidades:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra de publicidades de la universidad orientadas de acuerdo al usuario y su sede inscripta.
- **Módulo de cupones de pago:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con la muestra de

conceptos a pagar, junto con la posibilidad de descargar el cupón de pago correspondiente según el método que el usuario elija.

- **Módulo de acceso a usuario docente y alumno extensión:** Conjunto de funcionalidades relacionadas con el acceso al sistema de autogestión desde un dispositivo móvil a los tipos de usuario docente y alumno de cursos de Secretaría de Extensión.

Casos de Uso

A continuación se mostrarán los casos de uso:

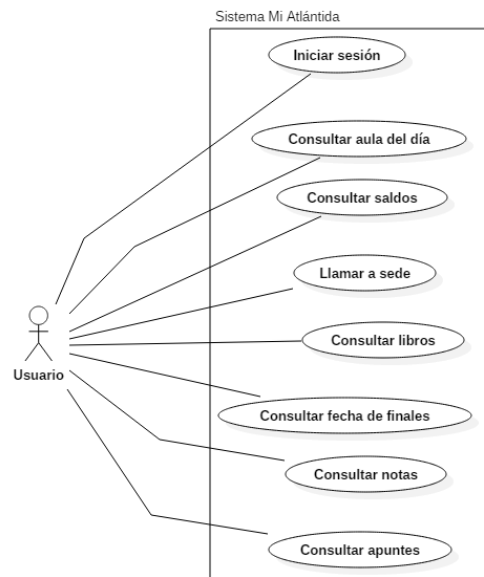


Figura 1—Diagrama de casos de uso

Funcionamiento básico

Para poder obtener la aplicación se debe bajar desde el Play Store de Google, donde se encuentra alojada. Una vez instalada, para poder utilizar las funcionalidades de la app, se debe iniciar sesión con el número de DNI (documento nacional de identidad) y una contraseña, estas ya usadas previamente en el sistema de autogestión web. Si el usuario no posee, se debe solicitar una cuenta en la página de autogestión web.

Si tiene más de un legajo académico el alumno, seleccionará aquel en el cual deseará entrar. Una vez allí, podrá trabajar con las distintas funcionalidades que ofrece la aplicación.

Este funcionamiento se ve de forma más detallada en las figuras 13 y 14.

Conclusiones y Trabajos Futuros

Al desarrollar este proyecto se logró el objetivo principal planteado de poder realizar un sistema con la misma funcionalidad que el orientado a WEB pero para dispositivos móviles.

Esta aplicación es de ayuda fundamental para los alumnos de la Universidad

Atlántida Argentina, significando una nueva herramienta para los mismos, y un mayor acercamiento por parte de la Universidad.

Como valor agregado, la aplicación aprovecha las funcionalidades propias de los dispositivos móviles y permite tener toda la información académica sin recurrir a una página web de una forma más rápida y óptima.

Actualmente, la aplicación se encuentra disponible en el Play Store de Google, con un uso frecuente por parte de los alumnos.

Más allá de este proyecto, como trabajo de final de carrera, se agregaron otras funcionalidades, a destacar se pueden mencionarla inscripción a cursadas y finales, cupones de pago, entre otras características. Además se proyecta, debido a la aceptación por parte de los alumnos, una aplicación aparte diseñada para los docentes.

Datos de Contacto

Jonathan Mendoza.

Universidad Atlántida Argentina.

jonathan.mendoza.pin@gmail.com

Referencias

[1] - BEATI, Hernán. *PHP Creación de Páginas Web Dinámicas*. México: Alfaomega, 2011, 400 p. ISBN 978-987-1609-21-5.

[2] - TANENBAUM, Andrew – BOS, Hebert. *Modern Operating Systems*. 4ª Edición. EE. UU.: Pearson Education, 2015, 1137 p. ISBN 0-13-359162-X.

[3] - TANENBAUM, Andrew – WETHERALL, David. *Redes de Computadoras*. 5ª Edición. México: Pearson Education, 2012, 816 p. ISBN 978-607-32-0817-8.

[4] - VAN DROGELEN, Mike. *Android Studio Cookbook*. Reino Unido: Packt Publishing Ltd. 2015, 213 p. ISBN 978-1-78528-618-6

[5] - <http://www.json.org/json-es.html>

[6] - www.unilibre.edu.co/revistaavances/avances_10/r10_art7.pdf

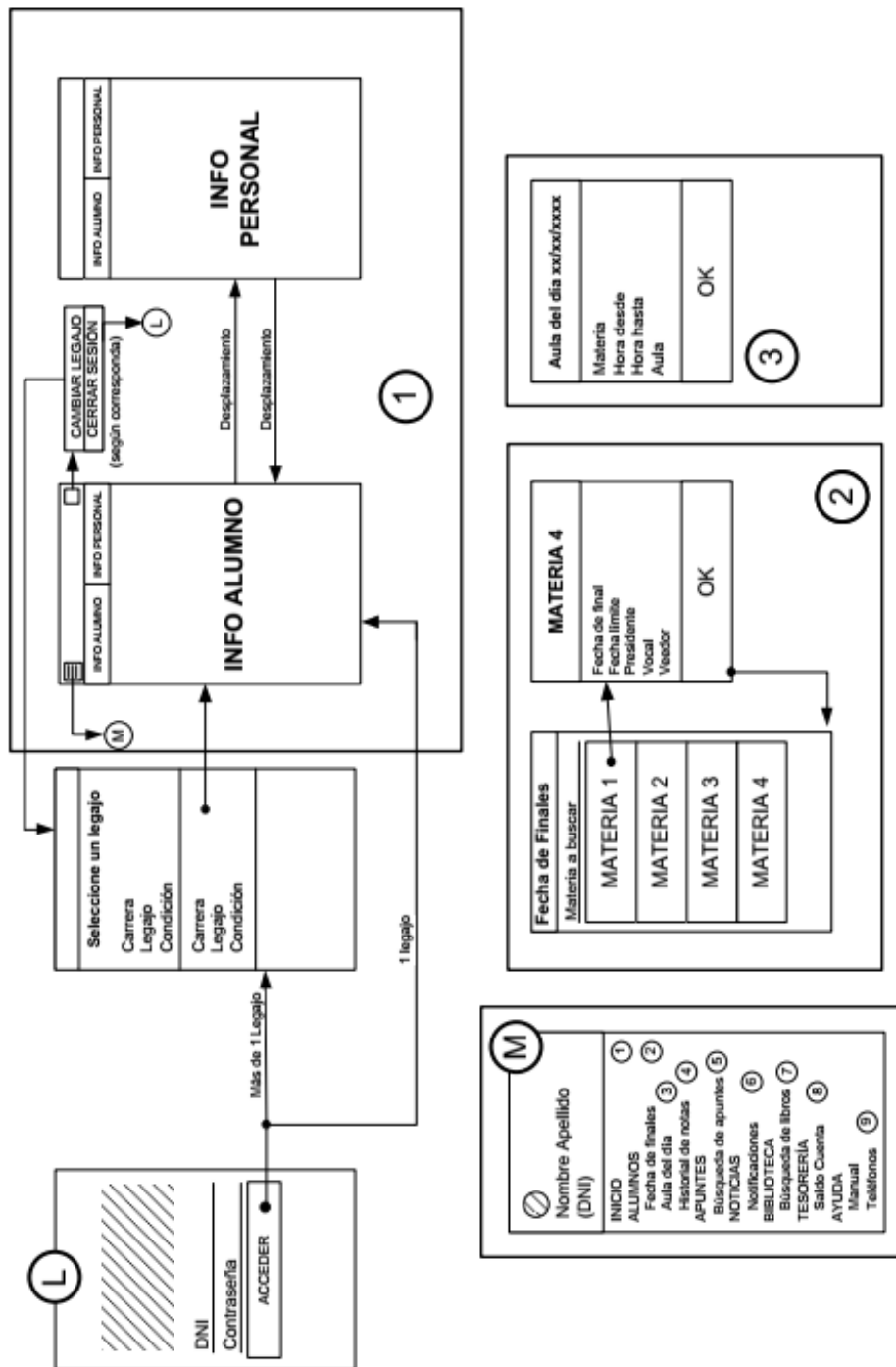


Figura 13 – Esquema gráfico de interfaces de la aplicación.

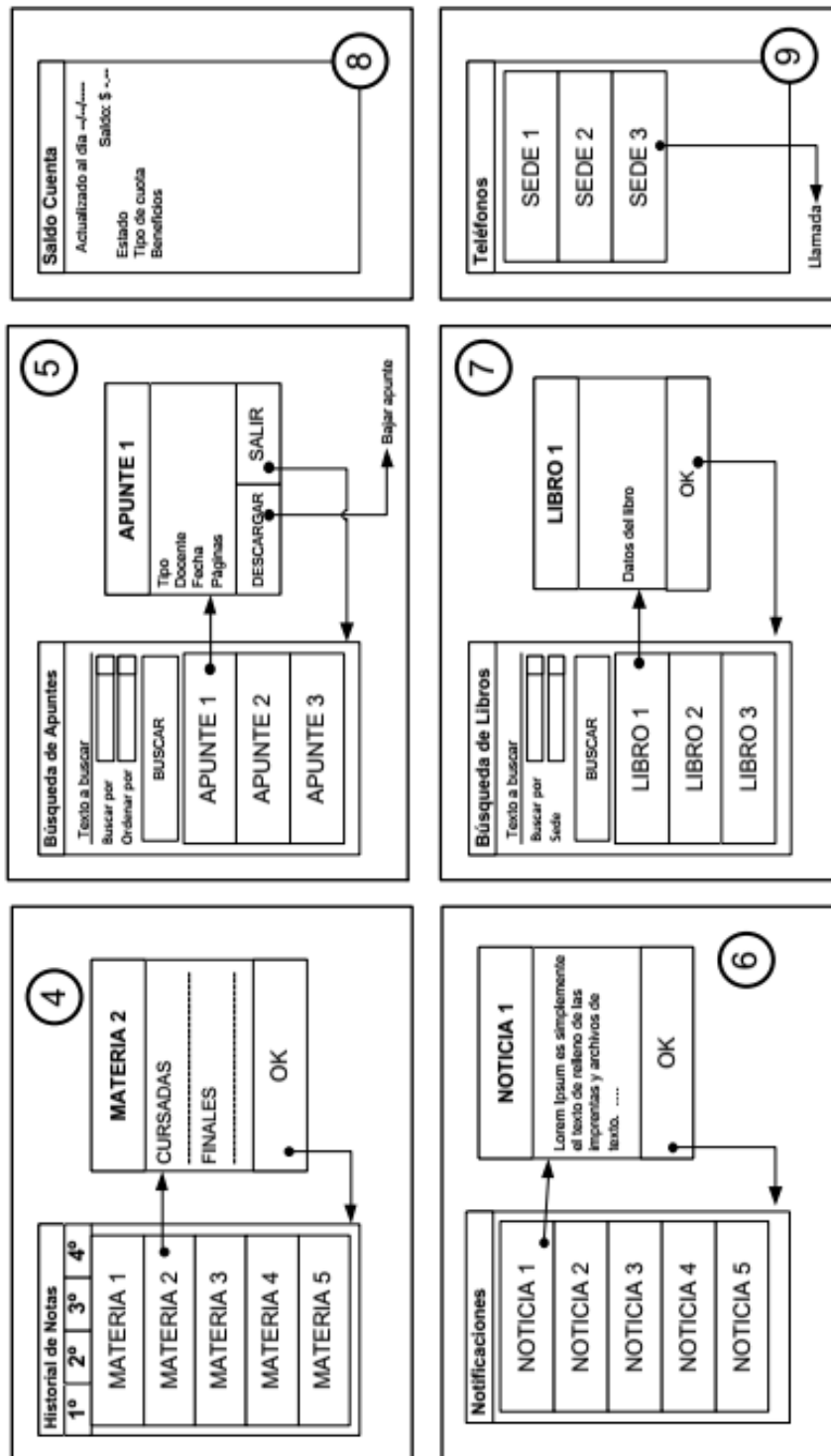


Figura 14 – Esquema gráfico de interfaces de la aplicación (continuación).

Desarrollo de una aplicación móvil para la enseñanza básica de LSA

Andino, Nadia Soledad

Gnoatto, Bruno Vicente

Prinsich Bernz, Emilio Jesús Alfonso

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe

Abstract

Los dispositivos móviles forman una parte importante de nuestra vida cotidiana, al punto de dar por sentado la existencia de aplicaciones para cada situación que se presente en el camino. En la actualidad, los argentinos no contamos con una aplicación móvil que enseñe los conceptos básicos de la Lengua de Señas Argentina, utilizada por las personas sordas.

El proyecto presentado tiene como objetivo la instrucción de los usuarios sobre la Lengua de Señas Argentina, promoviendo la inclusión a partir de la familiarización de dicha lengua. De esta forma, se aporta un significativo valor en términos educativos dado que, a partir de un escenario lúdico, se esconde un aprendizaje inclusivo y de concientización. Haciendo uso de las características inherentes de las tecnologías móviles, el proyecto es implementado bajo el sistema operativo Android, utilizando metodologías ágiles de desarrollo de software.

Palabras Clave

Discapacidad, LSA, Lengua de Señas Argentinas, Inclusión, Android, Celular, Smartphone, Tablet, Aplicación Móvil, Juego, Videojuego.

Introducción

En el entorno de las personas sordas se habla de una “comunidad” la cual tiene, entre sus costumbres y características, una manera específica de comunicarse. Esta forma de comunicación responde a un conjunto de señas no estáticas, manuales y gestuales que cambian regionalmente; es decir, todas las señas de Santa Fe no son las mismas que usa Buenos Aires. Dada esta situación, surge la LSA (Lengua de Señas Argentinas) para estandarizar criterios de representación a nivel nacional.

La comunidad sorda se encuentra conviviendo dentro de una comunidad mayoritaria que son los oyentes. Dadas las características de la sordera como discapacidad, los integrantes de la

comunidad sorda no se consideran personas con discapacidad ya que no requieren, a gran escala, que su entorno sea adaptado a sus necesidades como sucede con los que poseen discapacidades motrices o visuales. Sin embargo, en la comunidad de oyentes las personas sordas son muchas veces discriminadas por no poder socializar en función de su lengua.

En este contexto, es de suma importancia citar la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad que tiene como propósito [1]: promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales por todas las personas con discapacidad, y promover el respeto de su dignidad inherente. Dicha convención define la discapacidad [2] como un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás.

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) permiten acortar las diferencias a partir de sus características de accesibilidad formuladas en variados escenarios de trabajo, que no solo tienen que ver con la variedad en alternativas, sino en los criterios de adaptabilidad y generación de oportunidades de acceso y capacitación.

El presente proyecto busca aportar a la comunidad una herramienta, bajo la tecnología móvil, como producto potencial a ser utilizado por la mayor parte del

mercado de usuarios de dispositivos móviles. Esta tecnología evoluciona constantemente debido a la gran necesidad de la humanidad por la comunicación, por lo que el proyecto es implementado bajo metodologías ágiles de desarrollo de software, para maximizar la flexibilidad en busca de la optimización del resultado final.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: La Sección 1 presenta los fundamentos que dieron origen a las características seleccionadas para la aplicación. La Sección 2 describe el modelo de desarrollo de software utilizado para implementar el proyecto. La Sección 3 expone las tecnologías y plataformas utilizadas para la implementación del sistema. Y, finalmente, la Sección 4 explica las funciones que brinda el producto al usuario.

1- Fundamentación

Una vez expuesta la problemática social que se busca apañar, surge el interrogante: ¿Cómo hacer para que la mayor cantidad de usuarios se vean atraídos a hacer uso de la aplicación? Para ello, nos enfocamos en el uso de los dispositivos móviles y la aplicación de videojuegos como herramientas para el aprendizaje autónomo. La combinación de ambas favorecen a un estudio interactivo, ubicuo e individualizado que permite a cada usuario trabajar a su propio ritmo.

Según la consultora líder en investigación de mercados basada en paneles de consumidores, Kantar World Panel [3], en Marzo del año 2018 el sistema operativo Android encabeza el mercado móvil en Argentina con un 95,2%, como se ilustra en la Figura 1. La información presentada sigue una tendencia desde hace 4 años, lo que permitió identificar fácilmente el sistema operativo a abordar.

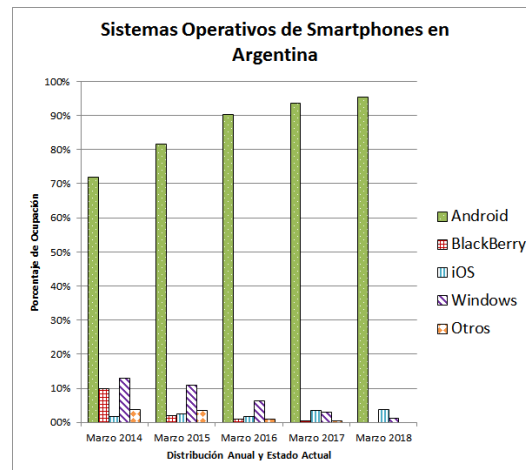


Figura 1: Distribución Anual de Sistemas Operativos de Smartphones en Argentina

Por otra parte, según el investigador y profesor de estudios de alfabetización del Instituto Mary Lou Fulton de la Universidad de Arizona, James Paul Gee [4]; los videojuegos, como una forma de entretenimiento, son buenos vinculando emociones a la resolución de problemas. Esto significa que el usuario se ve interesado por el deseo de adquirir una habilidad y no sólo por motivos lúdicos. A su vez, los videojuegos son diseñados para presentar tareas que constituyen retos pero al mismo tiempo son realizables, lo cual es fundamental para mantener la motivación a lo largo de todo el proceso de aprendizaje. De esta manera, los usuarios interactúan para lograr los desafíos que se les plantean dentro del juego, generando un sentimiento de satisfacción al completarlos, y viéndose motivados para aprender.

Finalmente, se concluyó que la forma más adecuada para atraer usuarios es diseñar e implementar una aplicación móvil para dispositivos que utilicen el sistema operativo Android, con una orientación lúdica.

2- Modelo de Desarrollo de Software

Dado el contexto que da origen al presente proyecto, es necesario identificar las limitaciones de recursos que se disponen para administrarlos de la mejor forma posible. El equipo consiste de 3 alumnos de Ingeniería en Sistemas de Información que

buscan conseguir su título universitario en un plazo menor a un año.

Aprovechando la fluida comunicación entre los miembros, se decidió utilizar metodologías ágiles de desarrollo de software para llevar a cabo el proyecto. Las metodologías ágiles se rigen bajo el manifiesto ágil [5] donde se priorizan:

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
- Software funcionando sobre documentación extensiva.
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
- Respuesta ante el cambio sobre seguir un plan.

Dichas premisas guían a los equipos hacia un desarrollo de software más acorde a los requerimientos del cliente y flexible ante los cambios que pudieran surgir durante el proceso. Una de las principales características que hace que se las considere ágiles es que, a diferencia de los procesos de desarrollo de software tradicionales, la documentación generada es reducida y concisa, por lo que esta tarea no requiere mucha inversión de tiempo.

Existen diversas metodologías ágiles que son aplicables dependiendo de la naturaleza del proyecto; por esta razón, se realizó una investigación que concluyó en la implementación de Scrum.

Scrum consiste en un modelo de asignación de tareas y control de procesos basado en reuniones rápidas. Su fuerte es realizar el seguimiento de las tareas que se están llevando a cabo e identificar los conflictos que pueden retrasar al equipo a lo largo del desarrollo del proyecto. Otra característica importante de esta metodología es la generación de un producto incremental, el cual se adapta a los nuevos requerimientos y modificaciones del cliente con cada iteración, reduciendo el impacto en la planificación original.

Ya que son requeridos recursos y espacios con los que el equipo no dispone, no es posible aplicar la metodología de forma expresa. En consecuencia, se hizo uso de algunos artefactos y lineamientos definidos

en la Guía Definitiva de Scrum [6], los cuales se describen a continuación.

Para ayudar a la organización de los trabajos, se establecen los siguientes *roles*:

- *Cliente*: Es el responsable de definir los requisitos necesarios del producto.
- *Equipo de Desarrollo*: Es el encargado de crear los incrementos del producto según los lineamientos pactados con el cliente.
- *Scrum Master*: Es el gestor de la correcta aplicación de prácticas y valores descritos en la metodología para que el equipo de desarrollo alcance sus objetivos, eliminando cualquier inconveniente que pueda provocar un impacto negativo en el proyecto.

Además, como todo proyecto de software, es necesario realizar un relevamiento de los requerimientos del cliente. Para ello, la metodología define una lista de historias de usuario llamada *Product Backlog*. Las *historias de usuario* son una forma rápida de administrar los requisitos de los usuarios sin tener que generar documentación excesiva. Cada historia de usuario se desglosa en actividades, las cuales son identificadas por el equipo de desarrollo.

Una característica inherente de las metodologías ágiles de desarrollo de software es el concepto de *story points*. Los *story points* son una medida que contemplan la complejidad, el esfuerzo y el riesgo que conlleva cada una de las actividades identificadas y no poseen un valor específico asociado a la escala de tiempo. En concreto, permiten definir la complejidad total del proyecto y la velocidad de desarrollo del equipo, de lo que puede deducirse la duración estimada del desarrollo del proyecto completo en la escala de tiempo.

Por otra parte, Scrum gestiona los proyectos mediante bloques fijos de tiempo llamados *sprints* o iteraciones. Al inicio de cada sprint, se genera el *Sprint Backlog* luego de llevar a cabo una reunión con el cliente para definir las actividades a ser implementadas en el próximo incremento. Una vez

concluida dicha reunión, el equipo de desarrollo comienza la iteración, comprometiéndose a completar las funcionalidades pactadas para la fecha de finalización del sprint y entregando una versión funcional del producto. Este ciclo finaliza en el momento que el equipo de desarrollo ha completado todos los requerimientos del proyecto solicitados por el cliente.

Finalmente, se debe llevar un control del desarrollo del proyecto para así asegurar que la planificación sigue su curso en tiempo y forma. Scrum ofrece diferentes reuniones de monitoreo para mantener la motivación y el seguimiento del equipo, de las cuales se implementan las siguientes, con algunas variantes:

- **Planificación del Sprint:** Reunión donde el equipo de desarrollo define las actividades a implementar para la próxima iteración, plasmandose en el Sprint Backlog. Esta reunión se lleva a cabo previo al inicio de cada sprint.
- **Reunión de Sincronización:** Reunión de corta duración cuyo fin es monitorear diariamente los inconvenientes y los progresos del equipo durante el desarrollo del sprint. Esta reunión se planificó con una regularidad de dos veces por semana, y no diariamente como lo establece la metodología original.
- **Revisión del Sprint:** Reunión de presentación del incremento donde se captará la realimentación brindada por el cliente. Esta reunión se lleva a cabo finalizado cada sprint.

Finalmente, existe una herramienta gráfica de control llamada *Burndown Chart*, la cual representa el progreso del equipo de desarrollo durante los sprints hacia el objetivo. Es un gráfico de línea, el cual comienza con los story points totales del proyecto y muestra el decremento de los mismos a medida que se completan las actividades definidas. Su finalidad es servir como método de predicción para así afrontar adecuadamente las contingencias,

minimizando el impacto en el cronograma estimado.

Durante la fase inicial del proyecto, se realizó una entrevista al cliente con la finalidad de capturar los requerimientos de la aplicación. La reunión fue enriquecedora para el equipo ya que el cliente brindó información sobre la cultura sorda y los lineamientos que deben seguirse para generar un producto que sea de utilidad a las personas sordas. Se hizo énfasis en crear una aplicación respetuosa y amigable para que sea aceptado por la comunidad sorda.

3- Tecnologías y Plataformas

Para lograr un desarrollo ágil de la aplicación, se seleccionaron tecnologías y plataformas gratuitas, con un alto soporte de la comunidad de desarrolladores de software de código abierto y que resulten familiares para el equipo de desarrollo.

Comenzaremos hablando de *Ionic* [7], un framework para el desarrollo de aplicaciones híbridas basadas en HTML5, CSS y JavaScript. Esta herramienta utiliza Angular, con la finalidad de crear un marco adecuado para desarrollar aplicaciones ricas y robustas. Además, posee integración con *Apache Córdoba* [8], un framework que se basa en las SDK nativas más populares de desarrollo móvil, por lo que deja abierta la posibilidad de implementar un producto multiplataforma con un único código de programación.

Otra tecnología utilizada es *Firebase* [9], una plataforma integral de desarrollo de aplicaciones híbridas que cuenta con soporte total de los servicios de Google. Entre las múltiples funciones que ofrece, se detallan a continuación las implementadas en el proyecto:

- **Cloud Firestore:** Base de datos NoSQL flexible, escalable y en la nube a fin de almacenar y sincronizar datos para la programación en el lado del cliente y del servidor.
- **Cloud Functions:** Permite ejecutar de forma automática el código de backend en respuesta a eventos activados por las

funciones de Firebase y las solicitudes HTTPS.

- *Cloud Storage*: Almacena y procesa con rapidez y facilidad el contenido multimedia necesario para la aplicación.

Para llevar un control del código de la aplicación se hace uso de *GitLab* [10], un repositorio web de control de versiones y desarrollo de software colaborativo basado en Git.

Cuando se considera que no es necesaria la presencia física de los miembros del equipo durante las reuniones de sincronización, y por razones de tiempo y comodidad, se realizan videoconferencias mediante *Discord* [11]. Además, la principal herramienta utilizada durante dichas reuniones es *Trello* [12], un sistema que consiste en un tablero web tipo kanban para administrar tarjetas. Estas tarjetas representan las tareas a completar en el sprint, y facilita la gestión y el control del estado de la iteración de forma sencilla y visible.

Finalmente, para administrar la documentación correspondiente al proyecto se hace uso de *Drive* [13], el servicio de alojamiento de archivos en la nube de Google.

4- Funciones de la Aplicación

Una vez expuestos los factores que dan curso al presente proyecto, procederemos a explicar las funciones que ofrece el sistema desarrollado.

Es necesario aclarar que, para utilizar cualquier dispositivo cuyo sistema operativo es Android, el usuario debe poseer una cuenta en Gmail, el servicio de correo electrónico de Google. Bajo esta premisa, se ofrece el inicio de sesión a la aplicación con la cuenta de Gmail asociada al dispositivo para así, en caso que desee cambiarlo, pueda recuperar su progreso en el sistema. De esta forma, el usuario no necesitará crear una nueva cuenta ni recordar contraseñas debido a que el mismo sistema operativo brinda la información pertinente a la aplicación, permitiéndole un

ingreso sencillo solamente presionando un botón.

Luego de ingresar al sistema, se visualiza el menú principal que dispone las siguientes secciones: Módulos, Práctica general, Perfil y ¿Sabías que...?.

La sección *Módulos* es la más compleja y muestra el contenido educativo, organizado por ejes temáticos. Al seleccionar el tema de interés, se permite al usuario que opte por aprender, practicar o evaluar el mismo.

La lista de temas definida es:

1. Abecedario.
2. Números.
3. Calendario.
4. Provincias.
5. Ficha Personal.

Si bien los primeros cuatro temas no guardan correlación alguna, el quinto tema los engloba. De esta manera, el usuario obtiene el conocimiento para completar una ficha personal al finalizar todos los módulos de la aplicación.

La sección *Aprender* se compone de una cantidad específica de tarjetas educativas, dependiendo del tema seleccionado, las cuales visualizan un video del movimiento gramatical y su correspondiente significado en LSA.

La sección *Practicar* permite simular una instancia evaluativa del tema seleccionado.

La sección *Evaluar* se compone de una cantidad específica de tarjetas evaluativas, las cuales visualizan un video del movimiento gramatical y las opciones de respuesta de su significado en LSA. Si la instancia es aprobada, se habilitará el siguiente módulo. Por defecto, el usuario cuenta con el primer módulo habilitado y podrá acceder a los siguientes de forma incremental aprobando las instancias evaluativas correspondientes.

Para que el usuario tome con seriedad las evaluaciones, se encuentra implementado un sistema de intentos limitados, los cuales disminuyen ante una respuesta incorrecta a la tarjeta o el abandono de la evaluación antes de finalizar, y se recuperan automáticamente con el paso del tiempo. La cantidad de intentos disponibles se

visualizan permanentemente en cada pantalla de la aplicación.

Adicionalmente, se proporciona una única ayuda por instancia evaluativa, la cual elimina una de las opciones de respuesta de la tarjeta visualizada en el momento.

Volviendo al menú principal, la sección *Práctica General* permite simular una instancia evaluativa de todos los temas habilitados por el usuario.

La sección *Perfil* dispone los datos del usuario, los logros obtenidos y las estadísticas generadas por el sistema sobre su desempeño. El sistema de logros consiste en el otorgamiento de reconocimientos por completar hitos específicos, con el objetivo de fomentar la motivación. Los logros obtenibles son:

- Aprobar el primer módulo.
- Aprobar todos los módulos.
- Sacar la nota máxima en un módulo.
- Sacar la nota máxima en todos los módulos.
- Completar una práctica.
- Completar una práctica sin errores.
- Equivocarse en todas las consignas de una práctica.
- Completar una evaluación.
- Habilitar todos los logros.
- No aprobar una evaluación.
- Aprender todo el contenido del primer tema.
- Perder todas las vidas.
- Usar una pista.
- Completar una evaluación sin pistas.
- Leer todos los datos de la sección *¿Sabías Que...?*
- Lograr 25% del progreso global.
- Lograr 50% del progreso global.
- Lograr 75% del progreso global.

Finalmente, la sección *¿Sabías Que...?* muestra información sobre la LSA y los desarrolladores.

A modo ilustrativo, la Figura 2 dispone la navegación dentro de la aplicación.

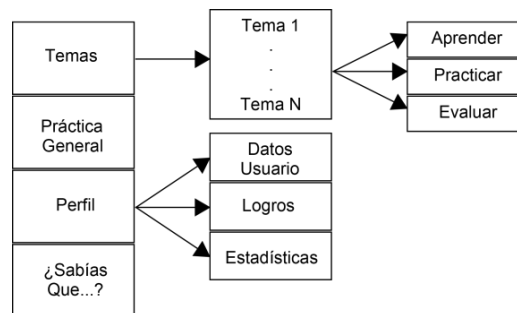


Figura 2: Mapa de Navegación de Pantallas de la Aplicación.

Conclusión y Trabajos Futuros

Durante el desarrollo del proyecto, hemos conseguido un profundo contacto con la comunidad sorda y comprendimos la verdadera complejidad de su lengua. A pesar que la LSA busca estandarizar la lengua a nivel nacional, se siguen presentando diferencias en las representaciones en forma de modismos y regionalismos. Sin embargo, el objetivo del proyecto no se ve afectado ya que visibiliza a la comunidad sorda para que los oyentes despierten su interés en la temática, abriendo caminos para reducir las barreras de comunicación existentes.

Sobre las tecnologías seleccionadas, Ionic y Córdoba presentaron la facilidad de desarrollar aplicaciones para múltiples plataformas (Android, iOS, Web, etc) sin la necesidad de desarrollarlas de forma nativa para cada una de ellas. Particularmente, la plataforma Web fue utilizada para pruebas y dejó abierta la posibilidad de lanzar el producto en un futuro cercano, luego de unos correspondientes ajustes.

Un gran acierto fue Firebase. Sus módulos de bases de datos, alojamiento de archivos y autenticación, entre otros, permitieron desligarse de configurar servidores externos para los cuales no era posible asegurar su total compatibilidad. Consecuentemente se pudo hacer foco en la lógica de la aplicación sin mayores dificultades.

Con respecto a las metodologías ágiles, hemos encontrado que son muy beneficiosas. La comunicación fluida y la buena predisposición de los miembros del equipo han logrado que la aplicación sea implementada antes del tiempo planificado,

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

lo cual dio a lugar a un mayor plazo para pruebas y mejoras. Cabe destacar que, sin los factores anteriormente mencionados, el proyecto probablemente se hubiese retrasado y comprometería la calidad del producto.

Por último, es innegable que la tecnología móvil se encuentra en constante evolución y, en conclusión, para que un producto sea exitoso debe seguir dicho ritmo. Por esta razón, consideraremos incorporar nuevos contenidos y plataformas en versiones futuras de la aplicación.

Agradecimientos

Estamos profundamente agradecidos con nuestra directora de proyecto, la Ingeniera María José Rabellino, por ser la guía en el mundo de la inclusión. A nuestro Diseñador Audiovisual amigo, Juan Manuel Mazza, por colaborar con su creatividad para implementar un producto estéticamente agradable. Finalmente, a nuestras familias por brindarnos su apoyo incondicional durante la carrera.

Referencias

- [1] 2006. Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Artículo 1, Párrafo 1.
- [2] 2006. Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Preámbulo, Inciso e.
- [3] <http://www.kantarworldpanel.com/global/smartphone-os-market-share/>
- [4] Gee, James Paul. "Learning and Games." The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning. Edited by Katie Salen. The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation Series on Digital Media and Learning. Cambridge, MA: The MIT Press, 2008.21–40. doi: 10.1162/dmal.9780262693646.021
- [5] <http://agilemanifesto.org/iso/es/manifesto.html>
- [6] 2017. The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. Ken Schwaber and Jeff Sutherland.
- [7] <https://ionicframework.com/>
- [8] <https://cordova.apache.org/>
- [9] <https://firebase.google.com/>
- [10] <https://gitlab.com/>
- [11] <https://discordapp.com/>
- [12] <https://trello.com/>
- [13] <https://www.google.com/drive/>

Datos de Contacto:

Nombre: Nadia Andino. Institución: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Dirección postal: Llerena 1460, Santa Fe, Santa Fe. E-mail: nadia_andino@outlook.com.

Impresora braille basada en software y hardware libre

Marcelo A. Bellotti, Ignacio Salariato, Luis Estigarribia

Universidad de la Marina Mercante, Argentina

Departamento de Ingeniería electrónica

Av. Rivadavia 2258, CABA. Argentina

mabellotti@udemmm.edu.ar

ignacio.salarinato@alumnos.udemm.edu.ar

luis.estigarribia@alumnos.udemm.edu.ar

Resumen

El presente trabajo pretende documentar el desarrollo integral de una impresora de caracteres Braille. El diseño innovador permite plasmar dos objetivos: tener un alto impacto social por su bajo costo y permite ser replicada por su carácter libre. El cabezal de impresión y el sistema de posicionamiento logran hacer impresiones con bajo ruido, destacándose frente a otros equipos. El diseño permite imprimir en diferentes tipos de hojas y no requiere mantenimiento. Su diseño libre permite el empleo de partes de impresoras en desuso, siendo económica y reproducible por personal técnico idóneo.

Palabras clave: Impresora Braille; Braille; Social; Arduino; Libre.

1 Introducción

La impresora Braille es un dispositivo que permite imprimir usando puntos estampados en papel, de modo que los no videntes puedan leerlo. El diseño innovador permite plasmar dos objetivos: tener alto impacto social por su bajo costo y permite ser replicada por su carácter libre.

La mayoría de las impresoras Braille funcionan por percusión produciendo un nivel sonoro alto. Este diseño funciona por estampado y presión, sin generar ruido y siendo más cómodo su uso.

2 Sistema de impresión

El sistema Braille consiste en un código de 64 caracteres, conformados por marcas palpables por el tacto. Cada caracter tiene una disposición y cantidad diferente de marcas inscriptas en un rectángulo, pudiendo tener un máximo de 6 marcas. Cada marca se logra haciendo una impronta en un lado de la hoja y en el reverso queda una deformación suficiente para poder

palparse. Finalmente el código corresponde a una matriz de 2 columnas y 3 filas de improntas, las combinaciones posibles de ausencia y presencia de cada marca da como resultado las 64 posibilidades o caracteres ($2^6 = 64$).

El sistema Braille fue evolucionando a medida que fue necesario comunicar mayor información. Sin embargo los caracteres siguen siendo los mismos y aumentaron las reglas de escritura.

2.1 Dimensiones de caracteres

Para la dimensión de la matriz Braille que respetan todos los caracteres imprimibles (modificando la cantidad de improntas), se siguieron los lineamientos de la *Comisión Braille Española* [1] y se adoptaron las medidas de la fig. 1.

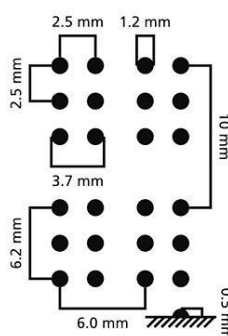


Fig. 1. Dimensión de la matriz Braille.

2.2 Tamaño de papel

El tamaño de hoja sobre el cual puede trabajar la impresora debe ser igual o menor a un tamaño A4 (210 mm de ancho y 297 mm de alto).

El equipo puede imprimir sobre papel comercial del tipo alcalino o de calcar, de gramaje de 75 g/m² a 120 g/m², rangos de fácil acceso. Por el tipo de impresión, donde las improntas se realizan en el reverso de la hoja que se desea imprimir, sólo puede imprimirse en un lado de cada hoja.

La disposición máxima de caracteres Braille que puede imprimir en una hoja A4 es de 27 caracteres de alto por 29 caracteres de ancho, dejando márgenes en todos sus extremos según se puede ver en la fig. 2.

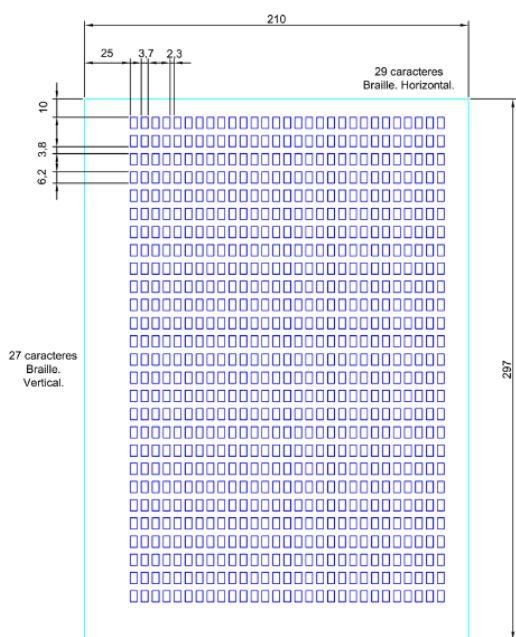


Fig. 2. Distribución de caracteres y márgenes en una hoja A4.

3 Diseño del Cabezal

Muchas impresoras Brailles comerciales utilizan sistemas por golpes, generando ruidos molestos para el personal que lo opera. Con intensidades sonoras del orden de 80 dB (Manual Everest-D V5 [2]).

El diseño del cabezal de esta impresora tiene un diseño innovador ya que no realiza la impronta por golpes, sino por presión a través de un motor eléctrico. Esta característica produce un bajo ruido durante la impresión además de un diseño de fácil reparación y nulo mantenimiento.

La matriz Braille es una matriz de 3 filas y 2 columnas que puede conformarse como 2 matrices de 3 filas y 1 columna cada una. De esta manera las combinaciones posibles de cada una de estas matrices son de 8 posibilidades ($2^3 = 8$). Aprovechando esta característica se diseñó una pieza de 8 lados, y en cada lado cuenta con una cantidad y disposición diferente de punzones, que a su vez realizan la impronta en el papel cuando se aplica presión. Cada combinación de las 8 posibilidades se realiza rotando esta pieza y dejando el lado correspondiente estático, posteriormente se genera la presión sobre la hoja logrando la impresión de medio carácter y en un segundo paso se termina el carácter completo.

La pieza en cuestión, denominada “rueda dentada” fue construida en material metálico de manera de tener mayor robustez. En la fig. 3 puede observarse el diseño.

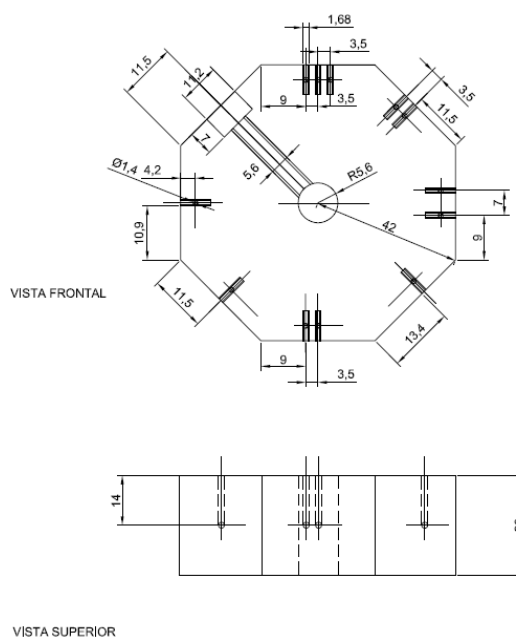


Fig. 3. Diseño de la rueda dentada.

Cada punzón fue sujetado a la rueda dentada a través de un prisionero en un lateral de la pieza metálica, de manera de poder modificar el largo libre del punzón y de esta forma poder hacer ajustes precisos y que todas las improntas tengan la misma profundidad.

El eje metálico donde está montado la rueda dentada, apoya sobre dos rodamientos que facilitan su movimiento. En uno de los extremos se acopla un motor paso a paso encargado de la rotación y posicionamiento de la rueda dentada según el requerimiento de impresión.

El sistema vinculado a la rueda dentada se montó sobre una placa metálica. En el extremo superior cuenta con un acople donde se vincula a un motor paso a paso a través de una rosca, permitiendo el desplazamiento vertical del cabezal y finalmente la profundidad de la impronta, este motor está montado sobre otra placa metálica. La vinculación entre las placas es a través de rodamientos lineales permitiendo el movimiento de manera vertical, es decir de altura de acuerdo a la rotación del paso a paso y su eje roscado a la primera placa.

Todos los rodamientos lineales son de bajo rozamiento y permiten que se trasladen los elementos sin esfuerzo de los motores paso a paso.

En la fig. 4 se puede observar el diseño esquemático del cabezal.

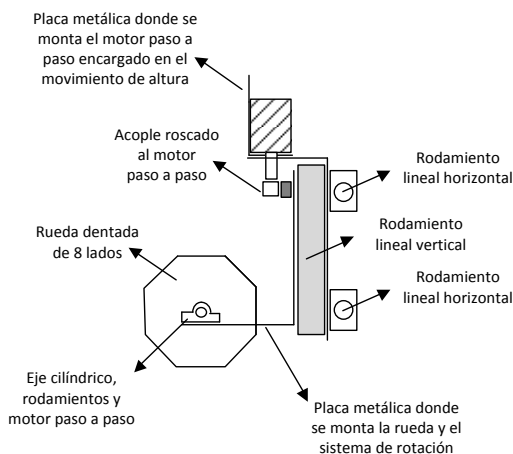


Fig. 4. Descripción del cabezal de impresión.

4 Diseño de la estructura

La estructura de la impresora debe cumplir tres requerimientos: robustez, bajo peso y ser económico. Un material que cumple con estos requerimientos es el aluminio, precisamente los perfiles extruidos de aluminio con formas geométricas que

aumenten su solidez y reduzca la cantidad de material, de manera de reducir su costo.

Se empleó perfiles extruidos utilizados en el ensamblaje de impresoras 3D, de manera de que sean de fácil acceso. La unión de los perfiles se realizó a través de escuadras de aluminio con montajes de bulonería.

El diseño estructural puede verse en la fig. 5, cuenta con las dimensiones suficientes para la impresión de hojas A4 y altura para colocar el sistema de tracción de papel, reutilizado de impresoras en desuso.

En el extremo de la estructura se montó el motor paso a paso encargado del traslado horizontal del cabezal. Este movimiento lo realiza a través de la rotación de un tornillo roscado, montado sobre rodamientos, que acoplado a un pieza roscada sobre la placa metálica del cabezal permite su traslado. También cuenta con finales de carrera en sus extremos para determinar los límites. Los puntos intermedios se logran con las rotaciones angulares del motor.

5 Sistema de tracción de papel

El sistema de tracción de papel fue reutilizado de una impresora de inyección de tinta (Inkjet) en desuso. El personal idóneo que quiera replicar este diseño debe desarmar la impresora en desuso e identificar si el sistema de tracción puede desmontarse, esto depende de cada modelo de equipo. Si es posible se debe corroborar que las dimensiones sean compatibles con los límites de la estructura.

El sistema de tracción que se empleó se encontraba en buen estado de conservación. Se limpió todas sus superficies y se lubricaron los mecanismos de rotación.

Sobre la estructura de la impresora se instaló soportes para montar el sistema de tracción. Estos cuentan con una graduación para poder ajustar diferentes sistemas de tracción de manera que el diseño sea versátil para diferentes modelos de impresoras en desuso.

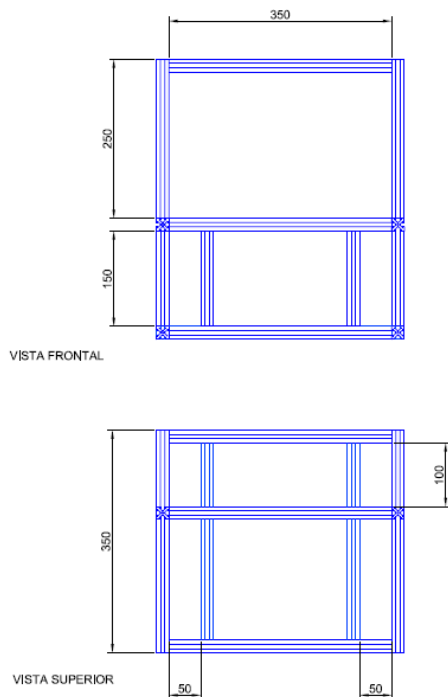


Fig. 5. Dimensiones de la estructura de la impresora.

6 Diseño del sistema electrónico

El sistema electrónico se diseñó de manera que sea fácilmente replicable y utilizando componentes económicos y accesibles.

6.1 Controladores de motores paso a paso

Para controlar cada motor paso a paso se empleó el circuito integrado DRV8825 de la empresa *Texas Instruments*, montado en una placa integrada de la empresa *Pololu Corporation*. Esta placa tiene integrada los componentes necesarios para poder accionarlos y limitar la corriente a valores seguros. En la fig. 6 se puede observar la placa del controlador con todos sus componentes.

6.2 Microcontrolador

El control de la impresora se realiza a través de un microcontrolador de 8 bits, se empleó el ATmega 2560 de la empresa *Atmel*. Se utilizó una placa Arduino Mega, de código abierto, económica y de fácil acceso. En la fig. 7 se puede observar la placa Arduino empleada.



Fig. 6. Placa controladora de motores paso a paso

6.3 Programación

El programa desarrollado se hizo en lenguaje C, en la plataforma IDE propia de Arduino. La comunicación para el envío de datos se hace a través de un puerto serial y un circuito integrado encargado de la gestión por USB.

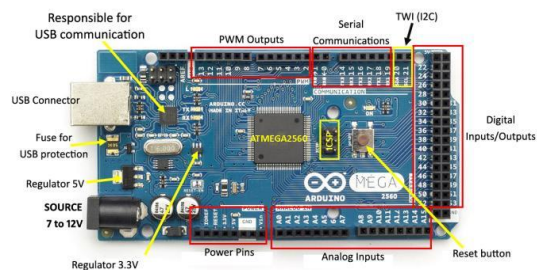


Fig. 7. Placa Arduino Mega

6.4 Circuitos de potencia

La alimentación de toda la impresora es a través de una fuente de conmutación de 220 VCA a 12 Vcc. Como parte del circuito también se incorporó un selector mecánico (llave) donde se puede conmutar la alimentación de la red eléctrica o de una fuente externa de 12 Vcc. permitiendo la alimentación con un circuito de paneles solares.

El conexionado de todos los componentes eléctricos (motores paso a paso, finales de carrera, sensores, etc.) se realiza por medio de conectores mallados y una placa de conexionado ampliamente utilizados en impresoras 3D de bajo costo. Se empleó la placa RAMPS 1.4, de fácil acceso y económica, esta placa contiene todo el conexionado utilizado para la impresora. Además tiene las conexiones para la placa de los controladores paso a paso.

En la fig. 8 se puede observar la placa de conexionado de los componentes eléctricos, se monta sobre la placa Arduino Mega aprovechando sus bornes.

La placa RAMPS 1.4 incorpora sus propias fuentes de 5 Vcc y 3,3 Vcc, a partir de la fuente general conmutada de 12 Vcc. Con estas tensiones también se alimenta el Arduino Mega.

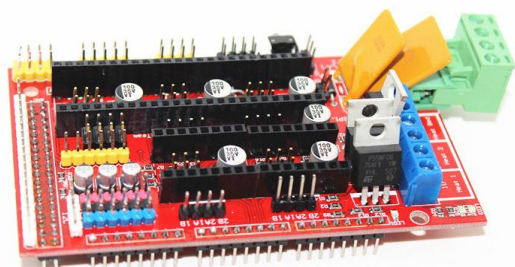


Fig. 8. Placa de conexionado RAMPS 1.4

7 Diseño de equipo de escritura autónomo

La impresora es un equipo que requiere el envío de datos, de manera que pueda procesar esa información y posteriormente imprimir los caracteres Braille. Para ello como un sistema integral se diseñó un equipo autónomo que permite redactar una hoja A4 y finalmente imprimirla.

Este equipo autónomo es considerablemente más económico que una computadora y permite la conexión con un teclado de computadora tradicional con conector PS/2. Cuenta con un display de cristal líquido de 20 columnas por 4 filas y permite la visualización de una línea completa de lo que puede imprimirse en Braille en la hoja A4, sólo permite el ingreso de caracteres que pueden ser reproducidos en el sistema Braille, incorpora las reglas propias del sistema (acentos, números y mayúsculas).

Sin perder de vista el objetivo social del proyecto se buscaron componentes económicos y de fácil acceso. Se empleó una placa Arduino Uno y una pantalla alfanumérica de cristal líquido con conexionado por protocolo I2C. La alimentación del equipo se realiza a través del mismo cable de datos de comunicación USB.

Este equipo permite conectarlo a la impresora Braille y trabajar todo el sistema sin la necesidad de contar con una computadora personal. En la fig. 9 puede verse el equipo.



Fig. 9. Equipo de escritura autónomo

8 Conclusiones o discusión abierta

La impresora Braille tiene un impacto social importante ya que además de ser un desarrollo con especial énfasis en que sea económica, versátil y robusta, tendrá el diseño mecánico, electrónico y los archivos fuente disponible en un repositorio de acceso libre [3] con disponibilidad bajo licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. De esta manera puede concretarse la posibilidad de que sea reproducida.

La impresora presentó un desafío importante, tanto desde la óptica técnica como de la gestión. Al ser un proyecto multidisciplinario, de fácil acceso y de construcción sencilla, hubo que contemplar constantemente la premisa de la economía, facilidad de acceso a los componentes y la dificultad de su construcción. Sin embargo se pudo concretar el objetivo de acercar un proyecto con contenido tecnológico a una aplicación social que lo requiere.

Agradecimientos

Agradecemos a los profesores de esta casa de estudio y en especial a las familias que siempre han acompañado el desarrollo del proyecto y la carrera.

Referencias

- [1] Documento técnico de parámetros dimensionales Comisión Braille Española. Primera versión, España. 2013.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

- [2] Manual users: Everest-D V5. Hantverkssvägen Gammelstad. Sweden. www.indexbraille.com.
- [3] Repositorio de toda la documentación del diseño de la impresora braille para poder ser descargado por quien lo desee, con licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional:
www.impresorabraile.simplesite.com
- [3] Signografía básica. Comisión Braille Española. Primera versión, España. 2013.
- [4] DRV8825 Stepper Motor Controller IC. Texas Instruments. Sweden. Abril 2010.
- [5] El manual de Arduino. Autor: Aliverti Paolo Editorial: MARCOMBO. Edición: 2016.
- [6] Sistemas Integrados con Arduino. Autor: Lajara Editorial: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR. Edición: 2013.
- [7] Taller de Arduino. Autor: Tojeiro Calaza German Editorial: MARCOMBO. Edición: 2014.
- [8] C para Ingeniería Electrónica. Autor: Jorge Argibay Editorial: CEIT. Edición: 2005.
- [9] Motores Paso a Paso. Autor: Conti Francisco Editorial: ALSINA. Edición: 2005.
- [10] Microcontroladores PIC CON programación PBP. Autor: Barra Zapata Franklin, Barra Zapata Omar Enrique Editorial: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR. Edición: 2011.
- [11] Robótica educativa. Autor: Ocaña Rebollo Gabriel Editorial: DEXTRA. Edición: 2018.

Architecture Virtual Reality tOOI – AVROO

Ortiz, Fernando Martin
Bravo, Agustin Emmanuel
Vittorio, Marcos Leon
Gonzalez, Gustavo Adrian
Roldan, Nahuel Jose

*Universidad Nacional de La Matanza, Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas.*

Abstract

En el presente documento se expondrá una herramienta orientada al área de la arquitectura ideada para agilizar el proceso de interacción con el cliente, generando una simulación previa a la construcción.

El profesional, mediante una aplicación web, podrá subir en formato IFC uno o más modelos 3D de la futura construcción y sus diferentes capas (Instalaciones eléctricas, sanitarias y de ventilación) con el objeto de detectar las diferencias entre ellos y armar conjuntos de opciones con los elementos que difieran a efectos de que el cliente pueda elegir el que mejor se adapte a sus necesidades. El cliente podrá, desde su smartphone, recorrer esa estructura que aún no ha sido construida físicamente y dejar notas en cualquier punto del modelo para que el arquitecto sepa en tiempo real lo que debe modificar generando un nuevo modelo IFC que puede ser exportado para su tratamiento en una herramienta de modelo.

Finalmente, el sistema genera información útil en base a los modelos, como pueden ser planos y lista de materiales necesarios para su construcción.

Palabras clave

Arquitectura, BIM, IFC, *Virtual Design and Construction (VDC)*, Realidad Virtual, A-Frame, WebGL, WebVR, Diff, Capas, Prototipado, Feedback, Web App, Mobile App.

Introducción

Los arquitectos generan modelos 3D basados en las necesidades de sus clientes, utilizando algún software disponible en el mercado para tal fin, como por ejemplo Revit o Archicad[2]. Dicho modelo es el que se utilizará como fuente de información para el sistema.

Para favorecer la interoperabilidad, los modelos deben construirse en herramientas que se basen en el marco de trabajo de la metodología BIM (Building Information Modelling), que propone la unificación de diversas disciplinas en torno a un mismo modelo centralizado [1].

Los programas que los arquitectos utilizan para trabajar con la metodología BIM permiten importar y exportar archivos de extensión IFC (Industry Foundation Classes) [3]. Este formato es el único admitido por nuestro sistema. En la Figura 1, se puede apreciar un extracto de un archivo IFC.

```
#14290= IFCQUANTITYAREA('GrossSideArea', $, $, 13.5);
#14292= IFCQUANTITYAREA('NetSideArea', $, $, 13.5);
#14294= IFCQUANTITYVOLUME('GrossVolume', $, $, 2.376);
#14296= IFCQUANTITYVOLUME('NetVolume', $, $, 2.376);
#14298= IFCQUANTITYAREA('GrossFootprintArea', $, $, 0.88);
#14300= IFCELEMENTQUANTITY('39Wringk_9C8gTzCyrj0Gw1', #29, 'BaseQuantities', $, $,
('14284', #14286, #14288, #14290, #14292, #14294, #14296, #14298));
#14305= IFCRELIEF='INESHPROPERTIESC' 3pBHL4_P10Hf0Lp_Fbr09J', #29, $, $, (#14122), #14300);
#14307= IFCMATERIALLAYERSETUSAGE('14105', .ATISSZ, .NEGATIVE, .0.1);
#14308= IFCDIRECTION((0, -1, 0));
#14312= IFCARTESIANPOINT((12, .7, 0));
#14316= IFCAXISPLACEMENT3D(#14312, #52, #14308);
#14320= IFCLOCALPLACEMENT(#2946, #14316);
#14323= IFCWALLSTANDARDCASEC('2Jw8B.Wv7L.Vv-B14z0_Vd', #29, 'Wand-019', $,
$, #14320, #14303, '35C73C96-40A7-4334-A6-A1-102EF027E380');
#14342= IFCARTESIANPOINT((0, 0, 0));
```

Figura 1 - Ejemplo de archivo IFC

Los archivos IFC contienen toda la información relativa a un proyecto en BIM, tanto los detalles técnicos, como la geometría del modelo 3D y materiales, entre otros, organizada en forma de grafo, y categorizada según la naturaleza de su contenido (estructura, plomería, aire acondicionado).

El arquitecto sólo debe exportar el modelo centralizado en formato IFC, y subirlo en la aplicación web para que el cliente pueda verlo desde su smartphone.

Durante la etapa de diseño de un proyecto de arquitectura, es frecuente que ocurran inconsistencias entre los requerimientos del cliente y la solución propuesta por el arquitecto. Al ocurrir dichas inconsistencias, se debe iterar sobre la solución planteada para reflejar lo más posible el deseo/requerimiento del cliente.

AVROO soluciona este problema agilizando las interacciones entre arquitectos y clientes.

Componentes

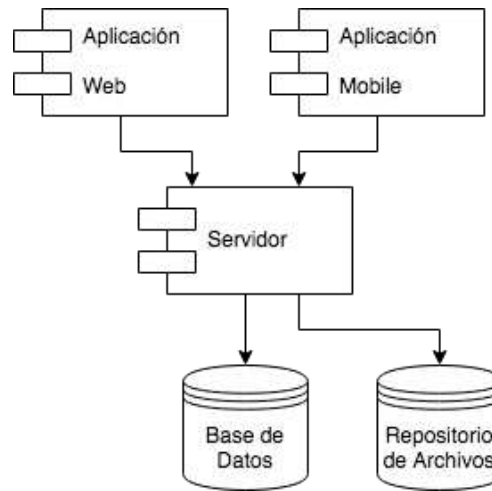


Figura 2 - Diagrama de componentes

El sistema fue desarrollado completamente utilizando tecnologías de código abierto, y consta de los siguientes módulos:

- a) Aplicación web: consiste en una interfaz de usuario desarrollada en ReactJS[4] y Typescript[5] donde los arquitectos pueden subir los modelos 3D que producen en formato IFC e interactuar con ellos. La visualización en realidad virtual se desarrolló utilizando los estándares abiertos WebGL[6] y WebVR[7], en la implementación de la biblioteca A-FRAME[8].
- b) Servidor: desarrollado en Node.js[9] y Typescript, es el componente encargado de procesar las consultas y actualización de la base de datos PostgreSQL[10]. En este componente se realizan las operaciones más importantes sobre los archivos IFC: obtención de las geometrías a representar en la

visualización en realidad virtual, planos e información sobre los materiales. El procesamiento de archivos IFC se realizó utilizando Python, y la biblioteca externa IfcOpenShell[11].

- c) Aplicación *mobile*: radica en una aplicación desarrollada en React Native[12] y disponible para iOS y Android, donde los clientes pueden visualizar, recorrer e interactuar con el modelo 3D por medio de realidad virtual. La aplicación móvil se encuentra orientada únicamente al cliente y permite la selección de opciones sobre el modelo, la visualización de capas y el intercambio de notas.

simplemente confirmar si el arquitecto comprende exactamente lo que necesita.

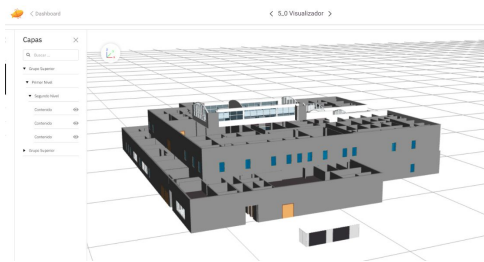


Figura 3 - Ejemplo de visualización

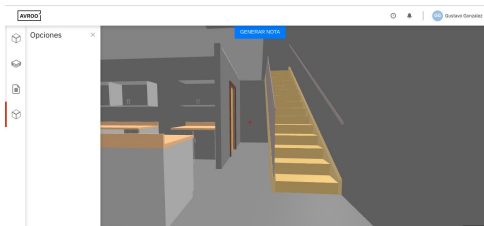


Figura 4 - Ejemplo de visualización

Visualización en VR del modelo 3D

Para la visualización en realidad virtual se utiliza el framework A-FRAME, el cual necesita los elementos a mostrar en formato obj. Debido a esto, el sistema extrae la geometría del archivo IFC subido por el arquitecto mediante la utilización de la librería externa IfcOpenShell la cual genera un archivo de extensión obj. De esta forma tenemos el modelo para ser visualizado tanto en la aplicación web como en la aplicación *mobile*.

La aplicación mobile será compatible con gafas de realidad virtual para una experiencia más inmersiva. De ésta manera el cliente podrá visualizar su proyecto y percibir áreas por cambiar o

Comunicación Arquitecto - Cliente

Tanto arquitecto como clientes pueden insertar notas escritas u orales. En AVROO, las notas constan de un título, descripción y punto del modelo 3D asociado a ellas. En el caso de estar usando cardboard, las notas deben ser generadas por comando de voz, utilizando el servicio de transcripción de voz a texto de Google Cloud Speech-to-Text. En caso contrario (sin cardboard), la nota debe ser escrita manualmente.

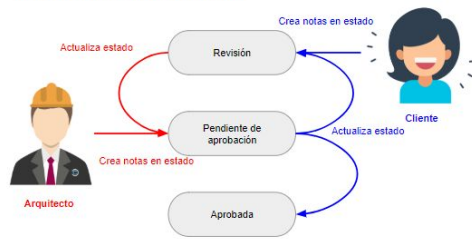


Figura 5 - Ciclo de vida de las notas

De esta manera, cada vez que se suba una nueva versión del modelo, el arquitecto puede cambiar de estado las notas del cliente. Por su parte, el cliente puede hacer lo mismo con las notas del arquitecto. El cliente es el único que puede llevar las notas al último estado (aprobada), en donde pasa a ser considerada un punto de discusión cerrado. El sistema mantiene actualizado un dashboard con las notas agrupadas por estados para su consulta desde las aplicaciones.

Elementos seleccionables en modelo 3D

AVROO permite al arquitecto subir varios modelos similares, donde difieran algunos elementos. Por ejemplo, el arquitecto puede subir dos modelos de una casa de dos pisos pero, uno con un determinado balcón y el otro con un balcón totalmente distinto.

Una vez cargados los archivos, el sistema ejecuta un algoritmo *diff* para encontrar las diferencias entre los archivos. El resultado es un IFC base, con la intersección de los elementos comunes, más un IFC por cada elemento diferente (estas serán las diferentes opciones).

De ésta manera, el cliente verá la misma casa desde la aplicación *mobile*, navegará entre las distintas opciones de balcón que el arquitecto diseñó y podrá seleccionar el que más le guste. Hecho ésto, el arquitecto podrá ver en su visualización las opciones elegidas por el cliente.



Figura 6 - Opciones en un mismo modelo

Además, el arquitecto podrá generar desde Avroo un nuevo modelo con las opciones elegidas por el cliente de forma automática, es decir, sin necesidad de tener que volver a editar su modelo 3D de forma manual. Para esto el sistema ejecutará un algoritmo para hacer un *merge* entre el IFC base y los IFC de los elementos seleccionados por el cliente. pero también se dará la posibilidad de descargar estos IFC por separado.

Capas del modelo

Siguiendo la metodología BIM, el modelo centralizado cuenta con las diferentes capas de la construcción (instalaciones eléctricas, sanitarias y de ventilación), además de la capa de diseño arquitectónico externo. Cada capa es un archivo IFC diferente.

El arquitecto puede subir al sistema todas las capas que crea necesario. Sólo debe indicar manualmente la capa a la que pertenece el IFC que está subiendo. Desde la aplicación *mobile*, se pueden seleccionar las capas a visualizar. Para esto, utilizamos las funcionalidades del framework A-FRAME para aplicar transparencia a las capas no seleccionadas, y mantener una opacidad del 50% en la capa externa de diseño para usar de referencia al momento de visualizar las otras capas.

Representaciones de planta

AVROO extrae los planos de cada modelo que se sube (un plano por cada planta que tenga la estructura) mediante el módulo externo IfcOpenShell, que permite extraer los planos en formato svg. Luego con la biblioteca `convert-svg-to-png`[13], el sistema convierte esos archivos svg a formato png para que se puedan ver tanto desde la aplicación web, como desde la aplicación *mobile*.

Generación de listado de materiales de construcción

Mediante un algoritmo de procesamiento del IFC el sistema podrá extraer la información necesaria para generar un listado de los materiales a utilizar y la cantidad requerida como por ejemplo, cemento, madera y cerámica. Dicho listado estará disponible solamente en la aplicación web del arquitecto para su visualización y descarga.

Elementos de trabajo y metodología

La metodología elegida para desarrollar AVROO fue el prototipado evolutivo en donde se realizaron entregas parciales de funcionalidades. El proceso comenzó por una serie de consultas con expertos en el área de Arquitectura y una profunda investigación sobre la tendencia BIM en el mercado y sus formatos de trabajo. A continuación trabajamos en reconocer los diferentes módulos necesarios a desarrollar, búsqueda y definición de tecnologías a utilizar y capacitación en las mismas. Por último, se definieron las etapas por las que iba a pasar AVROO. Cada una de éstas fueron divididas en tareas atómicas que, siendo planificadas en herramientas como Trello [14] y MS Project, sirvieron para un gran seguimiento y control del estado de nuestro desarrollo.

Conclusión

Por medio de la visualización en Realidad Virtual del modelo 3D y de los elementos seleccionables en dicho modelo, el cliente podrá tener un panorama mucho más preciso al momento de determinar si el avance en la edificación se condice o no con sus expectativas. Por otra parte, la generación de un nuevo modelo 3D con las opciones elegidas por el cliente, sumado a las notas que pueden ser insertadas dentro del modelo, agilizarán el proceso de retroalimentación que necesita el arquitecto para avanzar con el diseño de la construcción, disminuyendo la

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

posibilidad de desvíos en la planificación
por malos entendidos.

Referencias

[1]

Artículos sobre BIM en google scholar:

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:976573/FULLTEXT01.pdf>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816306041>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517301334>

Página oficial de BIM:

<https://www.buildingsmart.es/bim/>

[2]

Programas de modelado 3D:

<https://www.autodesk.com/products/revit/overview>

<https://www.graphisoft.es/archicad/>

[3]

Documentacion oficial sobre el formato IFC:

<http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/>

[4]

ReactJS

<https://reactjs.org/>

[5]

Typescript

<https://www.typescriptlang.org/>

[6]

Especificación de WebGL

<https://www.khronos.org/registry/webgl/specs/1.0/>

[7]

WebVR

https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebVR_API

[8]

Framework A-frame:

<https://aframe.io/>

[9]

Node.js

<https://nodejs.org/en/>

[10]

PostgreSQL

<https://www.postgresql.org/>

[11]

IfcOpenShell

<http://ifcopenshell.org/index.html>

[12]

React Native

<https://facebook.github.io/react-native/>

[13]

convert-svg-to-png

<https://www.npmjs.com/package/convert-svg-to-png>

[14]

Trello

<https://trello.com/>

Synaptive Rehabilitation

Plataforma de ejercitación, control y seguimiento para terapias de
neuro-rehabilitación

Batista, Facundo - facu.batista@gmail.com

Blanco, Juan Manuel - juani_blanco@hotmail.com

Giunta, Federico - federicoegiunta@gmail.com

Kennedy, Damián - dakenn@gmail.com

Rosenfeld, Diego - diegorosen@gmail.com

*Universidad Nacional de La Matanza, Departamento de Ingeniería e Investigaciones
Tecnológicas*

Abstract

En el presente documento se detalla la problemática presente en las terapias actuales de neuro-rehabilitación, haciendo foco en la patología de traumatismo craneo-encefálico, y cómo a través de la incorporación de la tecnología se puede mejorar la experiencia de los pacientes que estén realizando dichos tratamientos. La plataforma a presentar consta de dos partes: En primer lugar, una aplicación móvil desarrollada para celulares y tablets con sistema operativo Android, que ofrecerá ejercicios adaptados para terapias de neuro-rehabilitación, y mantendrá en contacto permanente a pacientes, familiares y profesionales de la salud. Por otro lado, cuenta con dispositivos hardware basados en sistemas embebidos que, orquestados por la aplicación móvil mediante bluetooth, representan en una matriz LED colores, números, letras y formas, a las cuales el paciente deberá tocar o aproximar su mano para interactuar en el ejercicio mediante los sensores de proximidad incorporados. Así se logra una dinámica más entretenida para los pacientes en rehabilitación, otorgando una nueva lúdica a las terapias, herramientas simples y efectivas para el seguimiento de los profesionales médicos, y la tranquilidad de los familiares de los pacientes de que el tratamiento funciona.

Palabras Clave

Neurorehabilitación, traumatismo craneoencefálico, TCE, arduino, android.

Introducción

El traumatismo de cráneo (TCE) es el daño cerebral que ocurre en forma súbita a causa de un golpe en la cabeza o por un elemento que la atraviese, así como también por una fuerte sacudida que hace que la cabeza y el cerebro se muevan rápida y repentinamente de adelante hacia atrás. El TCE provoca en el sujeto secuelas de rangos diversos de compromiso cognitivo, físico, emocional y conductual que afectan su desenvolvimiento en lo cotidiano, en lo laboral y en sus relaciones interpersonales.

Según la organización mundial de la salud, el TCE es la primera causa de discapacidad neurológica en adultos jóvenes. Además de 20 a 50 millones de personas por año padecen un TCE [1]. Por otro lado, en la República Argentina, se estiman 3 casos de TCE cada 1.000 habitantes [2]. A pesar de estos datos, se trata de una patología con una tasa de mortalidad reducida, por lo cual resulta fundamental una rápida intervención mediante un tratamiento de neuro-rehabilitación integral.

Los pacientes que realizan terapias de rehabilitación psicomotriz y logran recuperar parte de su movilidad y

capacidades cognitivas (pasando así a tener un diagnóstico post-agudo) deben recibir tratamientos cada vez más específicos, enfocados en su patología. Al mismo tiempo, comienzan a realizar ejercitaciones en su hogar para continuar con la recuperación en un ámbito más calmo y seguro para el paciente. En estos casos, los profesionales cuentan con pocas herramientas para medir el grado de avance de los pacientes. La mayor parte de las soluciones informáticas existentes brindan sólo la posibilidad de realizar ejercicios desde una aplicación para celulares, pero sin contar con un análisis exhaustivo de los resultados de cada una de las terapias. Además, los profesionales no tienen la posibilidad de conocer realmente cómo avanza el paciente cuando continúa con algunos ejercicios de rehabilitación en su hogar, por lo que se ven obligados a citarlos al instituto de rehabilitación para realizar el monitoreo correspondiente.

A continuación se describen los problemas que busca resolver el producto, su posicionamiento y una descripción completa de los interesados y usuarios finales:

PROBLEMA 1: Dificultad para asegurar la correcta realización de ejercicios cognitivos (sopas de letras, crucigramas, autodefinidos, entre otros) y motrices (de equilibrio, respuesta, reacción, entre otros) sin el apoyo presencial de profesionales de la salud.

- Afecta a: Pacientes en etapa post-aguda que realizan la rehabilitación en su hogar.
- Impacto del problema: La terapia puede resultar contraproducente, debido a una incorrecta puesta en práctica de los ejercicios, empeorando así su estado de salud.
- Solución: Contar con ejercicios estandarizados, predefinidos, validados por profesionales, y agrupados según diferentes

patologías, que combinen terapias cognitivas y motrices.

PROBLEMA 2: Imposibilidad para contar con resultados y grado de avance de los pacientes a distancia.

- Afecta a: Profesionales a cargo del seguimiento de pacientes post-agudos, con los cuales no tienen contacto físico cotidiano.
- Impacto del problema: El profesional se ve obligado a esperar a que el paciente asista a su siguiente cita en la institución, corriendo el riesgo de que hasta ese momento el paciente no avance en su recuperación como debería.
- Solución: Brindar información en tiempo real a los profesionales, manteniéndolos actualizados respecto de la evolución del paciente en su hogar.

PROBLEMA 3: Limitaciones para demostrar empíricamente la evolución de los pacientes.

- Afecta a: La institución (clínica, centro de rehabilitación, etc) a cargo de las terapias de rehabilitación.
- Impacto del problema: Debido a que los resultados de las terapias se registran de manera manual (sin un soporte digital) el progreso de los pacientes a lo largo de la rehabilitación puede quedar ligado a la subjetividad del profesional que lo acompañe en cada una de ellas.
- Solución: Al almacenar los datos de cada una de las rutinas realizadas, se podrá contar con resultados precisos que otorguen una visión acertada del grado de avance del paciente a lo largo del tiempo.

PROBLEMA 4: Dificultad para que el paciente realice los ejercicios con la periodicidad indicada:

- Afecta a: Paciente principalmente, por su falta de avance en la rehabilitación.
- Impacto del problema: Dado que las indicaciones para realizar los ejercicios (tanto cognitivos como motrices) se encuentran en papel, habitualmente los

pacientes se frustran, no logran entender los ejercicios, o les resultan tediosos.

- Solución: Otorgar una nueva lúdica a los ejercicios, para que se parezcan más a un juego, sin perder su carácter de ejercitación de rehabilitación.

Hardware

Desde el punto de vista físico, la plataforma está compuesta por dispositivos hardware que cuentan con diferentes componentes detallados a continuación:

- **Arduino Nano ATMEGA328P V3:** Es el cerebro de cada dispositivo físico y se encarga de manejar la lógica de ejecución de ejercicios mediante luces y sensores de movimiento. Recibirá órdenes de la aplicación móvil Android para llevar adelante las rutinas.
- **Modulo Bluetooth Hc05:** Permite hacer efectiva la comunicación entre la placa Arduino y la aplicación móvil Android.
- **Matriz Adafruit NeoPixel CJMCU-8*8:** A través de esta se representarán los diferentes colores, números, letras o figuras, para cada uno de los ejercicios de rehabilitación.
- **Sensor Ultrasonico Hc-sr04:** Mediante este el paciente podrá interactuar con los dispositivos, pasando su mano por el color, letra, número o forma correspondiente para que la plataforma defina la acción como un acierto por parte del usuario.
- **Bateria LIPO de 7,4 volt ACELP1800-2S1P-20C:** Otorga a los dispositivos una autonomía suficiente como para ser utilizados

sin conexión a la red eléctrica por hasta 4 horas.

- **Regulador de Tension L7805CV**
- **Interruptor**
- **Resistencia de 1K**
- **Resistencia de 2K**
- **Capacitor 100 nf**
- **Capacitor 10 uf**
- **Capacitor 100 uf**

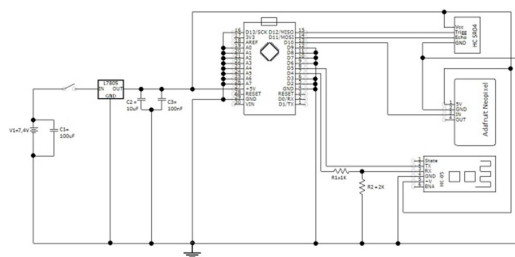


Figura 1 – Circuitos del dispositivo

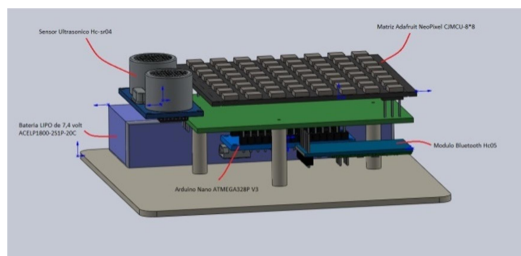


Figura 2 – Ensamblado de componentes

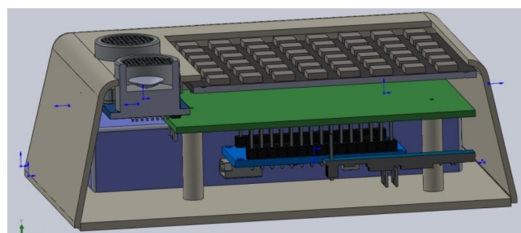


Figura 3 – Vista lateral del dispositivo

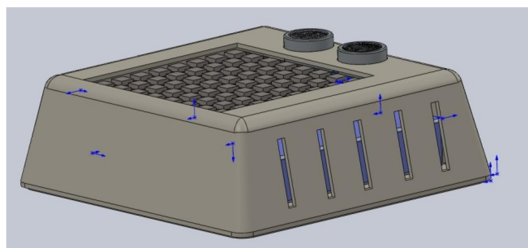


Figura 4 – Hendijas de ventilación



Figura 5 – Dispositivo inalámbrico listo para su uso



Figura 6 – Set completo de dispositivos inalámbricos en funcionamiento

El empaquetado de los dispositivos inalámbricos se realiza diseñando los planos correspondientes e imprimiéndolos en impresoras 3D con material ABS (plástico ecológico, económico y resistente). Para darles una mejor terminación se utiliza pintura “Primer” en aerosol.

La arquitectura del sistema fue diseñada con una mirada a largo plazo, garantizando su escalabilidad y mantenimiento. Se

realiza el diseño de los dispositivos físicos de manera tal que sean escalables, ejecutando las diferentes ejercitaciones que se vayan sumando al set inicial que ofrece la solución. Además, sus componentes podrán ser reemplazados fácilmente por proveedores diferentes a los elegidos en primera instancia, como las matrices led, sensores de proximidad, baterías y módulos bluetooth, entre otros. Inicialmente el sistema permite conectar desde 1 hasta 4 dispositivos de hardware, pero esta cantidad podría ser incrementada sin inconvenientes, por ejemplo debido al diseño de nuevas ejercitaciones que requieran una mayor cantidad de interacciones.

Se llevó adelante el desarrollo de la lógica de la placa Arduino Nano utilizando el entorno de desarrollo integrado (IDE) propio de Arduino [3].

Software

Los dispositivos físicos mencionados anteriormente son orquestados por una aplicación móvil desarrollada para dispositivos Android, que envía las órdenes para ejecutar las diferentes rutinas mediante luces, sonidos y sensores.

Ya que uno de los objetivos de la plataforma es adaptarse a las rutinas de rehabilitación recomendadas por los profesionales de la salud, se desarrolló la aplicación móvil utilizando un patrón de diseño “Factory”, lo cual permitirá una abstracción suficiente como para que el desarrollo e implementación de cada uno de los ejercicios se lleve a cabo de manera rápida y simple. De esta manera, los profesionales de la salud podrán contar con nuevos ejercicios en el menor tiempo posible.

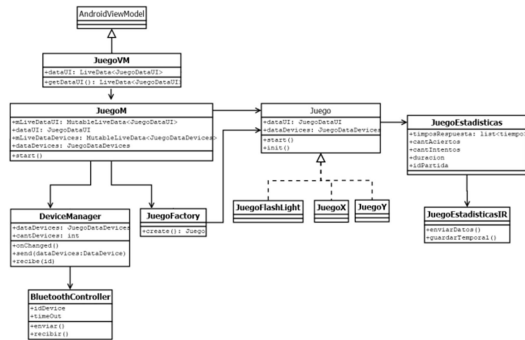


Figura 7 – Fragmento de diagrama de clases (Factory de Juegos)

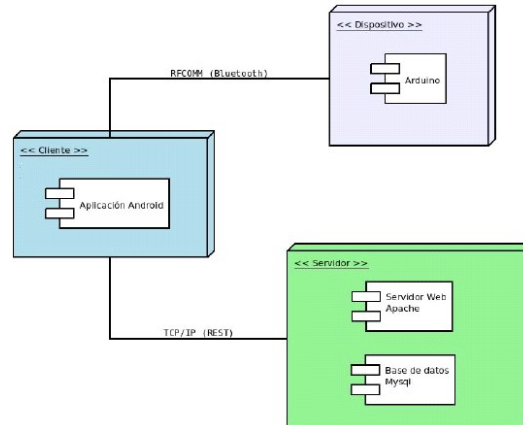


Figura 8 – Diagrama de despliegue

Además la aplicación se descompuso en clases con la mayor cohesión y el menor acoplamiento posible para que al crecer el código continúe siendo mantenible, utilizando el patrón de arquitectura de software modelo–vista–modelo de vista (model–view–viewmodel, MVVM), que se caracteriza por desacoplar lo máximo posible la interfaz de usuario de la lógica de la aplicación. [4]

Para el diseño y desarrollo de la aplicación móvil se tomó como referencia la guía de estilo Material.io de Google para unificar criterios estéticos y funcionales [5].

La arquitectura de la aplicación fue diseñada siguiendo las especificaciones de Android Architecture [6].

La aplicación móvil se comunica con los dispositivos físicos utilizando un protocolo Bluetooth RFCOMM (Comunicación por radio frecuencia).

Para persistir los datos de la aplicación, la solución cuenta con un servidor que almacena en la nube los datos recopilados por la aplicación móvil, de manera tal de garantizar la disponibilidad de los mismos.

Propuesta de uso de la solución

Cada paciente cuenta con un set de dispositivos físicos de manera que en cada ejercicio se representen diferentes colores, números, letras o formas en cada uno de ellos, y deba pasar su mano (o tocarlos, es indistinto) para que la aplicación lo detecte como un acierto.

Al utilizar la aplicación móvil en un dispositivo Android, puede acceder a una lista de ejercicios habilitados por su profesional a cargo. Al ejecutarlo, cuenta con una breve explicación y demostración del mismo en la aplicación, para luego proceder a realizarlo, interactuando con los dispositivos físicos pasando su mano por encima del que corresponda (o tocarlo) según el ejercicio en ejecución.

Por ejemplo, si se trata de un ejercicio de palabras cruzadas, la aplicación móvil muestra una letra faltante, y a continuación se representa en los cuatro dispositivos físicos cuatro letras distintas. Para acertar, el paciente deberá pasar su mano por arriba del dispositivo que corresponda, y así completar esa fase del ejercicio con éxito.



Figura 9 – Prototipo de ejercitación del paciente en conjunto con los dispositivos Hardware

En contraparte, puede realizar un ejercicio puramente motriz, por ejemplo para recuperar la capacidad de reacción, en cuyo caso los dispositivos físicos encienden su matriz de led de manera aleatoria, y el paciente debe pasar su mano para que el mismo se apague y se registre un acierto.

Esta lógica se replica no solo para los ejercicios mencionados, sino para otros como memotest, reconocimiento de colores y números, operaciones matemáticas, percepción, motricidad, equilibrio, entre otros, en donde el paciente podrá usar sus manos, brazos, piernas o pies, según corresponda a lo indicado por su profesional a cargo.

Por otro lado, los profesionales de la salud pueden acceder a la aplicación móvil para administrar sus pacientes a cargo, habilitando para cada uno de ellos diferentes ejercicios y niveles de dificultad cuando corresponda, además de visualizar el grado de avance de cada uno de ellos en tiempo real, gracias a diferentes reportes de seguimiento. Adicionalmente pueden agrupar los pacientes por datos demográficos, patología o grado avance en las terapias, para contar con grupos homogéneos al momento de asignar nuevos ejercicios o visualizar métricas de rendimiento.

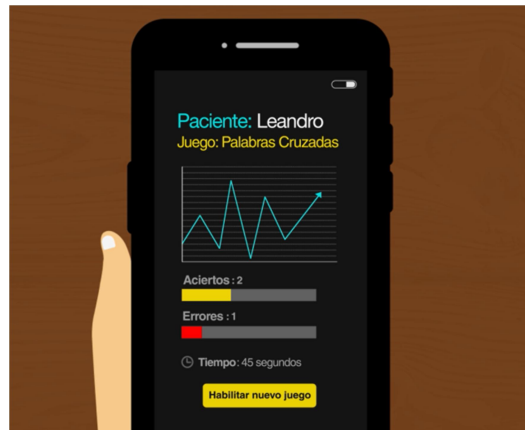


Figura 10– Pantalla del profesional de la salud con los avances de un paciente

Resultados

En el instituto de rehabilitación INECO [7] [8] nos recibió el Dr. Máximo Zimerman (Neurólogo - MN 107597) para conocer su modo de trabajo actual, comprender la vinculación entre profesionales de la salud, pacientes y sus familiares, y visualizar las problemáticas con las que se encuentra cada uno de ellos a lo largo de los tratamientos. Durante los últimos meses de 2018, la plataforma será utilizada por un grupo de pacientes para realizar los ejercicios de rehabilitación, con el objetivo de comparar luego sus resultados contra los de un grupo de pacientes que continúe utilizando los métodos de rehabilitación tradicionales.

Trabajos Relacionados

En primer lugar, existen actualmente plataformas de entrenamiento que permiten llevar a cabo la planificación, ejecución y seguimiento de ejercicios o rutinas orientadas específicamente a mejorar el rendimiento físico de los atletas. Un ejemplo de esto es NeuralTrainer [9]. Por otro lado, existen en el mercado algunos productos de software creados para realizar ejercitaciones de tipo cognitivas, habitualmente desde dispositivos móviles. De todos modos su uso no es masivo

debido a que su ámbito de aplicación es acotado. Un caso particular de estas aplicaciones es Stimulus [10]. Ninguna de estas aplicaciones cubre una neuro-rehabilitación integral, combinando ejercicios de índole cognitiva y motriz a la vez. Además, no cuentan con una versatilidad suficiente como nuestra solución para adaptarse a nuevas ejercitaciones y metodologías de rehabilitación.

Conclusión y Trabajos Futuros

Tenemos la fuerte convicción de que nuestro proyecto representa una gran oportunidad para poner al servicio de la salud nuestros conocimientos y nuestro ímpetu innovador.

Gracias a la buena predisposición con la que nos recibió el instituto de rehabilitación INECO la plataforma ya cuenta con un set inicial de ejercicios analizados y validados por el equipo médico, definiendo para cada uno de estos algunos parámetros como la duración, objetivo y reglas del juego, modos de dificultad, área de salud que trata el ejercicio (atención, concentración, equilibrio, memoria, etc) y condiciones de aprobación. A medida que el proyecto avance, se adicionarán ejercicios al set, para abarcar la mayor cantidad de áreas cognitivas y motrices.

Sumado a esto, creemos que el hecho de encontrarnos en el contexto de un proyecto de fin de carrera de Ingeniería, le otorga un impulso adicional, ya que a partir de los lineamientos definidos por la cátedra y del seguimiento y apoyo de los docentes tutores, el equipo llevará adelante el desarrollo de la solución, atravesando diferentes etapas y cumpliendo con metas definidas a principios de 2018, para obtener como resultado un producto que sea una

síntesis de los diferentes conocimientos, habilidades, técnicas y herramientas adquiridos a lo largo de la carrera.

Precisamente en línea a las metas mencionadas, es que el proyecto ya cuenta con un prototipo básico de funcionamiento, que nos permite realizar validaciones y revisiones tempranas con los futuros usuarios.

Agradecimientos

- Nuestra universidad, junto con los docentes y tutores que nos acompañan con el proyecto que se presenta en este documento.
- Miembros del equipo administrativo y médico del instituto de rehabilitación INECO.
- Gabinete médico del instituto de rehabilitación ULME.
- Familiares de Leandro, quién sufrió un TCE y fue en quién nos inspiramos para llevar adelante el proyecto.

Referencias

1. Traumatismos de cráneo de acuerdo a la OMS: <http://www.who.int/bulletin/volumes/87/4/08-052290/es/>
2. Traumatismos de cráneo de acuerdo al Hospital J.A. Fernández: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-14732006000100003
3. Manuales Arduino Nano: <https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano>
4. MVVM en Android: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/viewmodel>
5. Guías de estilo de Google para desarrollo de aplicaciones móviles: <https://material.io/>
6. Lineamientos de Google para arquitectura de aplicaciones móviles: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/>
7. Instituto de rehabilitación INECO: <http://www.ineco.org.ar/>
8. Neurorehabilitación según el instituto INECO: <http://www.ineco.org.ar/clinica-de-neurorehabilitacion/>

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

9. NeuralTrainer:
<https://www.neuraltrainer.com/>

10. Stimulus App: <https://stimuluspro.com/>

S.I.O.S. Sistema Integral de Ofertas de Servicios.

**Canizo, Dante Castronovo, Martín Gonzales, Nicolas
Roco, David Ruiz, Sebastián**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.

Resumen

El Proyecto Final de la carrera Ingenuera en Sistemas de Información, Sistema Integral de Ofertas de Servicios (SIOS), da solución a dos problemáticas planteadas en la ciudad de Mendoza, una por parte de los oferentes de servicios y otra de las personas que necesitan contratar un servicio determinado. No todos los oferentes de servicios poseen los medios para difundir su oficio o profesión y proporciona una mayor inserción en el mercado. El cliente que desea contratar un servicio determinado tiene escasas alternativas, debido a que acceden a estos normalmente por recomendación de algún conocido y con escasa experiencia comprobable. La solución tecnológica que brinda este sistema es una plataforma virtual automatizada para potenciar la oferta y la demanda de servicios formales e informales, permitiendo a los oferentes una mayor difusión y a los solicitantes, filtrar búsquedas de acuerdo con su cercanía geográfica, valoración o experiencia previa demostrable.

Palabras Clave

Servicios, Requerimientos, Plataforma virtual, Mercado, Oferta, Demanda, Valoración de oferentes y demandantes, Trabajo, Búsqueda filtrada.

Introducción

Cualquier persona habrá notado que es muy difícil conseguir varias alternativas de mano de obra especializada, para la realización de un trabajo específico que satisfaga sus necesidades. Por otro lado, para las personas que se están iniciando en un oficio es muy difícil conseguir una cartera de clientes rápidamente, lo que ocurre normalmente es que los clientes que necesitan un “servicio” deben solicitar a personas conocidas contactos de oferentes del servicio, que puedan realizar el trabajo que necesitan. Esta tarea es muy tediosa para los clientes, ya que dependen de un tercero para poder satisfacer sus necesidades.

El sistema contempla la registración de oferentes de servicios, para poder estar a la vista de todos los demandantes, los cuales podrán contactarlo y elaborar un juicio de valor sobre el grado de satisfacción percibido por los servicios prestados. De esta forma, el resto de los demandantes podrán ver las valoraciones de cada uno de los oferentes al momento de buscar la mejor alternativa.

Por su parte, los demandantes de los servicios podrán consultar a los oferentes según la ubicación actual de los mismos y valorarlos según los trabajos realizados. Si el demandante del servicio encuentra un oferente de su interés podrá contactarlo con previa registración de este en el sistema.

La propuesta será gratuita para ambos participantes, con excepción de los oferentes que deseen aparecer primeros en las búsquedas, los cuales deberán abonar un precio estipulado por publicidad de sus servicios.

Elementos de Trabajo y Metodología

Para dar solución a la presente problemática planteada se desarrolló una aplicación web, con los beneficios de adaptabilidad de resoluciones de pantalla que esta tecnología ofrece para adaptarse mejor a la gran variedad de dispositivos que se encuentran en el mercado. La dinámica del sistema es la siguiente:

- El Cliente para realizar el contacto con el oferente, deberá ingresar al sistema sin previo registro en el mismo. Este ofrecerá realizar filtros de búsqueda, los cuales una vez ingresados serán evaluados por el

mismo y se mostrará una lista de oferentes según dichos filtros, también se ofrecerá de manera destacada los oferentes que pagaron por publicidad en las búsquedas siempre que cumplan con la ubicación ingresada en los filtros del sistema. Una vez que el cliente elige el oferente, podrá contactarlo, pero previamente deberá registrarse en el sistema, de manera que los datos del cliente lleguen por mail al oferente y éste pueda responder a la solicitud del cliente.

- El oferente podrá aceptar la solicitud o rechazarla según sus posibilidades de tiempo. Una vez hecho el contacto, el sistema comenzará una cuenta de tiempo denominada “demora”, la cual el cliente una vez realizado el trabajo ingresará al sistema y registrará la demora de realización del trabajo de parte del oferente, como así también podrá comentar sobre el trabajo realizado por el mismo y además podrá valorar del 1 al 5 según su conformidad sobre el trabajo.
- El Cliente también tendrá la oportunidad de realizar una publicación de un servicio que necesite en el sistema.
- Los oferentes podrán realizar ofertas para esta publicación indicando el presupuesto. Finalmente, el cliente, de acuerdo a la mejor oferta, podrá contactar al oferente con el fin de avisarle que aceptó su presupuesto.

La dificultad por parte del oferente se da debido al escaso alcance que tiene este para cubrir el mercado, debido a que la demanda de sus servicios se limita a las personas que ya tienen su contacto por haberlo contratado anteriormente, o por otras que accedieron a él mediante recomendación de estos últimos. En síntesis, se busca ampliar la llegada de cada oferente con su respectiva rama u oficio, a las personas que potencialmente necesiten de sus servicios. lo que generará

un incremento en sus ingresos. De esta manera, el oferente tendrá la posibilidad de registrarse en la web, cargando sus datos personales, para luego detallar los servicios que se prestarán. Así, estará a la vista de todas las personas que ingresen al sistema, aumentando la posibilidad de ser más demandado en el mercado, aún por personas que no tengan contacto directo o hayan llegado a él por recomendación. Además, este, tendrá también la posibilidad de valorar al cliente, una vez prestados sus servicios, según el trato recibido y pago realizado.

Entre las funcionalidades que tenemos en cuenta para nuestro sistema a desarrollar, es que no sea solo el demandante de servicios quien le envía una solicitud a un oferente seleccionado para contratarlo, sino también, que el demandante pueda publicar un aviso y sean los oferentes quienes ofrezcan sus servicios al demandante. Esto facilitará al demandante el hecho de poder elegir quien realice el trabajo que desea. Una vez que se publicó un aviso del requerimiento, los oferentes podrán realizar ofertas para realizar el trabajo, por ejemplo; si un usuario pone como requerimiento que necesita un albañil para poder hacer una churrasquera en su domicilio, los albañiles registrados en el sistema que estén interesados en realizar el trabajo publicado ofertarán cuánto es lo que cobrarán y en cuánto tiempo lo realizarán. Lo último deja a elección del usuario demandante a quien contratarán según el precio y tiempo de terminación del trabajo.

Otra de las funciones que pensamos que pueden diferenciarnos con los sistemas relevados es el manejo de Google Maps [1], para que se puedan visualizar con claridad la ubicación y cercanía de los oferentes de servicios que se buscan.

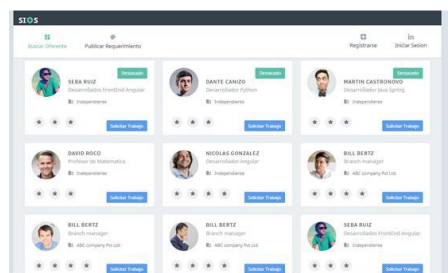


Figura 1. Búsqueda de oferentes.

Las tecnologías principales utilizadas para el desarrollo de la aplicación son:

- ✓ Framework de backend es Java Spring [2]. Lenguaje de programación es JAVA.
- ✓ Framework de frontend es Angular[3]. Lenguaje de programación es JavaScript, CSS y HTML.
- ✓ La base de datos que trabajamos es MySQL[4].
- ✓ GitHub[5] para gestión de la configuración y versionado.
- ✓ Google Drive [6] y Whatsapp [7] para la comunicación de directivas del equipo de trabajo.
- ✓ Junit [8], Jmeter [9], Jenkins [10], Selenium para realizar el testing de la aplicación.
- ✓ API de Google Maps para obtener la ubicación geográfica.
- ✓ API de Mercado de Pago para realizar las transacciones monetarias.
- ✓ Microsoft Project 2010 [11] para la administración y gerenciamiento de los recursos del proyecto

La metodología del proceso unificado de software elegida es la tradicional, que consta con 9 etapas:

1. Inicio.
 - 1.1 Formación del equipo de trabajo.
 - 1.2 Proposición de ideas de aplicaciones.
 - 1.3 Evaluación de las propuestas.
 - 1.4 Selección de propuestas.
 - 1.5 Definición del proyecto.
2. Relevamiento.
 - 2.1 Investigación de aplicaciones similares.
 - 2.2 Investigación de paginas web, con características similares a la aplicación a desarrollarse.
 - 2.3 Investigación y diagnóstico de la situación actual.
 - 2.4 Identificación de necesidades y problemas.
3. Planificación.

3.1 Definición de las funcionalidades de la aplicación.

3.2 Identificación de perfiles, puestos y funciones.

3.3 Definición de la estructura organizacional del equipo.

3.4 Definición de esquema de reuniones y de comunicación del equipo.

3.5 Selección de estrategias de versionado.

3.6 Definición de los alcances y límites de la aplicación.

3.7 Definición de los módulos del sistema.

3.8 Definición de tareas.

3.9 Estimación de tiempos de tareas.

3.10 Definición de la secuencia de tareas.

3.11 Asignación de tareas a los miembros del equipo.

3.12 Formulación del plan del proyecto.

4. Factibilidad.

4.1 Definición y descripción de recursos para cada actividad.

4.2 Capacitación sobre tecnologías para desarrollar el sistema,

4.3 Confeccionar el diagrama de Gantt.

4.4 Análisis de factibilidad.

4.5 Análisis de riesgos.

4.6 Análisis de impacto ambiental.

5. Análisis.

5.1 Definición detallada de cada funcionalidad.

5.2 Definición del modelo de dominio de la aplicación.

5.3 Definición del modelo de CU.

5.4 Definición del diagrama de clases de la aplicación.

5.5 Identificación de las entradas y salidas del sistema.

6. Diseño.

6.1 Definición de objetivos y alcances definitivos.

6.2 Definición del modelo funcional.

6.3 Diseño de los módulos.

6.4 Definición del modelo de clases del diseño.

6.5 Diseño del modelo de datos.

6.6 Diseño de las GUI.

6.7 Diseño de pruebas unitarias de los módulos.

6.8 Diseño de las pruebas de integración.

6.9 Diseño de pruebas de carga.

6.10 Diseño de pruebas de seguridad.

7 Desarrollo.

7.1 Definición de tecnologías.

7.2 Desarrollo de módulos.

7.3 Ejecución de pruebas unitarias de módulos.

8 Pruebas.

8.1 Ejecución de pruebas unitarias del sistema.

8.2 Ejecución de pruebas de carga del sistema.

8.3 Ejecución de pruebas de seguridad del sistema.

8.4 Retroalimentación de las pruebas.

9 Implementación.

9.1 Diseño de implementación del sistema.

9.2 Realización del plan de capacitación.

9.3 Elaboración de manuales de usuarios y capacitación.

9.4 Carga inicial de datos.

9.5 Implementación del sistema.

Cada etapa esta subdividida en actividades y tareas, las cuales están cargadas y programadas en el diagrama de Gantt junto a los recursos disponibles. La duración del proyecto es de 180 días.

El organigrama de la empresa para llevar a cabo el proyecto es el siguiente:

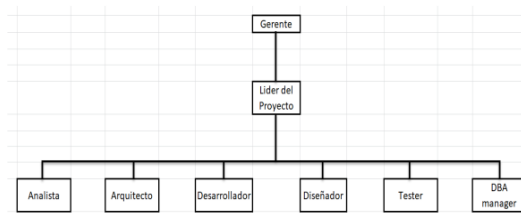


Figura 2. Organigrama.

La formación del equipo de trabajo se indica en la tabla 1. Los autores de dicho proyecto intercambiaron los roles de cada puesto para llevar a cabo el mismo.

Puesto	Cantidad
Líder	1
Analista	2
Arquitecto	1
Diseñador	2
Desarrollador	4
DBA	1
Tester	2

tabla 1. Composición del equipo de trabajo.

El código se encuentra en un repositorio online llamado GitHub, cuyo motor de versionado está basado en git, cada integrante del equipo tiene un repositorio local de trabajo.

La documentación se encuentra en Google Drive y su versionado se realiza de forma manual.

S.I.O.S. es un sistema que se ha dividido en back-end y front-end para poder permitir mayor flexibilidad y adaptación a los posibles cambios o nuevas características que pueden llegar a surgir. Debido a la configuración antes mencionada, se puede optar por instalar el front-end y back-end en el mismo servidor o también instalarlo en servidores distintos. El front-end consume los servicios del back-end a través de HTTP, dado que se ha utilizado Spring framework, que permite serializar y poder utilizar el back-end como una API. Al tener esta estructura lo único que se requiere es indicarle al front-end en qué dirección se encuentra el back-end para que este pueda acceder.

Para la visualización del front-end se instala un servidor Tomcat para servir o entregar todas las páginas web que le sean solicitadas

por el navegador, asegurando que se desplieguen todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento y visualización. Tomcat es un software de código abierto, libre de uso y totalmente configurable, es en este momento el más utilizado en la red, ya sea en plataformas Linux o Windows. Al instalarlo dispondremos de un servidor completo, con todos los requisitos para ejecutarlo de forma local.

Trabajos Relacionados.

El sistema vincula principalmente la oferta y la demanda de servicios. Este segmento del mercado no está bien explotado a nivel regional, si bien hay una gran cantidad de aplicaciones y e-commerce orientadas al mercado electrónico de productos, los servicios han quedado relegados a los clasificados de los diarios de noticias (Diario UNO, Los Andes, MDZ, Páginas Amarillas, etc.). El sistema S.I.O.S. conforma una búsqueda inteligente para el demandante de un servicio proporcionada por de diversos filtros (Cercanía geográfica, rubro, valoración, experiencia, destacados, disponibilidad). Ver figura 3.

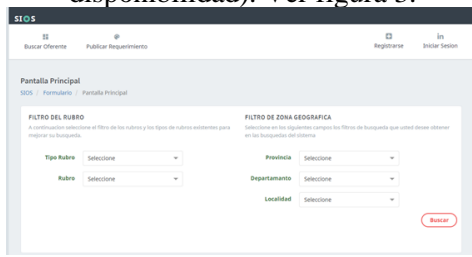


Figura 3 Filtros.

Para diseñar el perfil del usuario se relevaron sistemas que funcionan muy bien como LinkedIn in [12] y GuudJob [13] que brindan una interfaz simple y completa para el usuario registrado. Ver figura 4.

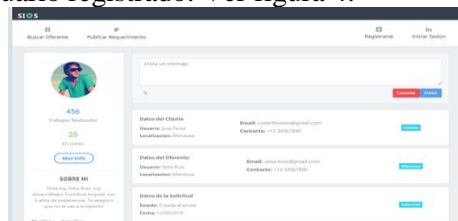


Figura 4 Perfil Usuarios.

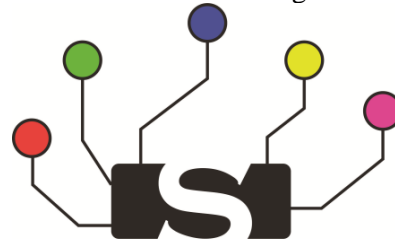
Conclusión y Trabajos Futuros

La solución propuesta se ve reflejada en:

- Una mayor llegada al cliente por parte de los oferentes de servicios que trabajan de forma independiente para insertarse de forma eficaz en el mercado laboral.
- Una reducción del tiempo de búsqueda de un oferente, por parte del cliente.
- Un mayor número y mejor calidad de oferentes, dispuestos al servicio del cliente.
- Posibilidades de nuevos ingresos para los nuevos oferentes que quieran insertarse por primera vez en el mercado laboral.

Si bien están planteados los alcances del sistema puede dar lugar a una mejora en ofrecer la forma de pago a través de tarjeta de crédito en la plataforma (no desarrollado en esta planificación).

Para la puesta en marcha del sistema en región geográfica se necesita un fuerte apoyo en el área de Marketing.



Sistema Integral de Ofertas de Servicios
Figura 5. Logo del Sistema.

Agradecimientos

Agradecemos a la cátedra de Proyecto Final, Mag. Lic. Alejandro Vázquez, Lic. en Sistemas de Información Gustavo Manino, Ingeniero Raúl Moralejo e Ingeniero Diego Villa por guiarnos en el desarrollo del proyecto final y motivarnos a nuestra superación personal como profesional. Siendo claros ejemplos y modelos a seguir.

Referencias.

- [1] Google Maps. <https://www.google.com.ar/maps>
- [2] Java Spring. <https://spring.io>
- [3] Angular. <https://angular.io>
- [4] MySQL. <https://www.mysql.com/>
- [5] GitHub. <https://github.com/>
- [6] Google Drive. <https://www.google.com/drive/>
- [7] Whatsapp. <https://www.whatsapp.com/>
- [8] Junit. <https://junit.org/junit5/>
- [9] Jmeter. <https://jmeter.apache.org/>
- [10] Jenkins. <https://jenkins.io/>
- [11] Microsoft Project 2010. <http://www.microsoft.com/>
- [12] LinkedIn. <https://www.linkedin.com/>
- [13] GuudJob: <https://www.guudjob.com/>

Sistema de Gestión y Seguimiento de Alumnos en Transportes Escolares

Narosky Leandro, Pavelek Marcos, Rombolá Julián,
Spezzirri Emiliano, Spir Leandro

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Resumen

El sistema propuesto se concentra en el transporte escolar. El objetivo es brindarle a aquellas personas que envían chicos a la escuela a través de este medio, una plataforma específica que les permita tener información sobre los viajes y su estado, brindándoles así seguridad, confianza y tranquilidad con respecto al traslado de los estudiantes. Podrán conocer en tiempo real la ubicación del medio de transporte donde se encuentre el chico, así como mantener un registro de los horarios de subida y bajada del mismo, e incluso recibir notificaciones cuando el vehículo se encuentre cerca.

Además, a los choferes o empresas de transporte les permitirá realizar la gestión de sus recorridos, optimizando incluso las rutas a realizar. También cuenta con un sistema de navegación, que le brindará al conductor instrucciones durante el viaje, es decir, lo guiará de forma que el chofer pueda poner toda su atención en la tarea de conducir.

El sistema está conformado por una aplicación web a la que accederán padres y choferes, una aplicación móvil que deberá estar presente en el vehículo (para conocer su ubicación y guiar al chofer), así como también una aplicación para los estudiantes, cuya función es que sean detectados automáticamente al subir o bajar del vehículo, aunque su uso es opcional.

Palabras Clave

Transporte escolar, ubicación en tiempo real, localización, base de datos en tiempo real, optimización de recorridos, navegación, Nearby.

Introducción

Actualmente muchas personas optan por contratar los servicios de algún transporte escolar que se encargue del traslado de chicos entre sus hogares y la escuela a la que asisten. Usualmente la comunicación

con los choferes o empresas de transporte se realiza por medio de las vías de comunicación habituales, en lugar de existir un sistema específico para esto.

Las herramientas que existen hoy en día permiten no sólo generar una nueva plataforma que satisfaga esta necesidad, sino que además otorgan la posibilidad de mejorar la calidad del servicio tanto para quienes lo brindan (choferes o empresas) como para quienes lo contratan.

El sistema desarrollado consta esencialmente de tres componentes:

➤ *Aplicación Web*

El portal web sirve para que los padres o familiares de los chicos ingresen y registren la información necesaria para poder llevar a cabo la organización de los recorridos por parte de las empresas de transporte, así como también registrar eventualidades (es decir, indicar que determinado día el chico no concurrirá a la escuela).

Es utilizada además por los choferes para la gestión de los recorridos.

➤ *Aplicación móvil para Choferes*

Deberá estar presente en el medio de transporte y contar con acceso a internet.

Tiene un sistema de navegación que guía al chofer durante el recorrido (similar a un GPS), y le permite acceder a la información sobre los alumnos. Además es necesaria tanto para llevar un control de pasajeros

como para que desde la web pueda conocerse su ubicación en tiempo real.

➤ *Aplicación móvil para Alumnos*

Su función es detectar automáticamente cuándo los alumnos suben al transporte, y el momento en que descienden del mismo. Sin embargo, su utilización no es obligatoria.

Funcionamiento

La aplicación para Alumnos únicamente interactúa con la aplicación para Choferes, y lo hacen por medio de Google Nearby[1]. Esta tecnología utiliza señales de Wi-Fi, Bluetooth y ultrasonido para determinar cuándo dos dispositivos están lo suficientemente cerca para conectarse (radio de 30 m), por lo que no requiere internet para su funcionamiento.

En este caso, la aplicación chofer funciona como *anunciante* (acepta conexiones), y las aplicaciones alumnos como *descubridores* (solicitan conectarse), y se utiliza para validar y registrar a los pasajeros en el sistema.

La aplicación móvil de choferes y la web se conectan a una misma base de datos de Firebase Firestore[2].

Se utiliza una base de datos Cloud en tiempo real que brinda principalmente dos ventajas:

- Abstracción con respecto a la infraestructura, concurrencia, escalabilidad y seguridad (Cloud).
- Acceso a datos constantemente actualizados desde cualquier punto de acceso, en simultáneo (Tiempo Real).

La particularidad de que sea en tiempo real es la que nos permite hacer el seguimiento de los vehículos y conocer su ubicación desde la web. Es decir, la aplicación de chofer actualiza cada breves períodos de tiempo sus coordenadas en la base de datos, la misma a la que se conecta la web, pudiendo acceder así a sus cada vez nuevas coordenadas, manteniendo el sincronismo.

En cuanto al sistema de navegación en la aplicación de chofer, se hace uso del sistema que provee Mapbox[3] para ese propósito.

La optimización de recorridos se refiere a un problema conocido frecuentemente como "Problema del viajero"[4] (Travelling Salesman Problem), donde la complejidad para su resolución aumenta de manera exponencial de acuerdo a la cantidad de puntos que forman el recorrido:

Entre 2 puntos $[i, j]$ existe una distancia D_{ij} . En este caso, dado que cada calle tiene un sentido, $D_{ij} \neq D_{ji}$. Existen entonces 2 distancias para cada par de puntos a unir.

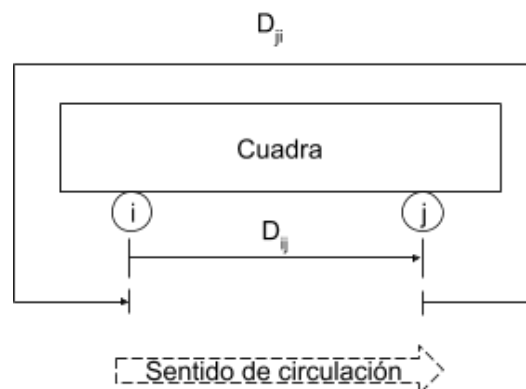


Figura 1: Ejemplo de distancias.

Siendo N la cantidad de puntos a unir, la cantidad de distancias total = $N \times (N - 1) = N^2 - N$

Luego, la cantidad de combinaciones posibles = $N!$ (factorial de N)

De forma que, cuanto mayor sea la cantidad de puntos a optimizar, mayor será el procesamiento necesario.

Existen, finalmente, distintas propuestas para intentar solucionar este tipo de problemas de la manera más eficiente posible, algunas implican el uso de algoritmos de Inteligencia Artificial (algoritmos genéticos, colonia de hormigas), otras proponen el uso de heurísticas, programación lineal, etc.

En este caso se optó por resolverlo utilizando únicamente una matriz de

distancia euclidiana, en lugar de utilizar una matriz considerando sentido de calles y tráfico, ya que era más simple, y era lo suficientemente útil para resolver el problema que buscábamos solucionar, y no requería tener un mapa de todo el mundo alojado localmente, que debe mantenerse actualizado constantemente. Para encontrar la solución sobre esa matriz, se utilizó una librería llamada Jsprit[5], la cual está especializada en logística de transporte. Mediante técnicas de optimización lineal es capaz de encontrar una serie de soluciones para minimizar la distancia de recorrido.

A partir de esto se llega a una lista de localizaciones ya ordenadas, y se envían a una API para solicitar una ruta, ahora si, considerando el tráfico y el sentido de las calles. De esta forma se logra hacer sólo un pedido a la API con N puntos, en lugar de necesitar una matriz de $N \times N$ que requeriría los $N \times (N - 1)$ pedidos. Es importante destacar que debido al sentido de circulación de las calles, como fue previamente mencionado, el costo de transporte de A a B, es distinto que de B a A, por lo cual la matriz de costos no es simétrica.

Es decir, si se quiere organizar la ruta para 50 puntos, la primera aproximación requería realizar 2450 cálculos de ruta, mientras que al sólo utilizar la distancia euclidiana, esto se reduce a tan sólo 49 cálculos de ruta. Esta optimización permite utilizar siempre datos actualizados, y no tener que almacenar los resultados por varios días, por lo cual es mucho menos probable que la ruta obtenida incluya calles cortadas o problemas de tráfico, y hace mucho más sencillo modificarla si se añade algún alumno nuevo, o alguno no puede asistir.

Los usuarios podrán informar cuando algún alumno no vaya a asistir a clase. El principal objetivo de esta función es que, teniendo en cuenta la eventualidad, la ruta pueda ser replanificada automáticamente para que dicho día el chofer no concurra innecesariamente a su domicilio.

Esto busca, por un lado, evitar que los padres olviden notificar al chofer ya que podrán hacerlo en cualquier momento. Y por otro, quitar el riesgo de que sea el chofer quien olvide la eventualidad, además de evitarle la tarea de tener que pensar un nuevo recorrido para dicho día.

Para esto, las eventualidades son registradas en la base de datos, indicando el día al que se refiere.

Luego, antes de que el chofer comience un recorrido, se consultan estas eventualidades. En caso de existir alguna que le corresponda, se modifica automáticamente el recorrido, es decir, se lo vuelve a optimizar pero sin tener en cuenta al alumno indicado.

Conclusión y Trabajos Futuros

No existen sistemas similares en nuestro país, y esto se debe, en parte, a la inexistencia hasta el momento de tecnologías o herramientas que lo permitieran. Es decir, los nuevos y recientes desarrollos son los que nos han permitido llevar a cabo el trabajo. Sin ellos, hubiera sido sumamente difícil de realizar, tanto por cuestiones de tiempo como de esfuerzo.

Si bien los componentes utilizados de terceros (mapas, navegación, etc.) podrían ser construidos, de forma que no se dependa de agentes externos, su construcción sería demasiado costosa, ya que se trata de proyectos que han requerido mucho tiempo para funcionar como lo hacen, y con la robustez y seguridad que brindan.

Por otro lado, si bien este sistema es para transporte escolar, el modelo, con ciertas modificaciones, podría ser aplicado en otros casos, como por ejemplo, transporte público, empresas privadas de transporte o turismo, brindando a sus usuarios información sobre la ubicación o demoras de las unidades, mejorando así la percepción de estos, y, por lo tanto, la calidad del servicio [6].

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Futuras mejoras deberán tener en cuenta la optimización de recorridos la cual ha sido simplificada para esta primera versión inicial utilizando la distancia euclidiana. La utilización de algoritmos más complejos podrían resultar en un recorrido más eficiente en términos de recursos y tiempos.

Referencias

- [1] <https://developers.google.com/nearby/>
- [2] <https://firebase.google.com/products/firestore/>
- [3] <https://www.mapbox.com/navigation/>
- [4] https://es.wikipedia.org/wiki/Problema_del_viajante
- [5] <https://jsprit.github.io>
- [6] http://civitas.eu/sites/default/files/civitas_ii_policy_advice_notes_11_public_transport_quality_es.pdf

Datos de Contacto:

Narosky Leandro: leandro.narosky@gmail.com

Pavelek Marcos: marcos.pavelek@gmail.com

Rombolá Julián: julian.rombola@outlook.com

Spezzirri Emiliano: Spezzirriemiliano@gmail.com

Spir Leandro: leandrospir@gmail.com

Construcción de un sistema de asistencia a personas con limitaciones motrices basado en tecnología BCI y Arduino

Gonzalez Portillo, María
Nuñez, Eduardo Gabriel
Russo, Julián

Universidad Nacional de La Matanza

Abstract

En el presente documento se explicará el proceso de construcción y diseño del producto Neurotools, un sistema para mejorar la calidad de vida de personas con limitaciones motrices. La patología de estudio es la Escoliosis Degenerativa, aunque el producto podría ser utilizado en usuarios con otras patologías tales como la Paraplejía, Cuadriplejía, Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) o alguna otra mientras no sufran alguna parálisis facial periférica, neuropatía trigeminal secundaria, lesiones en el tronco del encéfalo o espasmos hemifaciales [15].

El usuario principal podrá interactuar por medio de gestos faciales o de estímulos visuales (generados gráficamente por nuestra aplicación móvil) con un conjunto de funcionalidades tales como: controlar la dirección motriz de una silla de ruedas; encender o apagar artefactos eléctricos y electrodomésticos que se encuentren conectados al módulo de domótica; cambiar los canales de un televisor; enviar mensajes predeterminados por SMS a un contacto; leer libros digitales.

Palabras clave

EEG (electroencefalograma), EMG (electromiografía), BCI (Brain computer Interface, Interfaz Cerebro Computadora), domótica, Arduino, autonomía, control, calidad de vida, Escoliosis Degenerativa, Paraplejía, Cuadriplejía, Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA).

Introducción

En Argentina existen más de 1.200.000 personas con limitaciones motrices, según

el último censo realizado por INDEC en el 2010 [1]. Muchas de estas personas no pueden realizar actividades cotidianas por sí mismas y dependen de un tercero que los asista y de una silla de ruedas para desplazarse.

Este proyecto tiene como intención mejorar la calidad de vida brindando mayor autonomía e integrando a su entorno a estas personas brindando la posibilidad de controlar diversos dispositivos sin necesidad de usar las manos.

Neurotools es un producto adaptable que puede acoplarse y desacoplarse a una silla de ruedas eléctrica, a la cama del usuario principal o a la de un hospital.

Fue construido con una ideología *Open Source*, para permitir que quien lo desee pueda seguir desarrollando, potenciando y complementando nuestro producto.

Composición general

Neurotools está compuesto por distintos módulos y componentes:

- **Casco BCI:**

Es la interfaz cerebro computadora. Se compone del casco Ultracortex EEG Mark IV [3], Open Source e imprimible en 3D. Su diseño mapea el

cerebro según el sistema internacional 10-20 [16] permitiendo conectar los electrodos en la posición correcta. En éste se acopla la placa de biosensado Cyton [2] cuyo objetivo es sensar la actividad cerebral (EEG) [13] y la actividad muscular (EMG) de la persona y transmitir los datos por bluetooth al módulo de procesamiento.

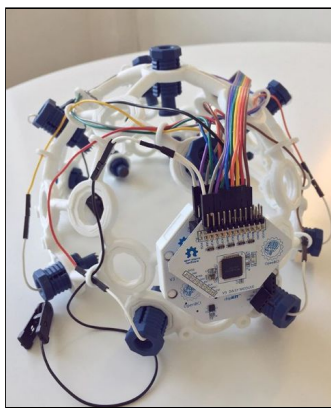


Figura 1 - Casco BCI Mark IV

- **Aplicación móvil:**
Es la interfaz gráfica con la que interactúan los usuarios. Expone gráficamente las funcionalidades y se encarga de generar estímulos visuales para permitir al usuario poder seleccionar la funcionalidad que desea utilizar sin necesidad de usar las manos o la voz.

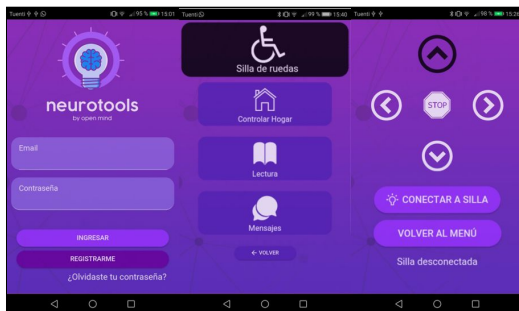


Figura 2 - App Neurotools, módulos implementados bajo testing

Posee dos perfiles:

- El perfil destinado al usuario principal (quien posee alguna limitación motora) podrá interactuar con las siguientes funcionalidades:

- Control motriz de la silla de ruedas.
- Envío de mensajes SMS predeterminados.
- Lectura de libros digitales.
- Control doméstico.
- Monitoreo y salud.

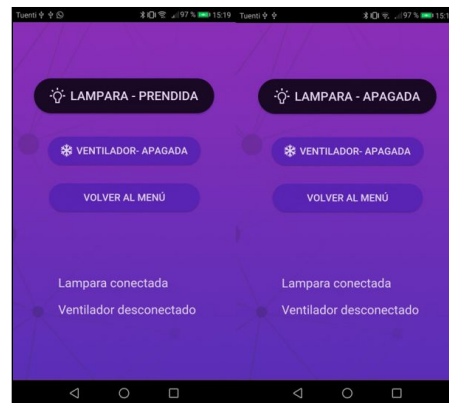


Figura 3 - App Neurotools, módulos implementados bajo testing

- Un perfil para el usuario administrador o monitor, quien se encargará de configurar el perfil del usuario principal, realizar la carga de libros digitales y el resto de las configuraciones para el envío de alertas y mensajes. También podrá utilizar las funcionalidades del usuario principal interactuando de manera touch con la aplicación.

- **Módulo de procesamiento:**
Desarrollado en Processing [4][5] y ejecutándose en Windows, es quien recibe los datos EEG y EMG sensados digitalizados por el Casco BCI.
Se encarga de procesar e interpretar los datos detectando la “*intención de acción*” que desea realizar el usuario para interactuar con alguna de las funcionalidades provistas por el sistema, y transmitirle al módulo de control qué orden debe ejecutar.
- **Módulo de control:**
Compuesto por una placa Arduino Mega [6], es quién por bluetooth recibe del módulo de procesamiento qué acción debe replicar sobre la silla de ruedas (avanzar, retroceder, girar hacia la izquierda o derecha, detenerse).

En esta fase del proyecto, desarrollamos un prototipo que simula el desplazamiento de una silla de ruedas. Integra como componente principal la placa Arduino Mega, encargada del procesamiento de control; dos sensores ultrasónicos HC-SRO4 para detección de obstáculos; un módulo bluetooth JDY-09/AT-09 BLE [10] de bajo consumo; dos motores de 6V; una placa doble puente H (L298N) [8]; un portapilas de 4 pilas AA con interruptor incluido.

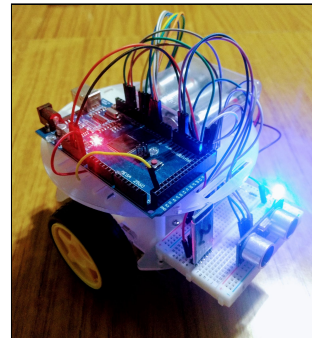


Figura 4 - “Wall-E”, prototipo de silla de ruedas

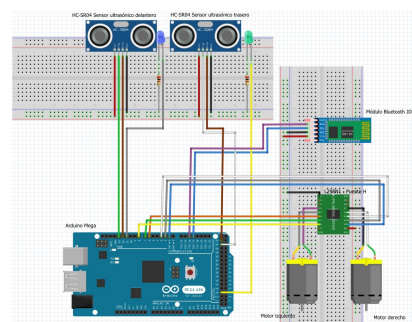


Figura 5 - “Wall-E”, prototipo de silla de ruedas - Diagrama de conexión - vista de protoboard

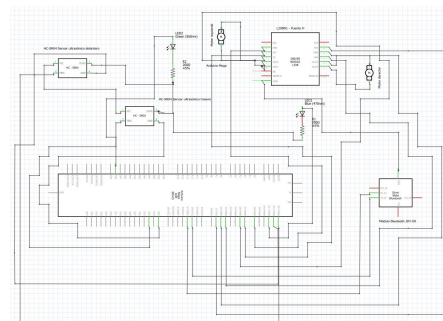


Figura 6 - “Wall-E”, prototipo de silla de ruedas - Diagrama de conexión - Vista esquemática del circuito

- **Interruptor bluetooth para control doméstico:**
Podrá controlarse el encendido y apagado de cualquier dispositivo que necesite conectarse a la red eléctrica para abastecerse de energía para su funcionamiento. Solamente debe enchufarse al

interruptor bluetooth en vez de directamente a la red eléctrica. El interruptor recibe a través del módulo bluetooth HC-05 [11] la orden de encendido o apagado enviada por el módulo de procesamiento. Es la placa Arduino Nano [7] quién procesa la orden recibida y activa o desactiva un módulo relé encendiendo o apagando al dispositivo conectado.



Figura 7 - Vista externa del prototipo de interruptor bluetooth

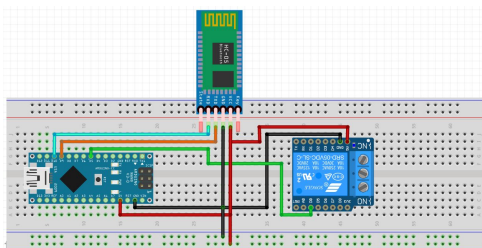


Figura 8 - Diagrama de conexión del interruptor bluetooth - Vista protoboard

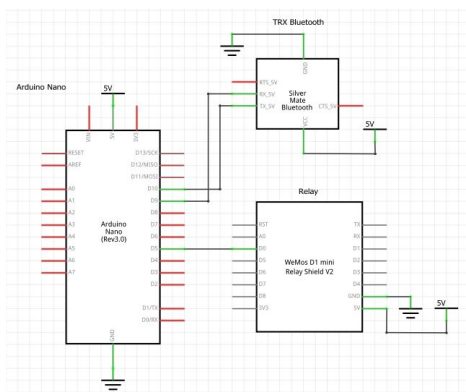


Figura 9 - Diagrama de conexión del interruptor bluetooth - Vista esquemática del circuito

Funcionamiento general

El usuario principal deberá tener colocado el casco BCI, mientras que en la tablet (ensamblada en la silla de ruedas, a la cama o sobre una mesa por ejemplo) estará ejecutándose la aplicación móvil. Por el momento, el usuario podrá interactuar con el sistema por medio de gestos faciales.

- **Gestos Faciales (EMG):**

La electromiografía es la técnica de registro gráfico de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos.

El usuario principal podrá interactuar con el grupo de funcionalidades expuestas por la aplicación móvil por medio del guiño intencional de sus ojos:

-Guiño del ojo derecho: le permite desplazarse sobre las opciones que figuran en pantalla en la aplicación móvil.

-Guiño del ojo izquierdo: le permite seleccionar la opción que desee que el sistema ejecute.

El casco BCI sensa constantemente la actividad EMG, la digitaliza y envía al módulo de procesamiento. Cuando el usuario realice adecuadamente alguno de los gestos descritos, el sistema detectará la *intención de acción* del usuario al querer realizar una acción con una funcionalidad del sistema (mover la silla a izquierda, apagar una luz, etc.).

Una vez identificada, si el objetivo es sobre una funcionalidad de la aplicación móvil, replicará la *intención de acción*

gráficamente: desplazará el cursor a la siguiente opción en sentido horario, abrirá un libro digital o enviará un SMS predeterminado.

En el caso de que la *intención de acción* tenga como objetivo interactuar con algún dispositivo emparejado por bluetooth al sistema, se enviará el comando de acción vía bluetooth al módulo correspondiente. Su módulo Arduino de procesamiento lo interpretará y aplicará al mismo en su módulo de control.

En el apartado de la EMG también logramos detectar el guiño simultáneo de ambos ojos, y nos encontramos realizando pruebas para detectar el apretado de dientes, los cuales podrían ser utilizados para realizar nuevos comandos.

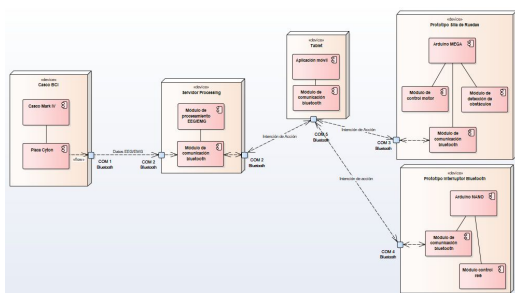


Figura 10 - Comunicación entre módulos

También nos estamos enfocando en el desarrollo y pruebas de un módulo en la aplicación móvil que pueda ser controlado por medio de Potenciales Evocados Visuales de estado estable y Potenciales Evocados P300:

- **Potenciales evocados visuales (EVP - EEG):**

Son potenciales reconocidos sobre la corteza visual, derivados de una respuesta cerebral a un estímulo visual. Los VEP de estado estables (SSVEP)

son respuestas periódicas causadas por la presentación repetida de una serie de estímulos visuales a una frecuencia superior a los 6 Hz. No requieren entrenamiento.

Para este caso, alguna funcionalidad será representada por una imagen en la aplicación móvil y se encontrará parpadeando a una frecuencia determinada. Cuando el usuario se enfoque visualmente en ésta, se generará una respuesta cerebral de cierto potencial.

- **Potenciales evocados P300 (EEG):**

Es un pico de amplitud que aparece en el EEG aproximadamente 300 ms después de haber producido un estímulo auditivo o visual poco frecuentes.

Las pruebas realizadas consistieron en dos fases, la fase de entrenamiento y la fase de prueba/resultado. Para la primera fase se coloca al usuario frente a un monitor en el que se muestra una matriz de letras y números. El programa ilumina aleatoriamente alguno de los caracteres de la matriz con el objetivo de que el usuario se concentre visualmente en éste. Luego se iluminan las filas y columnas. Cuando se ilumina la fila/columna donde se encuentra la letra en la que el usuario está enfocando, se genera el estímulo P300. Durante esta fase, se entrena un módulo de inteligencia artificial, para luego realizar las pruebas/resultados. Una vez entrenado el sistema, se vuelve a correr el programa y se espera que el sistema, una vez generado el

estímulo P300 en el usuario, detecte fehacientemente sobre cuál caracter el usuario se encuentra enfocado.

Alimentación

Su función es la de proveer de energía suficiente y segura a todos los componentes de los dispositivos de acuerdo a las respectivas necesidades de cada uno de ellos.

Cada módulo requiere de una configuración de alimentación particular.

La *placa de biosensado Cyton*, que se acopla al casco Mark IV, debe ser alimentada entre 3-6V, en nuestro caso optamos por 4 pilas AA. Proyectamos a futuro reemplazar el módulo de alimentación por una Batería de polímero de iones de litio - 3.7v 500mAh.

El *interruptor bluetooth* [9] se conecta a la línea de alimentación 220 Vca, y permitirá o no el flujo de la misma hacia el dispositivo que se le haya conectado.

Internamente posee una fuente de alimentación que tiene como entrada los 220 Vca (precisamente necesita 100-240 Vca a 50-60Hz y 0.35A) y entrega a su salida 5V 2.0A, suficiente para alimentar al Arduino Nano, relé y módulo de bluetooth.

El prototipo de silla de ruedas “Wall-E”, requiere para su correcto funcionamiento de un conjunto de 4 pilas AA que le brindan 6V. Alimentan tanto a la placa Arduino Mega como al puente H L298N, es por medio de éste que se alimentan a los dos motores que requieren entre 6-12V para funcionar. Para esto, se activa el jumper de selección de 5V del L298N, así el módulo permite una alimentación de entre 6V a 12V DC. Como el regulador se encuentra activo, el pin marcado como

+5V tendrá un voltaje de 5V DC. Este voltaje es utilizado para alimentar a la placa Arduino Mega y componentes conectados a la misma siempre y cuando el consumo no sea mayor a 500 mA.

Resultados

Actualmente nos encontramos controlando una aplicación android, el encendido y apagado de dispositivos y el control motriz direccional del prototipo “Wall-E” haciendo uso del guiño intencional del ojo derecho y del ojo izquierdo del usuario. Pronto tendremos funcional el módulo de lectura de libros digitales.

Continuamos realizando pruebas con SSVEP con el objetivo de poder generar un estímulo visual que genere un potencial EEG detectable, pero hasta el momento conseguimos un 60% de éxito en ellas. Las pruebas constan en mostrar al usuario tres cuadrados de color rojo en un monitor. La aplicación aleatoriamente le indica al usuario que se concentre y fije la vista en alguno de ellos, el cuál comenzará a titilar a cierta frecuencia (10, 12 y 15 Hz cada imagen) durante unos segundos hasta que le indique cuál es la siguiente imagen en la que deberá hacer foco. Por detrás se encuentra un módulo de inteligencia artificial que va aprendiendo prueba tras prueba con el objetivo de que el sistema detecte rápidamente en cuál cuadrado el usuario se encuentra visualmente enfocado.

No obtuvimos buenos resultados en la ejecución de pruebas P300, en las que se requiere invertir mucho tiempo de entrenamiento. Por lo que continuaremos a

futuro con el análisis y pruebas aplicando esta modalidad.

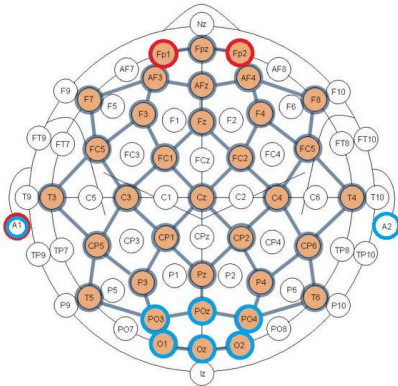


Figura 11 - Mapeo cerebral 10-20 [16]. En rojo se detallan los nodos Fp1, Fp2 y A1 utilizados para sensar el guiño de ambos ojos, en celeste A1 A2, PO3, POz, PO4, O1, Oz, O2 los nodos utilizados para P300 y SSVEP.

Con respecto al Casco Mark IV, al ser su diseño Open Source, puede rediseñarse a gusto del usuario mientras se respeta la distribución 10-20 [16] de los electrodos. De esta manera podría realizarse un diseño con un motivo para niños y otro para adultos. Al ser impreso en 3D puede variarse el material y color del mismo para la impresión. En nuestro caso utilizamos PLA, un plástico reciclable y biodegradable procedente de maíz o patata.

Discusión

Los resultados iniciales son positivos y el costo del prototipo que permite el control del sistema con EMG ronda los u\$S 600. La versión que permite el control con EMG y SSVEP a futuro, proyectamos que costará u\$S 1000. Ambos sin la adaptación en la silla de ruedas. Apuntamos con este proyecto de investigación a demostrar que es factible el uso de tecnología BCI [14] para facilitarle a nuestros usuarios la realización de ciertas tareas cotidianas que

al momento solo pueden realizarlas de manera parcial y con ayuda de un tercero. Además puede ser utilizado como complemento en tareas de rehabilitación en hospitales, centros especializados o en hogares particulares.

Debido al costo y fase del prototipo, buscaremos inversores e interesados públicos o privados, obras sociales, eventos que promocionen startups que deseen ayudarnos a continuar con nuestra misión y visión como empresa. Nuestro producto promocionaría el uso de una tecnología que aún no está instalada masivamente en el mercado.

Conclusión

Las pruebas demuestran que es posible construir un sistema de asistencia a personas con limitaciones motrices utilizando la tecnología BCI integrada con un módulo de control Arduino.

Podremos brindar mayor autonomía y mejor calidad de vida a los usuarios al integrarse con el entorno que los rodea permitiéndoles controlar diversos dispositivos por sí mismos.

Nuestro proyecto construido con una ideología Open Source permite inclusive mejorarlo en el futuro.

Debido a estas características y a que es un proyecto de interés a la comunidad, se espera que el proyecto reciba contribuciones y aportes de miembros de distintas comunidades en torno a la ingeniería, discapacidades motrices, organismos estatales, etc. lo cual abre las puertas a una gran posibilidad de continuar

investigando y mejorando el sistema y así poder acercar una alternativa a quienes más lo necesitan.

Agradecimientos

El equipo de desarrollo desea agradecer a las siguientes personas y entidades:

- Universidad Nacional de La Matanza.
- Paola, quien sufre de escoliosis degenerativa avanzada y su mamá Lucy por permitir entrevistarlas.
- El Dr. Sergio Pampin, jefe de neurocirugía funcional del Htal. Posadas.
- Ing. Juan Pablo Travi, Máster en Biotecnología, parte del grupo de neurocirugía del Hospital Nacional Posadas.
- Dra. Eva Maldonado, especialista en Estímulos Visuales del Hospital Nacional Posadas.
- Edgardo Marcelo Conteri dueño de Flexicar. Se especializan en la fabricación de Sillas de Ruedas y Equipos para electroestimulación. Quién nos abrió las puertas de su fábrica y proporcionó un equipo con el cual a futuro podremos integrar nuestro prototipo.
- Fernando Larroquette y Gustavo Silva por encargarse de la logística y proveernos de los componentes BCI.
- Daniel Cundari, Carolina Vicente y su equipo de trabajo de Circo Studio del Polo Tecnológico de la UNLaM, quienes realizaron la impresión 3D de los cascos Mark IV.
- Leandro Iraizoz, diseñador gráfico.
- Docentes de la Cátedra Proyecto final de carrera.
- Maximiliano Downar, Fernando Cardeira, Santiago Galera, nuestro grupo de tutores.
- Familia y amigos del grupo de desarrollo.

Referencias

1. Censo Nacional realizado por el INDEC en 2010.
https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=4&id_tema_2=32&id_tema_3=70
2. Documentación de la placa de biosensado Cyton.
<http://docs.openbci.com/Hardware/02-Cyton>
3. Documentación del Mark IV.
<http://docs.openbci.com/Headware/01-Ultracortex-Mark-IV>
4. Cyton SDK.

- http://docs.openbci.com/OpenBCI%20Software/04-OpenBCI_Cyton_SDK
5. Software Open BCI.
<https://openbci.com/index.php/downloads>
6. Arduino MEGA.
<http://Arduino.cl/Arduino-mega-2560/>
7. Arduino NANO.
<http://Arduino.cl/Arduino-nano/>
<https://saber.patagoniatec.com/2014/12/arduino-nano-328-arduino-atmega-clon-compatible-arduino-argentina-ptec/>
8. Puente H L298N.
<https://www.promotec.net/l298n/>
<https://electronilab.co/tutoriales/tutorial-de-uso-driver-dual-l298n-para-motores-dc-y-paso-a-paso-con-arduino/>
9. Módulos Arduino bluetooth.
https://naylorlampmechatronics.com/blog/10_Tutorial-de-Arduino-y-sensor-ultras%C3%B3nico-HC-S.html
10. Modulo Arduino bluetooth AT-09 BLE.
<https://www.promotec.net/bluetooth-le/>
11. Modulo Arduino bluetooth HC05
<https://www.promotec.net/bt-hc05/>
12. OpenBCI con OpenVIBE.
<http://blog.jfrey.info/2015/02/04/openbci-p300-coadapt/>
13. Introducción al EEG.
<https://www.ebme.co.uk/articles/clinical-engineering/introduction-to-eeeg>
14. Documentación BCI.
<http://www.neurotechedu.com/>
15. <http://www.neurowikia.es/content/las-pruebas-neurofisiologicas-en-neurologicas-AD>
16. Distribución de electrodos 10-20.
[https://en.wikipedia.org/wiki/10%E2%80%9320_system_\(EEG\)](https://en.wikipedia.org/wiki/10%E2%80%9320_system_(EEG))

Datos de Contacto:

Gonzalez Portillo, María -
meri.gonzalez23@gmail.com
Núñez, Eduardo Gabriel -
edward.gabriel.89@gmail.com
Russo, Julián - julianrusso92@gmail.com
<https://www.instagram.com/openmind.neurotools/>
<https://www.facebook.com/openmind.neurotools/>
openmind.neurotools@gmail.com

VanTrack: un sistema de gestión de reservas para vehículos de corta y mediana distancia

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Buenos Aires

Abstract

Debido al crecimiento exponencial de la tecnología y de la utilización de los dispositivos móviles para realizar contrataciones de servicios, resulta fundamental el continuo avance en la integración de servicios de uso cotidiano, como es el caso del transporte. En este trabajo se presentará una herramienta única, sencilla y ágil para las personas. Una herramienta que involucra a los servicios de transporte de corta y mediana distancia, las combis. El objetivo de esta herramienta es lograr facilitar la utilización de este servicio, cubriendo los factores de calidad, seguridad, velocidad de contratación y concentración de información. Tendrá como notable fortaleza el otorgamiento de información a las empresas proveedoras con la que podrá elegir y establecer estrategias de negocio que mejoren la calidad del servicio para los usuarios finales, como también, para sus empleados, obteniendo a cambio un mayor beneficio.

Palabras Clave

Servicio de transporte, corta y mediana distancia, combis, usuarios, dispositivos móviles, viajes, reservas, VANTRACK.

Introducción

Hoy en día, las empresas que brindan servicios de transporte de corta y mediana distancia atraviesan una crisis debido al atraso en la incorporación en el mundo de la tecnología.

Este proyecto busca, en primer lugar, proveer al mercado de una herramienta ágil operativamente que unifique todas las empresas que brindan el servicio, otorgando un mayor conocimiento al usuario sobre el mismo. En segundo lugar, operar como un medio alternativo en la contratación del servicio, siendo un intermediario entre la empresa y el usuario final, teniendo como disponibilidad diferentes métodos de pago a

distancia. Y por último, proteger al usuario contra los hechos de inseguridad y de delincuencia que acechan a estos vehículos. Junto con los objetivos planteados, se utilizarán los avances en el rubro tecnológico y el uso de los dispositivos móviles para efectuar las contrataciones de los servicios de traslado.

Elementos del Trabajo y Metodología

El objetivo general del trabajo fue la construcción de un sistema de reservas de combis de corta y mediana distancia para agilizar y mejorar las experiencias de los usuarios que utilizan el servicio como medio de transporte. Además, las empresas autorizadas que utilicen el servicio podrán perfeccionar las estrategias aplicadas del mercado o aplicar nuevas mediante la información proveída por nuestro sistema mediante informes.

Los primeros pasos del proyecto se centraron en definir la visión y misión del proyecto imaginando un sistema que unifique la información de los servicios en su totalidad, y que provea de herramientas que permitan agilizar los procesos actuales para los usuarios del servicio.

Planificación

A partir de la visión establecida, se conformó el alcance de la solución, la cual está definida por la construcción de dos plataformas:

- Sistema Web para Empresas, el cual contiene las herramientas de carga/modificación/baja de los elementos o atributos de la propia

empresa, entre ellos, recorridos, horarios, vehículos, conductores. También, poseen la funcionalidad de revisar una sección de estadísticas/reportes de utilización del servicio de la empresa.

- b. Sistema Móvil VANTRACK, destinado para los usuarios que deseen realizar traslados utilizando los servicios de las empresas del sistema. Entre otras funcionalidades, se pueden encontrar con la búsqueda, reserva y pago del servicio solicitado, como también configurar el propio usuario que utiliza la aplicación móvil.

El procedimiento respetó el siguiente plan estableciendo diversas etapas y subetapas, como los resultados deseados que se fueron definiendo previamente.

Etapa	Descripción
A	Planificación
A.1	Definición de objetivos, alcance, límites, supuestos y restricciones
A.2	Definición de los beneficios del proyecto y entregables
B	Análisis y Diseño
B.1	Desarrollo del estudio de factibilidad
B.2	Desarrollo de estimaciones de tiempo y costo
B.3	Análisis y gestión de riesgos
B.4	Determinación de requerimientos lógicos de la base de datos

B.5	Determinación de requerimientos funcionales y no funcionales
C	Construcción de VANTRACK (Desarrollo, pruebas)
C.1	Construcción del Sistema Web para Empresas
C.2	Construcción del Sistema Móvil VANTRACK
C.3	Ejecución del Plan de Pruebas

Tabla 1. Plan del Proyecto.

Etapa	Resultados Esperados
A	Objetivos, alcances y visión definidos.
B	Gestión del proyecto definido. Requerimientos del sistema y modelo de datos lógicos definidos.
C	Sistemas Web para Empresas y Sistema Móvil VANTRACK implementados y probados.

Tabla 2. Resultados Esperados por Etapa.

Análisis y Diseño

A continuación, se mencionan los requerimientos definidos en esta etapa:

Requerimientos

Sistema Web para Empresas

1) Módulo de Informes

- a) Relevamiento de la cantidad de usuarios por viaje que reservaron a través de la aplicación, agrupado por fecha y hora.
- b) Relevamiento de la cantidad de usuarios que utilizaron cada medio

- de pago (Mercado Pago o efectivo).
- c) Relevamiento de la cantidad de ubicaciones vacías agrupadas por fecha y hora de los viajes.
 - d) Promedio de calificaciones otorgadas por los usuarios agrupadas por empresa, conductor y/o fecha y hora del viaje.
 - e) Relevamiento de la cantidad de usuarios que hayan reservado y no hayan realizado el viaje reservado agrupado por fecha y hora, medio de pago utilizado para la reserva y motivo de la no realización.
 - f) Relevamiento de la cantidad de búsquedas en la plataforma agrupadas por fecha, hora y viaje.
 - g) Relevamiento de la cantidad de usuarios que se hayan anotado en lista de espera por fecha, hora y viaje.
- 2) Módulo de Carga de Viajes
- a) Posibilidad de cargar el recorrido, estableciendo el punto de partida y destino, y el recorrido a realizar, incluyendo paradas intermedias.
 - b) Posibilidad de cargar tipo y tamaño de vehículo junto con el conductor designado para cada viaje.
 - c) Establecer la cantidad máxima de reservas que puede realizar un usuario por viaje.
 - d) Establecer el medio de pago permitido para los usuarios para cada reserva.
- Sistema Movil VANTRACK
- 1) Módulo de Reservas
- a) Posibilidad de conocer el recorrido del viaje reservado.
 - b) Posibilidad de conocer todos los puntos donde pueden bajar y subir de la van, incluyendo paradas intermedias.
- c) Realizar una búsqueda de viaje a reservar en base al destino, el origen, la fecha y el horario deseado, ordenando por duración y/o costo del viaje, incluyendo posibilidad de filtrar por empresa prestadora del servicio y/o conductor de la van, así como también por la calificación de alguno de estos.
 - d) Posibilidad de pagar la reserva con anticipación a través de Mercadopago.
 - e) Posibilidad de reservar sin realizar el pago, abonando en efectivo al llegar a la plataforma.
 - f) Posibilidad de ver los asientos disponibles de la van.
 - g) Posibilidad de seleccionar la ubicación de los asientos a reservar.
 - h) Posibilidad de anotarse en lista de espera en caso de que no haya lugar disponible en el viaje deseado.
- 2) Módulo de Notificaciones
- a) Alerta por modificación de rutas al instante (ya sea por desvíos inesperados o no).
 - b) Alerta por nuevos puntos en los que se puede subir y bajar de la van.
 - c) Mensaje con la posibilidad de cancelar el viaje o cambiar la reserva sin costo si no se concurre al viaje.
 - d) Alerta por promociones realizadas por empresas que ya se han reservado en algún momento.
 - e) Alerta por cambios de la plataforma.

- 3) Módulo de Calificaciones
 - a) Luego de cada viaje realizado el usuario podrá calificar con respecto al conductor y el servicio prestado por la empresa.
 - b) Posibilidad de realizar críticas/observaciones al conductor y a la empresa.
- 4) Geolocalización
 - a) Trackeo de van para cada viaje reservado a partir de los 60 minutos previos a la hora de llegada estipulada, con tiempo estimado de llegada.
 - b) Trackeo de la van durante el viaje por motivos de seguridad, para confirmar que esté siguiendo el camino establecido.
- 5) Módulo de Sanciones y Penalizaciones
 - a) Bloqueo de usuario por cancelaciones sobre la hora o ausencias en viajes que no hayan sido pagados previamente.
 - b) Programa de penalizaciones.
- 6) Módulo de Configuración de Usuario
 - a) Sincronización con redes sociales (Google y Facebook).
 - b) Determinación de un nombre de usuario, mail y teléfono de contacto.
 - c) Creación de un perfil de usuario donde se podrán definir las preferencias de notificaciones, reservas realizadas, historial de viajes realizados, etc.

Modelo Conceptual de Datos

El siguiente diagrama contiene las entidades más representativas del modelo de datos.

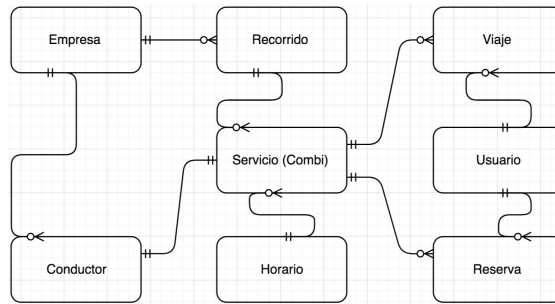


Diagrama 1. Modelo Conceptual de Datos. [1]

Construcción de VANTRACK

El Sistema Web para Empresas fue desarrollado utilizando la arquitectura web MVC facilitada por el framework Spring [2] permitiéndonos desarrollar la aplicación de manera más rápida, eficaz y corta, saltándonos tareas repetitivas y ahorrándonos líneas de código.

Se utilizó el lenguaje de programación Java [3] y SQL Server [4] como base de datos para realizar la persistencia.

La capa de presentación WEB fue implementada utilizando HTML5, CSS y JavaScript.

El Entorno de Desarrollo Interactivo elegido fue IntelliJ Student Edition [5] debido a que nos permite utilizar los lenguajes de Java, SQL, HTML, CSS, JavaScript en un mismo entorno, además de soportar la arquitectura de Spring.

Por otro lado, para el Sistema Móvil VANTRACK se eligió Android Studio [6] que nos permitía una compilación rápida y ejecución de la app en tiempo real gracias a su compilador como también directamente desde el móvil.

La capa de backend también fue desarrollado con el lenguaje de programación Java y SQLite [7] como sistema de gestión de base de datos relacional integrado en el programa final.

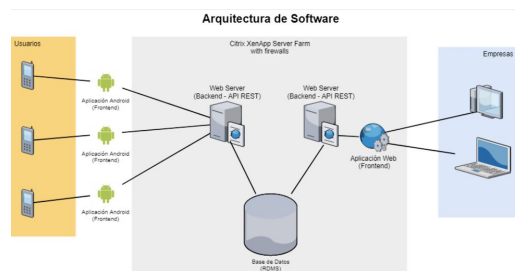


Diagrama 2. Arquitectura de Software. [8]

Por último, cabe aclarar que se utilizó GitHub [9] como plataforma de desarrollo colaborativo para alojar ambos sistemas utilizando el sistema de control de versiones Git, permitiéndonos integrarlo con nuestros Entornos de Desarrollo Interactivos mencionados.

Conclusión y Trabajos Futuros

En el presente trabajo se propuso como objetivo principal, implementar un sistema para facilitar a los usuarios poder gestionar reservas a proveedores especializados en servicios de traslados hacia los distintos barrios y partidos de la provincia de Buenos Aires. Para ello, se llevó a cabo el desarrollo de una aplicación que logrará mostrar grandes avances con respecto a los métodos utilizados por las empresas de transporte hoy en día. La velocidad de contratación del servicio, la concentración de información de las empresas, de los trayectos realizados, de sus tarifas y horarios, y fundamentalmente el aumento de la confianza de los usuarios para utilizar los servicios mencionados, son algunos de los beneficios que tendrán las personas al utilizar esta aplicación.

Sumado a la confianza de los usuarios, se disminuirán sus preocupaciones que los hacían distanciarse de la contratación de dichos servicios de transportes. Tal es el caso de la inseguridad que, aunque la aplicación no contiene una solución integral a la problemática, presenta interesantes

respuestas a las necesidades poblacionales para el ámbito de los recorridos que realizará el conductor, la calidad del servicio ofrecido por el chofer y por la empresa, los estados y la limpieza de los vehículos y otras cuestiones que utilizará el usuario a la hora de evaluar las empresas que proveen el servicio hacia el destino deseado.

Como futuro trabajo se propone agrandar el servicio de traslados para diferentes regiones, además de mejorar la información y la representación de los resultados otorgados a las empresas como fuente de estrategias del negocio, como también de realizar los ajustes del software que surjan del uso cotidiano del mismo y de las mejoras propuestas por estudiantes, docentes y usuarios que utilicen el sistema.

Agradecimientos

Este trabajo fue promovido y guiado por el equipo a cargo de Mariano Bucher, profesor perteneciente de la UTN-FRBA de la materia Proyecto Final de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información.

Referencias

- [1] Elaboración propia (Documento Diagrama Entidad Relación) - 2018
- [2] Spring Framework - 2018 - <https://spring.io/>
- [3] Java Software - 2018 - <https://www.java.com/>
- [4] SQL Server - 2018 - <https://www.microsoft.com/en-us/sql-server/>
- [5] IntelliJ For Students - 2018 - <https://www.jetbrains.com/student/>
- [6] Android Studio Developers - 2018 - <https://developer.android.com/>
- [7] SQLite - 2018 - <https://sqlite.org/index.html>
- [8] Elaboración propia (Documento Desarrollo del Producto) - 2018

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

[9] GitHub Inc - 2018 - <https://github.com/>

Datos de Contacto

Martin Battaglini - UTN FRBA - 1406 -
martinbatta32@gmail.com

Juan Ignacio Dambrosio - UTN FRBA - 1804 -
dambrosiojuani@gmail.com

Santiago Franco Goyeneche - UTN FRBA - 1406 -
santiago.francog@gmail.com

Juan Pablo Nicosanti - UTN FRBA - 1406 -
jpnicosanti@gmail.com

Identificación de Grupos de Usuarios en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para la Detección de Pérdidas no Técnicas Mediante Data Science

Flores, José Enrique Luis
Yavorski, Mariano Nicolás

Universidad Gastón Dachary, Departamento de Ingeniería y Ciencias de la Producción

Abstract

El presente trabajo tiene como objetivo establecer grupos de clientes con sospecha de fraude dentro del Sistema de Distribución de Energía Eléctrica, mediante la implementación de un proyecto de Data Science. Como datos de entrada se utilizan los registros de mediciones de dispositivos aptos para el envío y recepción de información de consumo de los clientes (Smart Meters, Medidores Monofásicos Dimet-P). Se implementa el proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos como guía para el desarrollo del proyecto de Minería de Datos, dicho proceso consta de una serie de etapas fundamentales: Entendimiento del dominio de estudio, Limpieza y pre-procesamiento de los datos y Creación del Dataset Objetivo, Aplicación de Algoritmos de Minería de Datos y Validación de Resultados. Mediante la aplicación de algoritmos de clustering sobre el repositorio de clientes se agrupan terminales de acuerdo a características de consumo particular. El algoritmo seleccionado es K-means, con el cual se analizan distintos valores de K, eligiendo un valor óptimo de acuerdo a los umbrales predefinidos y a la segmentación buscada. La implementación se realiza con el lenguaje de programación R y el entorno RStudio. Como resultado se obtiene una lista de usuarios etiquetados como usuarios normales y posibles usuarios sospechosos; de los cuales se identifican los valores medios para cada grupo.

Palabras Claves

Consumo de Energía Eléctrica, Pérdidas no Técnicas, Ciencia de los Datos, Minería de Datos, Agrupamiento.

1. Introducción

Uno de los problemas que enfrentan a diario las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en la República Argentina, es la pérdida de energía que se produce entre el origen y el cliente. Es

decir, la cantidad de energía inyectada en las redes de transmisión y distribución, que no es detectada por los medidores y por lo tanto es energía no facturada. Generalmente, la detección de clientes con probabilidad de consumos fraudulentos, que son el mayor porcentaje de pérdidas no técnicas, se realiza mediante métodos estadísticos a partir de datos obtenidos de medidores monofásicos que son independientes y se encuentran aislados del centro de procesamiento de datos.

Al tomar en consideración los grandes volúmenes de datos que se han generado solo en los últimos años y los numerosos avances en la ciencia, se puede notar que esta gran cantidad de datos generados ha desbordado claramente la capacidad para recolectar, almacenar y comprender el conocimiento que existe en ellos sin el uso de herramientas tecnológicas adecuadas. En este contexto es que la Ciencia de los Datos (*Data Science*, DS) [1] y particularmente la Minería de Datos (*Data Mining*, DM) [2] [3] son herramientas que están a disposición y sirven de mucha ayuda para encontrar soluciones a la hora de extraer conocimiento útil a partir de los datos.

Son varias las aplicaciones que se le pueden atribuir a la DM [4]. Una de ellas, es la detección y prevención de pérdidas no técnicas, comúnmente conocida como detección de fraude. Cuando se habla acerca de pérdidas en el suministro de energía eléctrica, se hace referencia a dos grupos diferentes, las pérdidas técnicas y las pérdidas no técnicas. Las técnicas son las que ocurren durante la transmisión y distribución e involucran al transformador y las pérdidas propias de las características de las líneas de distribución. Las no

técnicas, son aquellas que ocurren independientemente de las pérdidas técnicas. Éstas son causadas por acciones externas al sistema eléctrico y en la mayoría de los casos se asocian al robo/hurto de energía eléctrica en cualquiera de sus diferentes formas [5].

El análisis de perfiles de usuarios que permitan describir el comportamiento del cliente con el fin de detectar anomalías es el problema principal de la detección y prevención de pérdidas no técnicas. Es por ello que se recurre a la aplicación de algoritmos de DM con ese fin.

Un dispositivo que puede contribuir con el manejo eficiente del consumo de energía eléctrica son los llamados medidores inteligentes (*Smart Meters, SM*). Estos dispositivos son herramientas de medición, que transmiten los datos en tiempo real para ser procesados.

Los datos de prueba para la presente investigación, provienen de equipos monofásicos Dimet-P (estos utilizan para la medición de parámetros eléctricos, un chip específicamente diseñado para medidores de energía monofásicos) de la empresa Discar S.A. (Provincia de Córdoba) [6].

Se implementa el proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Base de Datos (*Knowledge Discovery in Databases, KDD*) que consiste en la extracción de conocimiento en grandes volúmenes de datos [7], lo cual se adapta a la necesidad de tratar con la elevada cantidad registros de los consumos de clientes almacenados por las empresas proveedoras de energía eléctrica. El conocimiento extraído mediante este proceso proporciona información útil, que permitiría a las empresas distribuidoras de energía enfocarse en la reducción considerable de pérdidas no técnicas en los sistemas de distribución y así mejorar su calidad de servicio [8].

Se busca cotejar gran cantidad de datos, en situaciones donde el tiempo es un factor fundamental para el estudio de perfiles de carga pertenecientes a un determinado sistema de distribución residencial y que

pueda ser implementado por las empresas encargadas de brindar este servicio en cualquier provincia que cuente con este tipo de medidores.

El trabajo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2, bajo el título entendimiento sobre el dominio de estudio, se mencionan brevemente las fuentes primarias y secundarias. En la Sección 3 se describe como se realiza el pre-procesamiento de los datos, seguido de la obtención del dataset objetivo. En la Sección 4 se indica la aplicación de DM, en particular la técnica de agrupamiento a través del algoritmo K-means, junto a sus resultados. La sección 5, se mencionan algunos trabajos relacionados, y finalmente, se presentan las conclusiones y trabajos futuros, en la Sección 6.

2. Entendimiento del Dominio de Estudio

Como primer paso, se realiza el análisis partiendo de fuentes tanto primarias como secundarias para lograr un entendimiento sobre el dominio de estudio. La información primaria consiste en datos reales y relevantes obtenidos de entrevistas a personal de la empresa prestadora local (Electricidad de Misiones Sociedad Anónima, EMSA), como así también de la empresa que brindó los datos iniciales (Discar S.A.) y en las secundarias se contempla documentación relacionada al fraude eléctrico y su detección, revisión de trabajos similares y documentación de sistemas de medición y consumo de energía eléctrica.

3. Pre-procesamiento de los Datos y creación del Dataset objetivo

Se procede a realizar una limpieza y pre-procesamiento de los registros de consumo eléctrico dentro de la base de datos, es decir, se lleva a cabo la limpieza de valores considerados irrelevantes para el dominio propuesto.

La base de datos original cuenta con 20 millones de registros de un total de 643 terminales (usuarios) distintos. Los datos se

encuentran organizados en dos tablas; Lecturas: registros de mediciones de tensión, corriente, energía activa, energía reactiva, energía aparente, frecuencia, demanda máxima tomada cada cuarto de hora y Autolecturas: registros de los acumuladores de medición, energía activa, reactiva, aparente para las 6 bandas de tramos horarios que soporta el sistema, equivalentes a las lecturas que realiza una persona viendo el monitor o *display*. Los registros precedentes de la primera tabla (Lecturas) reflejan lecturas del consumo de sus clientes en lapsos de 15 minutos en el periodo de Agosto de 2012 a Octubre de 2014. Se toma el consumo acumulado (tabla Autolecturas) mensual de cada terminal y los promedios (Average, AVG) para el mismo periodo de tiempo de energía activa, reactiva, corriente, tensión y demanda máxima por cada usuario, considerándolo como representativo del consumo del mismo.

En los datos crudos existen variables que no aportan a la hora de evaluar el comportamiento de un cliente particular, es por ello que se suprimen variables relacionadas a datos del suministro, tipo de servicio (número, tipo) y datos del terminal (tipo, estado). También se consideran datos irrelevantes los valores de las siguientes variables: concentrador, indica a que concentrador de datos se encuentra conectado el medidor; tarifa, indica la tarifa de facturación; recordId, es el identificador de cada registro en la base de datos y

energía aparente cuyos valores son de tipo NULL. El propósito de esta limpieza es mejorar la calidad de los datos para no obstaculizar el proceso de DM y llegar a resultados válidos y verificables.

Posteriormente se realiza una muestra aleatoria simple [9] de terminales eléctricos, los cuales son los datos de entrada para los algoritmos de DM.

El motivo de la muestra es tener una cantidad de datos representativa del total de registros de la base que asciende a 20 millones. El dataset generado cuenta con registros de usuarios a nivel de terminales (medidores), de los cuales se realizan inicialmente promedios de consumos tomando en cuenta varios meses, que luego de varias pruebas se concluye que el promedio mensual es un valor lo suficientemente representativo al consumo de un cliente. Tal cual lo describe la Tabla 1, el dataset que se utiliza finalmente para dar entrada al algoritmo de agrupamiento se conforma de las variables AVG_activa, AVG_reactiva, AVG_vrsm, AVG_irms y AVG_demandaMax.

El cálculo de las variables se obtienen mediante consultas SQL (*Structured Query Language*: lenguaje de consulta estructurada) aplicadas a la tabla Autolecturas y Lecturas respectivamente. El motor de base de datos que se utiliza para el trabajo y en la empresa de donde provienen los datos, es Microsoft SQL Server®.

Tabla 1: Descripción de atributos del dataset

Atributo	Descripción
AVG_activa	Describe el promedio de la energía que utiliza el circuito para realizar el proceso de transformación de energía eléctrica en trabajo en un determinado intervalo dado de tiempo, se mide en kilovatios-hora (kW/h) [6].
AVG_reactiva	Alude al promedio de energía que utiliza un circuito en el cual existen bobinas o condensadores, ésta energía no produce trabajo y se mide en voltiamperios reactivos (VAR) [6].
AVG_vrsm	Es el promedio de tensión o voltaje eléctrico del suministro, se mide en Voltios (V).
AVG_irms	Almacena el promedio de corriente eléctrica que consume el suministro, se mide en Amperios (A).
AVG_demandaMax	Se refiere al promedio de la demanda máxima de energía que se produce en un intervalo de 15 minutos o también denominado <i>quarter</i> .

4. Aplicación de Minería de Datos

Como tercer paso, se procede a la aplicación de algoritmos de DM, apropiados y adecuados para cumplimentar con el objetivo propuesto. Los mismos sirven de mucha ayuda para extraer conocimiento útil, el cual se puede obtener a través de la búsqueda de patrones que no son claramente evidentes a primera vista pero son estadísticamente confiables y que pueden derivarse de datos originales. Lo que permite la DM en este contexto es la detección de casos anómalos también conocidos como outliers. Esto consiste en el análisis de ciertos datos cuyo comportamiento sea distinto al resto [10] [11]. Para ello se utiliza un algoritmo de *clustering*, el cual agrupa los registros por similitud [2]. Al tener gran cantidad de registros de usuarios, es prácticamente imposible etiquetarlos a simple vista como normales o atípicos de acuerdo a los valores de sus atributos. Es por ello, que las técnicas de agrupamiento son de enorme utilidad ya que posibilitan el reconocimiento de grupos de clientes cuyo comportamiento sea muy diferente al resto [12].

Los grupos o clusters obtenidos se etiquetan como normales o sospechosos según los resultados del algoritmo y según las características de los usuarios fraudulentos. El umbral que sirve de ayuda a la hora de diferenciar entre un usuario con comportamiento normal de uno malintencionado se obtuvo de relevamientos realizados de la prestadora local, que indican que el promedio de consumo mensual normal de un usuario residencial varía entre 100 y 500 kW/h. Es por ello que todo terminal que este por fuera de este rango debe ser tomado en consideración, más aun los que se encuentran por debajo.

Para la aplicación de los algoritmos de DM, se implementan el lenguaje de programación R en conjunto con el entorno RStudio®. Además de los paquetes incluidos en R, es necesaria la inclusión de

librerías para dar soporte a tareas determinadas.

En relación a la agrupación de los registros por similitud, se utiliza el algoritmo K-mean cuyo objetivo es la agrupación de una determinada cantidad de observaciones en grupos basándose en sus características.

El agrupamiento se realiza reduciendo la suma entre las distancias de cada objeto y el centroide de su grupo o cluster. Según [13] y [14], el algoritmo consta de 4 pasos que se describen de manera sintetizada a continuación:

1. Inicialización de centros: Aleatoriamente se genera un número de clusters en función a las condiciones iniciales dadas:

$$C_i^0 = V_{min} + \left(i - \frac{1}{2}\right) \frac{V_{max} - V_{min}}{K}$$

donde $i = 1, 2, 3, \dots, K$; C_i^0 es el centroide inicial de la i ésima clase; V_{max} y V_{min} son el máximo y el mínimo valor de las variables en el espacio de muestra.

2. Asignación de cada objeto a su centro más cercano. Ésta se realiza en base a la distancia euclideana:

$$D_{ij} = \text{abs}(V_j - C_i)$$

donde, $i = 1, 2, 3, \dots, K$; $j = 1, 2, \dots, N$; D_{ij} es la distancia desde el punto j al centroide de la clase i y N es el número total de objetos pertenecientes al espacio de muestra.

3. Actualización de los nuevos centroides (K): se calculan conforme a la media de los objetos que han sido asignados a cada centro según el paso anterior.

$$C_i^m = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} V_j$$

donde $i = 1, 2, \dots, K$; N_i es el número total de objetos asignados a la clase i ésima en el paso número 2.

- Se repite el paso número 2 si alguno de los centros cambia del paso 2 al 3. Si no, se acaba el algoritmo.

El algoritmo retorna un objeto o estructura de datos de clase *kmeans* que contiene los siguientes componentes [15]:

- *Cluster*: un vector de enteros (1: k) que indica el grupo o cluster al que pertenece cada observación.
- *Centers*: Indica los centroides de cada cluster.
- *Totss*: suma total de los cuadrados.
- *Withinss*: Vector con la suma de cuadrados del cluster, un componente por grupo.
- *Tot.withinss*: suma total de cuadrados dentro del cluster, es decir, sum (*withinss*).
- *Betweenss*: la suma de cuadrados entre los clusters, es decir, totss-tot.withinss.
- *Size*: tamaño. El número de observaciones en cada grupo.
- *Iter*: número de iteraciones.
- *Ifault*: un número entero, indicador de algún posible problema en el algoritmo.

Como primera prueba se importa el dataset objetivo al IDE (*Integrated Development Environment*, Entorno de Desarrollo Integrado) de RStudio y el mismo se almacena en un *dataframe* (marco de datos), el cual a diferencia de una matriz, puede contener una gran variedad de tipos de datos. Aquí se almacenan información por filas donde cada columna representa un atributo o variable. En este caso cada fila representa un terminal o cliente determinado.

Seguido a esto se aplica el algoritmo *kmeans* a los datos utilizando la siguiente línea de comandos: *cluster3.AVG =*

kmeans(datos1M.AVG[,2:8], k), donde *cluster3.AVG* es la nueva estructura de datos en la cual se almacenan los valores obtenidos del algoritmo; *datos1M.AVG[, 2:8]* hace referencia a las variables de la estructura de datos donde se encuentra el *dataset* las cuales se toman para crear los *clusters* y *k* es el número de grupos que se va a crear.

Se realizan pruebas con varios valores de *K* hasta encontrar el más representativo al conjunto de datos.

Como se puede apreciar gráficamente en la Figura 1, luego de realizar distintas pruebas con distintos valores de *K*, se elige como valor *K=3*. En la Tabla 2 se puede observar que los centroides de cada grupo seleccionado son representativos a los valores de clientes con comportamiento normal y comportamiento atípico, según los umbrales predefinidos. De esta manera se puede apreciar que los usuarios que estén dentro del cluster 3 tienen un comportamiento normal debido a que el valor del centroide de las distintas variables encuadran dentro del rango de consumos normales de usuarios residenciales (284,64 kW/h), sin embargo los que fueron concentrados en los grupos 1 y 2 presentan un comportamiento que habrá que evaluar, en especial los valores bajos, identificados para los usuarios/clientes del cluster 2, en el cual se registran consumos promedios (activa) por debajo de 1 kW/h mensual y un valor de corriente casi nulo (0.02 A).

Tabla 2: Centroides de los atributos en relación a cada clusters

K	activa	reactiva	vrrms	irms	demandaMax
1	1671.00	1432.08	225.08	11.32	10502.26
2	0.78	0.61	228.56	0.02	6.31
3	284.64	223.04	227.37	5.07	1533.01

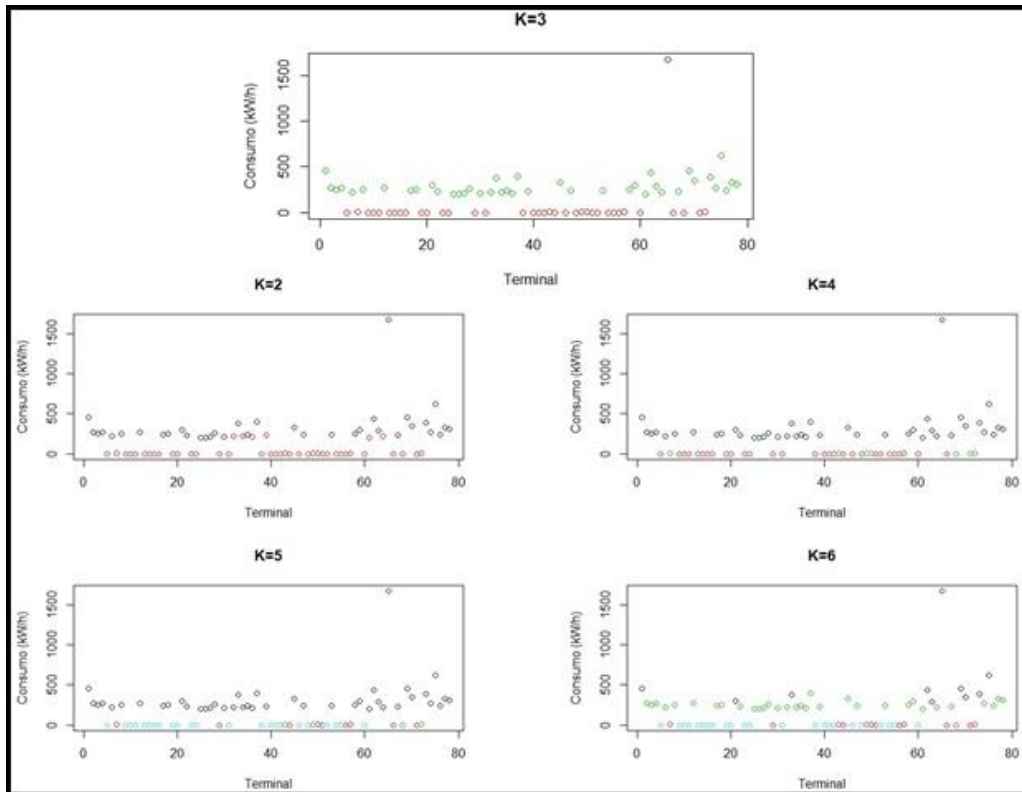


Figura 1: Resultados con diferentes valores de K

Como siguiente paso se agrega al dataset una nueva variable que contiene una etiqueta del grupo al cual pertenece cada registro. El resultado final, luego de la aplicación del algoritmo K-means, es una lista de usuarios etiquetados como normales o sospechosos según al grupo al cual fueron asignados teniendo en cuenta las características puntuales de cada uno. Se utiliza la palabra sospechoso porque solo un análisis basado en un criterio experto y luego de una inspección domiciliaria se puede identificar si realmente los usuarios etiquetados están cometiendo algún tipo de hecho fraudulento o si por el contrario hay algún tipo de anomalía ajena al usuario como por ejemplo un daño en el equipo de medición.

5. Trabajos Relacionados

“*Fraud Detection in Electronic Power Distribution Networks using an Ann - Based Knowledge - Discovery Process*”, fue desarrollado para tratar de minimizar el problema que hoy en día se tiene con las

pérdidas no técnicas causadas por fraudes y robos cometidos por algunos consumidores. En este contexto se plantea el uso de técnicas de clasificación que pueden mejorar la tasa de aciertos en la detección de fraudes y disminuir las pérdidas financieras. Aquí se propone el uso de KDD basado en redes neuronales artificiales aplicadas al proceso de clasificación de los consumidores a inspeccionar. El experimento se realizó en una empresa brasileña e indica una mejora de más del 50% en comparación con los métodos que anteriormente utilizaba la empresa [16].

“Metodologías para la Detección de Pérdidas no Técnicas en Sistemas de Distribución Utilizando Técnicas de Minería de Datos”, es un proyecto donde se presentó y aplicó una nueva metodología para la detección de pérdidas no técnicas en sistemas de distribución, partiendo del hecho de que no se conocen a priori las etiquetas para todos aquellos registros Normales y Sospechosos, que conforman la base de datos. Además, con el fin de

realizar una depuración de la información, se aplicó una etapa previa de pre-procesamiento para poder identificar y remover aquellos registros con comportamiento atípicos que afectan de forma negativa el desempeño de los métodos de agrupamiento y clasificación. Se aplicaron 4 métodos de clasificación: Máquina de Soporte Vectorial, Clasificador Bayes Naive y los algoritmos *Adaboost* y *Bagging*. El resultado fue un listado final de usuarios probablemente Sospechosos que resultó de combinar las salidas unificadas de los algoritmos de clasificación y los registros que fueron detectados y filtrados en la etapa de pre-procesamiento [5].

Por otra parte en “Propuesta de Modelo de Detección de Fraudes de Energía Eléctrica en Clientes Residenciales de Lima Metropolitana Aplicando Minería de Datos”, se aplicó el proceso de DM para analizar, extraer y almacenar información, la cual contiene el historial del consumo de energía. Se propuso un modelo que apoya a las empresas de distribución eléctricas, en especial a los técnicos eléctricos a examinar y verificar, acertadamente, de manera rápida y oportuna los resultados obtenidos y que contribuya, de esta forma, en la toma de decisiones. Se utilizaron las redes neuronales[17].

6. Conclusión y Trabajos Futuros

Finalizando el desarrollo de este trabajo se logró comprobar la viabilidad de la aplicación de la técnica de agrupamiento o *clustering* para la detección de grupos de clientes vinculados a pérdidas no técnicas, probables casos de clientes con comportamiento sospechoso tomando como caso de estudio una base de datos con registros de mediciones provenientes de *Smart Meters*. La implementación del proceso KDD como elemento fundamental para la explotación de conocimiento, fue el eje central de este trabajo y uno de los principales límites en cuanto a la calidad del conocimiento se relaciona con la cantidad y disposición de los datos disponibles, ya que los mismos cuentan con

variables que no aportan mucha información relacionada al comportamiento de los clientes y por ende son pocos los atributos que se analizan en primera instancia. Partiendo de que muchos de estos datos son históricos y gracias a la implementación de algoritmos de DM, fue posible identificar grupos atípicos según el comportamiento de los usuarios del servicio de energía eléctrica, que no eran visiblemente conocidos y que su detección llevaba tiempo. La utilización del lenguaje R indica la facilidad de implementar esta metodología y la capacidad de adaptarla según las necesidades de la organización. El algoritmo de agrupamiento K-means permite separar a los usuarios en grupos según las características de consumo particulares de cada uno. Gracias a la tecnología utilizada para la medición, se pudieron realizar consultas adecuadas a la base de datos y así obtener variables tales como el promedio de consumo mensual (kW/h) y el promedio de tensión (V) y corriente (A) entre otras, las cuales describen el comportamiento de consumo de un cliente. Este tipo de conducta por parte de ciertos usuarios, permite tomar decisiones de manera inmediata sin que la empresa pueda incurrir en costos y gastos extras.

Los resultados arrojados por los algoritmos de agrupamiento fueron analizados por expertos en el área de los servicios de electricidad domiciliaria, teniendo un grado de aceptación elevado ya que se lograría reducir en gran manera el tiempo en el cual se detectan clientes malintencionados y se consigue reducir considerablemente las pérdidas no técnicas. La alerta temprana también permite a las organizaciones prestadoras de este servicio poder organizar los recursos humanos de manera óptima.

En consecuencia, queda demostrada la factibilidad de los algoritmos agrupamiento para la detección de este tipo de situaciones teniendo en cuenta las características de consumo de los clientes.

Gracias a la experiencia de la presente investigación, el próximo paso a seguir

sería la implementación de los algoritmos de clasificación XGBoost y Random Forest para explicar las características de los perfiles identificados a partir de este trabajo y en el caso de que se requiera, se volverán a evaluar nuevos agrupamientos con la posible adición de atributos que reflejen aún mejor el comportamiento de los clientes.

Agradecimientos

- A Dios que nos dio fuerzas, sabiduría, fe y perseverancia para la culminación de nuestra carrera de grado.
- A la empresa Discar S.A. de la provincia de Córdoba, por proveernos de la base de datos con la cual se realizaron las pruebas.
- A nuestras familias, por el apoyo brindado de manera incondicional, alentándonos en todo momento.
- A nuestros directores, por la paciencia, sugerencias y apoyo dado durante la realización de nuestro trabajo final de carrera.

Referencias

- [1] J. Stanton, "An Introduction to Data Science", 2013.
- [2] J. Han, M. Kamber y J. Pei, "Data Mining Concepts and Techniques", Tercera ed., USA: Morgan Kaufmann, 2006.
- [3] M.-S. Chen, J. Han y P. S. Yu, "Data Mining: An Overview from a Database Perspective", vol. 8, 1996.
- [4] E. Kirkos, C. Spathis y Y. Manolopoulos, "Data Mining techniques for the detection of fraudulent financial statements", Thessaloniki, Greece, 2007.
- [5] R. D. Trejos Ramirez, "Metodología para la Detección de Pérdidas no Técnicas en Sistemas de Distribución utilizando métodos de Minería de Datos - Proyecto de Grado", Pereira - Colombia, 2014.
- [6] Discar TELECOM & ENERGY, "Medidor Monofásico Dimet-P", Córdoba, Córdoba, 2013.
- [7] A. American Association for Artificial Intelligence, U. Fayyad , G. Piatetsky-Shapiro y P. Smyth, "From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases", 1996.
- [8] F. p. e. D. E. FUNDELEC, "Consumo Hogareño de Electricidad y su Impacto en la Tarifa Final", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2011.
- [9] C. Perez Lopez, "Muestreo Estadístico: Conceptos y Problemas Resueltos", Pearson Educación, 2005.
- [10] Z. He, X. Xu y S. Deng, "A Fast Greedy Algorithm for Outlier Mining", China, 2006.
- [11] T. Hu y S. Y. Sung, "Detecting pattern-based outliers", ELSEVIER, 2003.
- [12] O. Maimon y L. Rokach, "Data Mining and Knowledge Discovery Handbook", New York: Springer-Verlag, 2005.
- [13] Z. Zhu, B. Zhao, E. Mao y Z. Song, "Image Segmentation based on Ant colony optimization and K-means clustering" Proceedings of the IEEE international conference on Automation and logistics, Jinan, 2007.
- [14] Universidad de Oviedo, «El algoritmo k-means aplicado a clasificación y procesamiento de imágenes.» [En línea]. Available: https://www.unioviedo.es/compnum/laboratorios_py/kmeans/kmeans.html. [Último acceso: 2018].
- [15] ETH Zurich - Seminar for Statistics (SfS), «R Documentation,» 2018. [En línea]. Available: <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/kmeans.html>.
- [16] B. C. Costa, A. Bruno, A. Portela y W. Maduro, "Fraud Detection in Electronic Power Distribution Networks using an Ann - Based Knowledge - Discovery Process", Belo Horizonte - Brazil, 2013.
- [17] J. D. Flores Coaguila, "Propuesta de Modelo de Detección de Fraudes de Energía Eléctrica en Clientes Residenciales de Lima Metropolitana Aplicando Minería de Datos", Lima - Peru, 2014.

Accesibilidad Web en sitios proveedores informáticos del Estado Argentino

Cuenca, Emiliano Alberto
Michalina, Claudio Antonio
Fundación UADE, Facultad de Ingeniería

1. Abstract

En el año 2010 se sancionó en la República la Ley de Accesibilidad de la Información (Ley N 26.653) que requiere que las empresas del sector público respeten las normas y requisitos de accesibilidad recomendados por la ONTI (Oficina Nacional de Tecnologías de la Información). En el artículo N 1 y N 3 de la Disposición N 2/2014 se establecen la Norma de Accesibilidad Web 2.0 y el nivel mínimo de conformidad que deben cumplir los organismos en cincuenta (50) puntos del Nivel "A" respectivamente. En este trabajo se analizaron 40 sitios web de proveedores del Estado Argentino en el sector informática, con herramientas automáticas y complementando el análisis de forma manual en cada uno de los sitios. Este trabajo es parte del proyecto de investigación de Accesibilidad Digital A15T17, del INTEC (Instituto de Tecnología de la Fundación UADE) en el que distintos grupos realizan análisis de accesibilidad de sitios web de noticias, instituciones financieras, empresas de servicios públicos, gubernamentales, provinciales y municipales. Para las tres páginas analizadas de cada uno de los 40 sitios seleccionados como muestra se puede concluir que toda la muestra cumple con los 50 puntos del Nivel "A" requerido en Argentina.

2. Descripción Del Problema

La sociedad actual necesita estar informada, los desarrollos de la tecnología sumado al uso masivo de las TICs facilitan ampliamente la difusión de todo tipo de noticias, productos, servicios, etc. La dificultad se presenta en lograr que el contenido

de las páginas web sea un contenido accesible, es decir, que sea fácilmente accedido por la mayoría de los usuarios, independientemente de su discapacidad, su incapacidad transitoria, su edad o el contexto de uso de la tecnología. En la actualidad, las diversas páginas web con sus múltiples opciones y gran potencial de servicios no son accedidas por todas las personas. Hay personas que tienen limitaciones físicas y poseen dificultades tecnológicas para el acceso a la información web. Las personas con limitaciones y las que utilizan ayudas tecnológicas de bajo desempeño a menudo enfrentan determinados problemas cuando desean acceder al contenido en la web. El contenido de las páginas web es cada vez más complejo y pesado, por lo que se necesitan mejores condiciones para acceder a ellas. Día a día se crean muchas páginas web de manera arbitraria y poco controlada sin seguir los estándares de accesibilidad para su creación. Como consecuencia de ello las dificultades para las personas con limitaciones siguen persistiendo.

2.1. Objetivo

Analizar durante los meses de julio, agosto y septiembre de 2016 el grado de accesibilidad que poseen 40 sitios web de proveedores del estado argentino, de acuerdo con

la normativa N 02/2014 establecida por la ONTI [3], vigente en 2016.

2.2. Alcance

Está dado por la evaluación primero automática y luego en forma manual de la página de inicio, una página de servicios o productos ofrecidos y la página de contacto de cada uno de los 40 sitios web de proveedores de Bienes y Servicios del Estado Nacional Argentino, del rubro informático, para evaluar el grado de cumplimiento de la Ley N 26.653 [2], reglamentada mediante la Disposición ONTI N 02/2014 [4]. Las herramientas que se utilizaron son:

- TAW3, (T.A.W., 2016) [6]
- ARWeb, (ARWEB, 2016) [1]

Para seleccionar los sitios a evaluar se buscaron empresas que figuran como proveedores del Estado Argentino en el sector informático del sitio Comprar [5].

3. Metodología de Trabajo

Se presenta la metodología de trabajo, que se determinó para realizar el análisis sobre los 40 sitios proveedores del Estado Argentino del sector Informático, tomando una muestra de tres páginas de cada sitio: la de inicio, una de servicios o productos ofrecidos y la de contacto. Se realiza un análisis automático con las herramientas TAW [6] y ARWeb [1]. A partir de los resultados que arrojan ambas herramientas se traslada esa información a unas planillas Excel para luego realizar un análisis manual de acuerdo con si se cumplen o no los criterios de conformidad. A continuación, se desarrolla un

ejemplo de análisis para cada una de las herramientas. Se explica todo el análisis mostrando cómo se utilizan ambas herramientas.

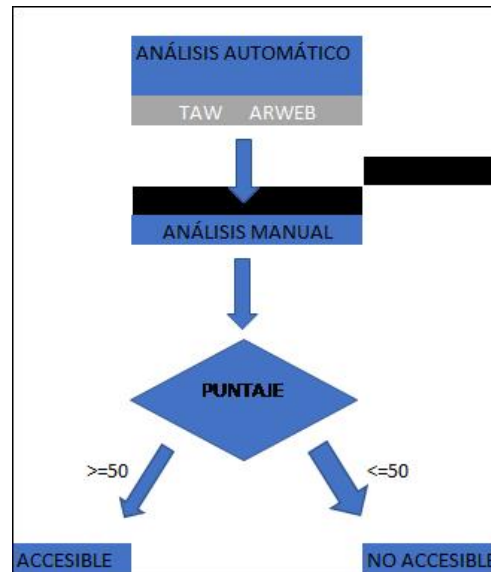


Figura 1: Metodología

3.1. Análisis Automático con ARWEB y TAW

Se analizaron cada una de las páginas seleccionadas con las herramientas automáticas de análisis de accesibilidad TAW [6] y ARWeb [1] que arrojan la cantidad de problemas, advertencias y puntos no verificados correspondientes al nivel de adecuación "A". Mediante la Herramienta TAW [6](Online) se ingresa el sitio web que se desea analizar seleccionando el nivel de análisis, así como las tecnologías soportadas html, css y javascript. Se hace click sobre el botón "analizar".

La herramienta ARWeb realiza el análisis solamente para el nivel "A" ya que fue

CONAISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información



Figura 2: Analisis Automatico TAW

desarrollada para cumplir con la ley argentina. Dispone de tres maneras de analizar la información mediante el ingreso de una url, upload de archivo e inclusión directa de código fuente en las solapas correspondientes. En caso de ingresar una página web la herramienta analiza las páginas que tiene el sitio web y las muestra en la solapa "URLs" de las cuales se selecciona una de ellas y por otro lado se seleccionan los principios que se quieren analizar. Luego se debe hacer click sobre el botón "Validar".

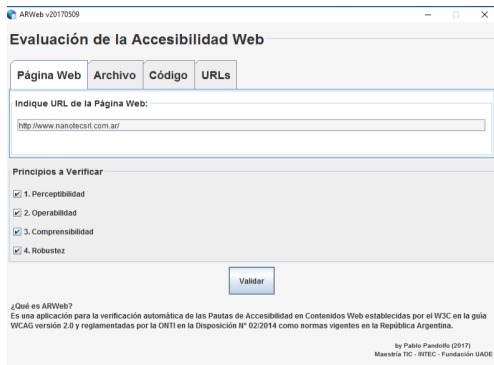


Figura 3: Analisis Automatico ARWEB

Se selecciona la URL y se realiza click nuevamente en "Validar".



Figura 4: Analisis automatico con ARWeb- URLs

A partir del análisis inicial de ambas herramientas se visualizan la cantidad de problemas, advertencias y puntos no verificados correspondientes al nivel de adecuación "A".



Figura 5: Analisis automatico con TAW - Resultado

Accediendo a la solapa de "Detalle" Se pueden visualizar los cuatro principios en distintas solapas y los criterios correspondientes a cada principio en su respectiva solapa.

Para la herramienta ARWeb se puede exportar el detalle en formato pdf o a un archivo Excel.

Por cada criterio se toma el número de incidencias y se completa un archivo Excel de acuerdo con el tipo de resultado, ya sea un problema, una advertencia o un criterio no verificado. Por ejemplo, conti-

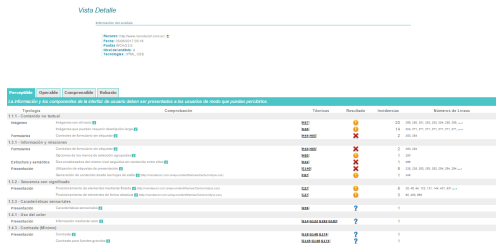


Figura 6: Analisis automatico con TAW - Detalle

nuando con la herramienta ARWeb, para el principio perceptible para el sitio <http://www.nanotecsrl.com.ar/> se visualiza en el resultado que:

- para el criterio 1.1.1 "Contenido no textual" totaliza 2 problemas y 34 advertencias.
- para el criterio 1.3.1 "Información y Relaciones" totaliza 11 problemas y 2 advertencias.
- para el criterio 1.3.2 "Secuencia con significado" totaliza 1 punto no verificado.
- para el criterio 1.3.3 "Características sensoriales" totaliza 1 punto no verificado.
- para el criterio 1.4.1 "Uso del color" totaliza 1 punto no verificado.

Esta información completada en el archivo Excel se visualiza como en la siguiente imagen.

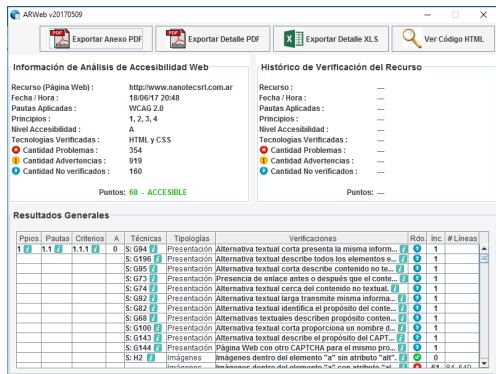


Figura 7: Analisis automatico con ARWeb - Resultado detallado

Resultados	Principio - Pauta - Criterio			
	1. Perceptible			
Problemas	2	11	1	1
Advert.	34	2	1	1
No verif.	1	1	1	1
Problemas	2	11	1	1
Advert.	34	2	1	1
No verif.	1	1	1	1
Problemas	8	11	1	1
Advert.	1	9	1	1
No verif.	1	1	1	1

Figura 8: Analisis automatico - Transferencia a Excel

De esta manera se continúa completando la planilla para cada criterio correspondiente de cada pauta de los cuatro principios: perceptible, operable, comprensible y robusto.

3.2. Análisis manual

El análisis manual se debe hacer obligatoriamente ya que no son suficientes los resultados de las herramientas automáticas por

la presencia de falsos negativos y falsos positivos, la revisión manual brinda la posibilidad de realizar cambios sobre elementos mal detectados en el análisis automático. En esta etapa deben revisarse las páginas, utilizando como guía los resultados automáticos, para poder completar la planilla Excel y decidir si cumplen o no cada uno de los criterios para el nivel "A". Se deben tener en cuenta los siguientes puntos para determinar la conformidad de cada criterio.

- Para cada criterio se determina el cumplimiento, no cumplimiento o no aplicación.
- La no aplicación implica que el criterio no se puede analizar debido a que el elemento al cuál se refiere, no se encuentra en el sitio web. Es decir, que los criterios que "no aplican" son aquellos relacionados con elementos no presentes en la página; por ejemplo, si no hay videos.
- En el caso de que la herramienta automática indique la presencia de errores se debe verificar manualmente por la presencia de falsos negativos o falsos positivos.
- En el caso de que la herramienta indique la presencia de advertencias o puntos que no se pudieron verificar obligatoriamente se debe realizar el análisis manual.

Continuando con el ejemplo para el sitio <http://www.nanotecsrl.com.ar/> para el criterio

1.1.1 "Imágenes sin atributo Alt" se indica que hay 20 advertencias.

Visualizando el código fuente se puede verificar que el atributo Alt está vacío:

```
img class="" align="none" size="full" src="http://nanotecsrl.com.ar/wp-content/uploads/2014/12/microsoft.jpg" alt="" /
```

Por lo que se puede determinar que el criterio 1.1.1 no se cumple.

Una vez que se determina el cumplimiento, no cumplimiento o no aplicación se completa el archivo Excel de la siguiente manera.

Resultados	1. Perceptible								
	1.1		1.2		1.3		1.4		
	1.1.1	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.4.1	1.4.2
SI						x	x	x	
NO	x				x				
NA		x	x	x					x

Figura 9: Analisis manual - Transferencia a Excel Resultado

4. RESULTADOS

Planillas resumen general por sitio (Solo se muestran 3 sitios de 40)

En los siguientes gráficos se visualizan los subtotales de puntos por principio

Principios	Criterios de Conformidad	Utilizando AltVEX mas comprobacion manual				Utilizando FAW mas comprobacion manual			
		Inciso	Producto/Servicio	Consultas	Subtotal	Inciso	Producto/Servicio	Consultas	Subtotal
Perceptible	1.1.1 Contenido No Textual	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.1 (Solo Audio y Solo Video (grabados))	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.2 Subtitulos (grabados)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.3 Audio-descripción o Alternativa Multimedia	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.4 Información y Planificación	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.3.2 Seguridad Significativa	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.3.3 Características Sensoriales	4	4	4	4	4	4	4	4
1.4.1 (Solo del Color)	4	4	4	4	4	4	4	4	
1.4.2 Control de Audio	4	4	4	4	4	4	4	4	
		28	28	28	28	28	28	28	28
Operable	2.1.1 Tiempo	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.1.2 (Sin Tiempo de Teclado)	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.2.1 Límite de Tiempo Ajustable	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.2.2 (Presar, Clicar, Ocular)	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.3.1 Tres Dimensiones o Por Debajo del Umbral	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.1 (Solo Mouse)	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.2 Página Truncada	4	4	4	4	4	4	4	4
2.4.3 (Solo del Foco)	4	4	4	4	4	4	4	4	
2.4.4 (Previsión de un vehículo)	4	4	4	4	4	4	4	4	
		28	28	28	28	28	28	28	28
Comprobable	3.1.1 (Solo Foco)	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.1.2 (Solo Entrada de Datos)	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.1.3 Identificación de Errores	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.1.4 (Instrucciones o Etiquetas)	4	4	4	4	4	4	4	4
		16	16	16	16	16	16	16	16
Robusto	4.1.1 Interpretación	4	4	4	4	4	4	4	4
	4.1.2 (Necesitas un valor)	4	4	4	4	4	4	4	4
		8	8	8	8	8	8	8	8
		72	72	72	72	72	72	72	72

Figura 10: Resumen General por Sitio - www.hipernet.com.ar

http://www.unisys.com.ar/		Utilizando ARWEB max comprobacion manual				Utilizando TAW max comprobacion manual			
Principales	Criterios de Conformidad	Arriba		Centros		Arriba		Centros	
		Subtotal	Nivel A	Subtotal	Nivel A	Subtotal	Nivel A	Subtotal	Nivel A
Perceptible	1.1 Contenido No Textual	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2 Solo Audio y Solo Video (pregrabado)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.1 Substitutos (pregrabados)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.2 Substitutos (pregrabados)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.3 Audio-descripción o Alternativa Multimedia	4	4	4	4	4	4	4	4
Operable	1.3 Información y Relaciones	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.3.1 Secuencia Significativa	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.3.3 Características Sensoriales	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.4.1 Uso del Color	4	4	4	4	4	4	4	4
1.4.2 Control de Audio	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total		28	28	28	28	28	28	28	28
Operable	2.1.1 Teclado	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.1.2 Sin Trampa de Teclado	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.1.3 Límite de Tiempo Asincrono	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.2 Pasar, Detener, Ocultar	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.3 Tres Teclados o Por Debajo del Umbral	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.1 Botón Bluetooth	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.2 Página Teclada	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.3 Orden de Foco	4	4	4	4	4	4	4	4
2.4.4 Propósito de un vínculo	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total		32	32	32	32	32	32	32	32
Compreensible	3.1 Idioma de la Página	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.2 Con Foco	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.2.2 Con Entrada de Datos	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.3 Identificación de Errores	4	4	4	4	4	4	4	4
3.3.2 Instrucciones e Etiquetas	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total		12	12	12	12	12	12	12	12
Robusto	4.1.1 Interpretación	4	4	4	4	4	4	4	4
	4.1.2 Nombre, rol, valor	4	4	4	4	4	4	4	4
Total		8	8	8	8	8	8	8	8
Total		72	72	72	72	72	72	72	72

Figura 11: Resumen General por Sitio - www.unisys.com.ar

http://www.cloudingsoft.com.ar/		Utilizando ARWEB max comprobacion manual				Utilizando TAW max comprobacion manual			
Principales	Criterios de Conformidad	Arriba		Centros		Arriba		Centros	
		Subtotal	Nivel A	Subtotal	Nivel A	Subtotal	Nivel A	Subtotal	Nivel A
Perceptible	1.1 Contenido No Textual	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2 Solo Audio y Solo Video (pregrabado)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.1 Substitutos (pregrabados)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.2 Substitutos (pregrabados)	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.2.3 Audio-descripción o Alternativa Multimedia	4	4	4	4	4	4	4	4
Operable	1.3 Información y Relaciones	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.3.1 Secuencia Significativa	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.3.3 Características Sensoriales	4	4	4	4	4	4	4	4
	1.4.1 Uso del Color	4	4	4	4	4	4	4	4
1.4.2 Control de Audio	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total		28	28	28	28	28	28	28	28
Operable	2.1.1 Teclado	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.1.2 Sin Trampa de Teclado	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.1.3 Límite de Tiempo Asincrono	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.2 Pasar, Detener, Ocultar	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.3 Tres Teclados o Por Debajo del Umbral	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.1 Botón Bluetooth	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.2 Página Teclada	4	4	4	4	4	4	4	4
	2.4.3 Orden de Foco	4	4	4	4	4	4	4	4
2.4.4 Propósito de un vínculo	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total		32	32	32	32	32	32	32	32
Compreensible	3.1 Idioma de la Página	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.2 Con Foco	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.2.2 Con Entrada de Datos	4	4	4	4	4	4	4	4
	3.3 Identificación de Errores	4	4	4	4	4	4	4	4
3.3.2 Instrucciones e Etiquetas	4	4	4	4	4	4	4	4	
Total		12	12	12	12	12	12	12	12
Robusto	4.1.1 Interpretación	4	4	4	4	4	4	4	4
	4.1.2 Nombre, rol, valor	4	4	4	4	4	4	4	4
Total		8	8	8	8	8	8	8	8
Total		72	72	72	72	72	72	72	72

Figura 12: Resumen General por Sitio - www.cloudingsoft.com.ar

4.1. Resumen de puntajes x sitio y por herramienta

En el siguiente cuadro se presentan los puntos obtenidos para toda la muestra tomada y para ambas herramientas. De cada sitio se muestra el puntaje de la página de inicio, la de servicios y la de contacto respectivamente.

Evaluación de accesibilidad de acuerdo a Norma 2.0 - ONTI - Disp. N° 2/2014				
Nivel evaluado: A	Periodo evaluación:	Desde:	Hasta:	Or/08/18
Se indican los 3 valores de las 3 paginas evaluadas por sitio, según la herramienta utilizada.				
Sito evaluado	URL	ARWEB	TAW	PUNTO
Hipermetra	http://www.hipermetra.com.ar/	72-72-72	72-72-72	72-72-72
Unisys	http://www.unisys.com.ar/	72-72-72	72-72-72	72-72-72
Cloudingsoft	https://www.cloudingsoft.com/	72-72-72	72-72-72	72-72-72
Security Advisor Argentina S.R.L	http://www.safar.com.ar/	68-72-72	72-72-68	72-72-68
Document-Consulting	http://www.document-consulting.com/	70-72-72	72-72-68	72-72-68
BVS TV S.A.	http://www.bvstv.com/	66-68-66	66-68-66	66-68-66
Latimack Digital S.A.	http://www.latimack.com.ar/site/home	60-60-64	60-60-64	60-60-64
Entornos Educativos S.R.L.	http://www.entornos.com.ar/	72-68-68	70-70-72	70-70-72
Corporate Comp S.A.	http://www.corporatecomp.com.ar/	70-72-68	72-70-68	72-70-68
Base Global S.A.	http://www.baseglobal.com.ar/	66-68-64	66-68-64	66-68-64
ACCYS S.A.	http://www.accys.com.ar/	88-88-88	88-88-88	88-88-88
Novatech Solutions S.A.	http://www.novatech.com.ar/	72-72-72	88-70-68	88-70-68
TANDI S.A.	http://www.tandi.com.ar/	60-64-64	50-70-64	50-70-64
ERICAP INSUMOS	http://www.ericap.com.ar/	68-68-68	68-68-68	68-68-68
DISTECNA S.A.	http://www.distecna.com/Default.aspx	64-64-64	60-60-60	60-60-60
Fusap S.R.L.	http://www.fusap.com.ar/	72-72-60	68-72-64	68-72-64
FIRST SYSTEMS S.R.L.	http://www.firstsystems.com.ar/	72-72-64	72-70-60	72-70-60
Erreer S.A.	http://www.erreer.com.ar/	64-64-64	64-64-64	64-64-64
MIND & TECH S.A.	http://www.tech-mind.com/tes/index.html	68-68-68	68-68-68	68-68-68
DICOMTEC S.R.L.	http://www.dicomtec.com.ar/	80-72-68	80-80-72	80-80-72
APERION IT	http://www.aperion-it.com.ar/	68-68-72	68-68-72	68-68-72
Archivos de Sur S.R.L.	http://www.archivosde.com.ar/	72-68-64	72-64-64	72-64-64
XV-TECH	http://www.xv-tech.com/	72-72-72	68-68-68	68-68-68
QMAX S.R.L.	http://www.qmax.com.ar/	68-68-68	68-68-68	68-68-68
Compañía General de Software	http://fms.com.ar/	70-72-72	84-68-68	84-68-68
Callinix & Networking de	http://www.callinix.com.ar/	72-72-64	68-70-64	68-70-64
Avantecon S.A.	http://www.avantecon.com.ar/	70-70-70	80-80-80	80-80-80
Metacontrol Argentina S.A.	http://www.metacontrol.com.ar/	72-72-72	72-72-72	72-72-72
HOUSE INTERNET S.R.L.	http://www.house.com.ar/	64-72-64	64-72-68	64-72-68
Softing S.R.L.	http://www.c-softing.com.ar/	72-60-60	64-60-60	64-60-60
Novays S.R.L.	http://www.novays.com.ar/novays/index	70-70-70	80-80-80	80-80-80
Kutarekeds S.A.	http://www.kutarekeds.com.ar/	72-72-72	72-73-72	72-73-72
DATAL S.A.	http://www.datal.com.ar/	70-64-64	68-68-64	68-68-64
Telefónica	http://www.telefonica.com.ar/	56-64-72	64-68-60	64-68-60
ICAP S.A.	http://www.icap.com.ar/	72-70-70	72-72-72	72-72-72
CORADR S.A.	http://www.coradr.com.ar/	68-68-68	68-68-68	68-68-68
DINATECH S.A.	http://www.dinatech.com.ar/	64-64-64	64-64-64	64-64-64
Polytech S.A.	http://polytech.com.ar/	72-68-64	72-73-64	72-73-64
Technoflowers S.A.	http://www.technoflowers.com/	64-68-72	64-68-68	64-68-68
Intech Computacion S.R.L.	http://www.intechcomp.com.ar/intechcomp/index	72-80-72	80-73-64	80-73-64

Figura 13: Puntos de los sitios TAW y ARWeb

Las diferencias de puntos entre ambas herramientas radica en las tecnologías que utiliza cada una de ellas. La herramienta TAW [6] analiza la tecnología javascript mientras que ARWEB [1] no lo hace. También ARWEB [1] está desarrollada en base a la legislación Argentina y obtiene directamente los resultados en puntos de acuerdo al anexo 2 de la disposición 2/2014. La herramienta TAW [6] obtiene errores, advertencias y criterios no verificados siendo tarea del analista de accesibilidad determinar el cumplimiento o no del criterio.

4.2. Análisis Gráficos

En los siguientes gráficos se visualizan los puntos con menor valor de las tres páginas de cada sitio web de la muestra. Se visualizan dos líneas correspondientes a los 50 y 80 puntos respectivamente.

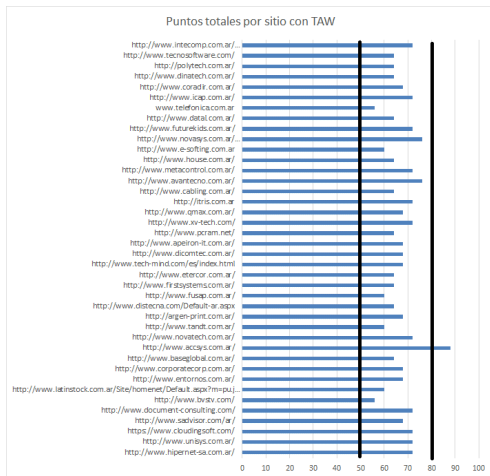


Figura 14: Puntos totales por sitio con TAW

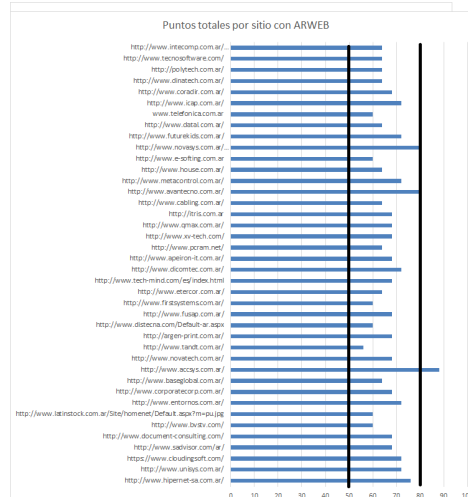


Figura 15: Puntos totales por sitio con ARWeb

- Falta de acceso mediante teclado.
- No se declara el idioma.
- Mal uso en el lenguaje de Marcado.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

Se analizaron tres páginas web de cada sitio que comprende un universo de 40 sitios de proveedores del Estado Argentino. La evaluación se realizó con herramientas de medición automática y luego una revisión final en forma manual.

Dentro de los principales errores de accesibilidad se encontraron los siguientes:

- Ausencia de etiquetas alternativas para los elementos no textuales.
- Falta de estructura e identificación de elementos.

En el análisis utilizando TAW [6] el 100 por ciento de los sitios superaron el mínimo necesario de 50 puntos requeridos para el primer periodo de evaluación y un solo sitio, es decir el 2.5 por ciento, superó los 80 puntos del segundo periodo de evaluación. En el análisis utilizando ARWeb [1] el 100 por ciento de los sitios superaron el mínimo necesario de 50 puntos requeridos para el primer periodo de evaluación, encontrándose que el 7.5 por ciento de los sitios llegan al mínimo de 80 puntos y un solo sitio, es decir el 2.5 por ciento, superó los 80 puntos del segundo periodo de evaluación. Se tiene que destacar, solamente las diferencias entre ambas herramientas, que radican en la tecnología que analiza cada una. TAW [6] analiza javascript y ARWeb [1] sólo analiza las tecnología de html y css. Sin embargo,

no presentan diferencias en cuanto a la determinación de si es accesible o no un sitio ya que para ambas herramientas se obtuvieron similares conclusiones. Como la herramienta ARWeb [1] se basa en la disposición 2/2014 y es la que más se adecúa a la ley argentina, es la que se debería usar para analizar sitios argentinos. De todas formas, ninguna herramienta por si sola arroja resultados definitivos, es recomendable una revisión manual de resultados obtenidos, para poder realizar ajustes de ser necesario.

Se detectó un muy bajo nivel de accesibilidad con respecto a otros países (Internacionalmente se considera el nivel AA como accesible).

Como futuras líneas de investigación se debería:

- Desarrollar una comunidad de colaboradores de ARWeb [1] como herramienta de análisis de sitios web argentinos implementándose un sitio para su mejoramiento con la colaboración de ingenieros, licenciados o técnicos en informática. Dentro de las mejoras a realizar se encuentra la incorporación para el análisis de otras tecnologías como por ejemplo javascript.
- Agregar criterios de nivel AA y AAA.
- Desarrollar una propuesta para pasar ARWeb para su uso de forma online.
- Concientizar a la APN.

6. Agradecimientos

- A nuestra tutora Bibiana Delmira Rossi que nos guió en toda la realización del presente Proyecto Final de Ingeniería.

- A la Universidad que nos brindó sus conocimientos para ser mejores personas y buenos profesionales.
- A los profesores que son un ejemplo por seguir para todos los estudiantes y el motor del crecimiento del país.
- A Pablo Pandolfo por su colaboración con la herramienta ARWeb [1] que utilizamos aquí.
- A nuestras respectivas familias por su paciencia y acompañamiento permanente.

Referencias

- [1] ARWeb - [en línea]. 2016. [consulta 01 agosto 2016]. ¡<https://sites.google.com/site/uadeticarweb/arweb-deploy>!
- [2] LEY 26653/2010 ACCESIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN [en línea] . [consulta 27 de agosto de 2016]. ¡<http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/175000-179999/175694/norma.htm>!
- [3] ONTI. DISPOSICIÓN N 2/2014 [en línea] . 2014 .[consulta 14 de octubre de 2016]. ¡<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/230000-234999/233667/norma.htm>!
- [4] PODER EJECUTIVO NACIONAL, DISPOSICIÓN ONTI 02/2014. AGOSTO DE 2014 [en línea]. AGOSTO 2014. [consulta 14 de septiembre de 2016]. ¡<http://www.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/230000-234999/233667/norma.htm>!
- [5] PORTAL DE COMPRAS PÚBLICAS ELECTRÓNICAS. COMPRAR [en línea] . [consulta 23 de agosto de 2016]. ¡<https://comprar.gob.ar/>!
- [6] TAW. FUNDACIÓN CTIC [en línea]. 2000. [consulta 01 julio 2016]. ¡<http://www.tawdis.net/index.html?lang=es>!

Brazo Robótico programable basado en open source platform, construido a partir de materiales de computación y otros reciclados en desuso

Maneiro Alejandro F. aleframan@Gmail.com
López Villafañe Gonzalo gonza_lv7@yahoo.com.ar

Universidad de la Marina Mercante, Facultad de Ingeniería.

Resumen

El presente trabajo se llevó a cabo como Proyecto Final Integrador de los alumnos del último año de la carrera de Ingeniería en Sistemas, en la Universidad de la Marina Mercante. El motivo que dio origen a la idea fue la propuesta de la Universidad, de que los alumnos participaran de proyectos de investigación, utilizando materiales de computación en desuso.

La Universidad facilitó lotes de material de computación (impresoras, computadoras), así como rezagos metálicos sobrantes de obras de mejoras en el edificio.

El desafío consistió en la construcción de una máquina a partir de dichos materiales, escasos, utilizando Open Source no dependiendo de software con licencias y además superar limitaciones de recursos físicos.

Otro aspecto consiste en aportar un diseño capaz de permitir futura expansión, escalabilidad, transformable, adaptable a nuevas tecnologías, hecho fundamental para su utilización en ámbitos de enseñanza aprendizaje.

Una máquina que ayude al hombre y lo aisle de factores de riesgo en un trabajo de naturaleza insalubre, que le permita integrarse a nuevas tecnologías de fabricación y no lo desplace de su fuente de trabajo.

Palabras Clave

Material en Desuso, Open Source, Robótica, Investigación, Medio ambiente.

1. Introducción

El presente trabajo, surgió en el ámbito del desarrollo del proyecto final de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la UdeMM, en tanto la Universidad propuso la convocatoria tanto a docentes como a alumnos para la participación y el desarrollo de proyectos de investigación, proponiendo en un primer lugar, la presentación de una temática, (propuesta o idea), la que luego de ser evaluada y aceptada; como una extensión de ello, para

los casos que se consideraran viables, se recibe el aporte de recursos necesarios, para darle impulso y que de esa forma se lograra su concreción. Entre otras posibilidades como la de poder participar en un congreso, inclusive dar difusión de la propuesta en los ámbitos educativos para que se siga desarrollando hacia el futuro, por ejemplo, con la incorporación de nuevas tecnologías de control a distancia. Otro aspecto que se planteó durante el desarrollo fue: la posibilidad de que se reúnan las distintas ingenierías para lograr la necesaria cooperación, colaboración, integración e intercambio en el diseño y construcción del prototipo, hecho fundamental para el desarrollo profesional de los futuros profesionales, en beneficio de todas las carreras.

¿Por qué se pensó en un Robot?

Porque basándonos en la reutilización de materiales de electrónica en desuso, necesariamente nuestro proyecto tendría importantes atributos físicos o connotaciones de hardware, más la componente de control por software, o sea que si pensamos en computadoras e impresoras en desuso, necesariamente íbamos a concluir en un modelo físico controlado por software.

2. Desarrollo

La aplicación práctica a la operación de soldadura, deriva, de una idea anterior, de uno de los integrantes del equipo, por experiencias en métodos y procesos de la industria metalúrgica, con la visión de que existe un problema que, si bien se encuentra resuelto en parte, todavía quedan temáticas pendientes, por ejemplo:

Existen equipos automáticos programables que reemplazan al ser humano excluyéndolo del trabajo, en nuestro caso lo aislamos del foco de riesgo, pero no lo excluimos del trabajo o sea que hablamos de “integración hombre máquina”, la máquina ayuda al hombre no lo debe excluir de la fuente de trabajo.

Se espera de la solución que: el operador incremente su formación técnica incorporando conceptos de programación en un lenguaje simple de comprender y que con fáciles instrucciones pueda controlar el proceso, que la máquina acceda a las tareas de riesgo en lugar del hombre, que el mismo no se encuentre expuesto a radiaciones UV y otras de tipo ionizantes, en caso de utilizar electrodos rútlícos¹.

Otro problema son los gases derivados de la fusión de los metales (sublimados) que ingresan al sistema respiratorio del operador, aún con la utilización dispositivos de seguridad personal.

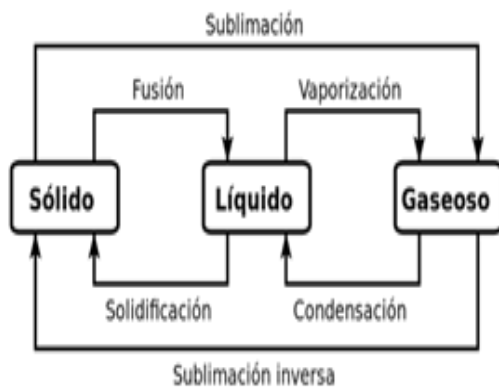


Figura 1

La figura 1 muestra un diagrama en el que se representa el proceso de sublimación y de sublimación inversa.

Otro problema son las radiaciones ionizantes: son aquellas radiaciones con energía suficiente para ionizar la materia,

¹ El rutilo es un mineral del grupo IV (de acuerdo a la clasificación de Strunz) cuya composición química es óxido de titanio (IV) (TiO₂). Descrito por vez primera por Abraham Gottlob Werner en 1803, su nombre procede del latín rutilos, «rojo», en referencia al color rojo intenso de algunas muestras.

extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.

La Figura 2, muestra un gráfico representativo de la permeabilidad a la radiación permitida por distintos materiales.

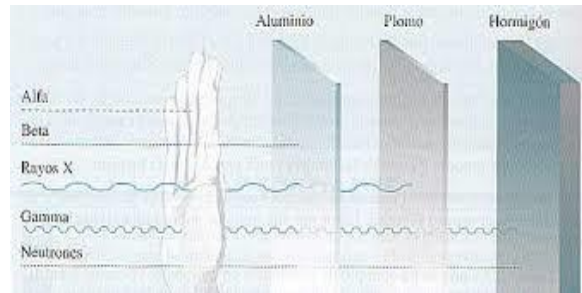


Figura 2

Con respecto a la existencia de robots específicos para soldar en la industria y otros equipamientos, los mismos ya existen, en algunos casos con bastante independencia del ser humano.

Existen los equipos autónomos operados en forma remota wi-fi, con los que desarrollan su tarea, con tal eficiencia, que la misma es certificada por los estándares de calidad para la industria naval. Uno de los problemas que se quiere resolver es salvaguardar al trabajador del riesgo por emisión de radiaciones, gases y polvos derivados de la fusión de los metales y otros compuestos participantes en el proceso de soldadura, capacitarlo en el uso de nuevas tecnologías sin desplazarlo de su puesto de trabajo. Uno de los principales agentes de riesgo en el proceso de soldadura es la presencia de metales en estado gaseoso debido a la temperatura y del riesgo del ingreso de los mismos al sistema respiratorio del ser humano. La utilidad que se espera de la solución Es múltiple: Protección, ante todo: del operador a los efectos de aislarlo de la fuente de emisiones radiantes y tóxicas. Profesionalización: del operador, a través de la capacitación y de la utilización de una herramienta de ayuda (asistencia) con múltiples aplicaciones y adaptable a distintas situaciones dentro de las limitaciones propias del equipo para este caso al tratarse de un prototipo estacionario.

Conservación del puesto de trabajo el operador, entendiendo que la utilización del dispositivo robótico no reemplaza al operador, sino que solo se encarga de desarrollar la operación que constituye el riesgo para el ser humano. El operador pasaría solamente a ocuparse de las siguientes tareas: Preparación del trabajo (carga de materiales) a soldar y sujeción de los mismos, carga de materiales de aporte y posicionamiento inicial, de la torcha de soldadura operación del sistema de control desde el pc, con el consiguiente proceso de desmontaje de las piezas soldadas y por último limpieza y control de calidad del trabajo. Las aplicaciones prácticas del presente trabajo será en ámbitos de la industria de la producción metalúrgica, de distinta naturaleza como ser: la industria naval, minera, construcciones metálicas en general, donde existen procesos de soldadura de baja complejidad. O sea que estaríamos refiriéndonos a los casos en que aparecen movimientos simples del brazo de un operador (se trataría de movimientos lineales y recorridos cortos de 100 a 150 milímetros), para el caso del prototipo presentado.

El presente proyecto busca adicionalmente, demostrar que se puede construir un prototipo de robot para asistir el trabajo de soldadura, a partir de rezagos de (lotes de material de computación en desuso), se puede construir un equipo que ayuda al trabajador, y que dicho equipamiento es fundamental, por ejemplo en la industria naval considerada uno de los motores de la economía de los países desarrollados, en el que dicho equipamiento existe (a un precio muy elevados en los contextos en que nos encontramos), y demostrar que con esfuerzo en dos cuatrimestres a partir de mínimos recursos iniciamos el camino, dejando las posibilidades para la expansión y el desarrollo futuro de las nuevas generaciones de estudiantes.

El presente trabajo también se basa en open source buscando la independencia de todo tipo de licencias, o sea la utilización de software libre, lo que provee una ventaja

comparativa en lo que hace a costos de producción.

3. Etapas de desarrollo del Proyecto

Primera Etapa: El proyecto comienza con la propuesta de la Universidad lo que nos llevó, a la definición de los objetivos límites y alcances del Proyecto, de esa forma se pudo establecer los objetivos generales específicos y un esquema de requerimientos internos y externos, factibilidad, impacto y riesgos.

En simultáneo a dichas actividades, se organizó toda la gestión administrativa del proyecto documentando desde la organización formal por ser un proyecto de la Universidad pasando por un registro de comunicación interna, inventarios, cronogramas, cómputos de recursos de distinta naturaleza, croquis, planos, circuitos, análisis de componentes eléctricos y electrónicos y de sus compatibilidades, en el proceso de “integración del sistema”, etc.

Segunda Etapa: Se continuó con el desarrollo de los estudios de factibilidad: Social, Ambiental, Técnica, Humana, Legal, Económica, Financiera, Cronograma, analizados todos los puntos descriptos se les asignó una probabilidad de ocurrencia, luego efectuamos la valoración de impacto lo que nos permitió determinar la severidad en el desarrollo del proyecto priorizando las mismas y elaborando un plan de contingencia para asegurar la concreción del mismo, (Lo llamamos “Plan de acción ante eventuales problemas”). La definición de objetivos límites alcances requerimientos factibilidad, impacto y riesgos (Mayo de 2018).

Tercera Etapa: Se procedió a la recepción de materiales, el inventariado, catalogación, limpieza y reconocimiento.

Cuarta Etapa: Análisis de adaptabilidad, compatibilidad y de escasez de recursos.

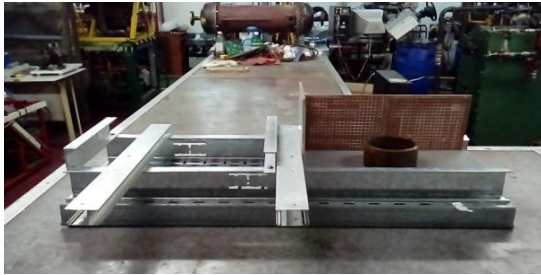


Figura 3

En la figura 3 se presentan los materiales, estudiando una de las posibles configuraciones de la máquina, la que finalmente fue adoptada, se puede observar en el sector derecho el espacio de operación, aislado térmicamente y el sector izquierdo dónde finalmente se montaría el brazo con sus dispositivos de control (Junio de 2018).

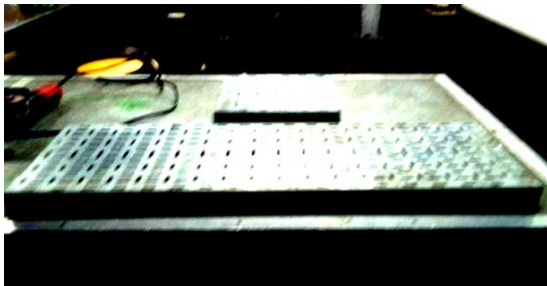


Figura 4

En la figura 4 se puede observar las primeras tareas de corte y montaje del chasis de la máquina (Julio de 2018).

Quinta Etapa: Reconocimiento de la computadora personal en desuso, instalación de disco duro, revisión del estado del mismo, pruebas e instalación del siguiente software.

Sistema operativo distros Cúb Linux.

Instalación de entorno de desarrollo Arduino versión 3.

Instalación de software Planner, para el seguimiento y control del proyecto.

El hecho de la no dependencia de licencias de uso de software lo consideramos de gran importancia al tiempo de evaluar los costos.

Sexta Etapa: Inicio del mecanizado y montaje de piezas del prototipo.-



Figura 5

En la figura 5 se muestran los materiales disponibles y el inicio de su mecanizado (Setiembre de 2018).

Séptima Etapa: De acuerdo a los requerimientos ya establecidos se pensó en la elaboración de un arreglo longitudinal, con posibilidades tales, que nos permitiera componer un brazo con desplazamiento lineal, por una distancia compatible con la de desplazamiento de un carro de impresora (de las cuales disponíamos de variados modelos). O sea que en realidad nos estábamos adaptando a los recursos disponibles en dimensión y capacidad.

Octava Etapa: Es por ello que la configuración y o forma del prototipo es de desarrollo longitudinal, además para fabricar un chasis Figura 4 auto portante solamente disponíamos de un resto de bandeja porta cable, el cual dimensionalmente disponía de las medidas aproximadas e inclusive alcanzo justo para construir los terminales o punteras, dándonos la posibilidad, que debido a que el chasis es de chapa perforada, nos permite hacer pruebas de posición, buscando un óptimo, para fijar el resto de los soportes y estructura.

Novena Etapa: Cada Etapa concluye con la elaboración de croquis y planos adjuntos a la documentación del prototipo y ordenamiento y catalogación de la documentación.



Figura 6

Confección de la documentación.

En muchos casos partimos de métodos empíricos, luego adoptamos y documentamos el resultado aceptado.

Décima Etapa: Se estudiaron movimientos, desplazamientos combinados, contrapesos, equilibrio del brazo propiamente dicho.

Décimo primera Etapa: Estudio de dispositivos motrices y de control de movimientos, definición del tipo de motores, y tipo de controlador, para determinar el posicionamiento del brazo y controlar los movimientos del mismo, se encontraron varias formas efectivas de configurar un arreglo eficaz, siempre limitándonos a los materiales disponibles, lo que se muestra en la Figura 7.



Figura 7

Décimo Segunda Etapa: Para el control principal del brazo robótico, se ha dispuesto de una tarjeta Arduino Uno, sobre la que se montó una Shield CNC y sobre esta última dos núcleos controladores A4988. Y como elementos motrices dos motores paso a paso NEMA 17 de 5volt y 19 Newton/cm. Brida1.7”

Obteniendo como fuente de tensión, la de un computadora personal (pc) en desuso salida de 5 volt calibrados lo que se puede ver en la Figura 8.

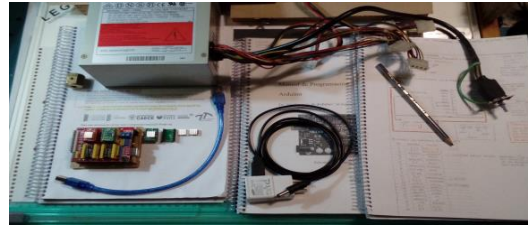


Figura 8

Podemos observar en la Figura 8 el cable de datos USBA-USBB para enviar los datos desde la pc al controlador, y un cable USB para la alimentación externa de los motores. Décimo Tercera Etapa: Con respecto al lenguaje de programación para Arduino: se reproduce a continuación parte del código, se trata de un lenguaje estructurado de sintaxis muy similar al lenguaje ANSI C.

Se transcribe un ejemplo de sintaxis:

```
// Define los pines del motor
#define MOTOR_DIR_1 8
#define MOTOR_DIR_2 7
// Define el pin de velocidad (Enable A) y debe ser un pin PWM
#define MOTOR_VELOCIDAD 9
// Define constantes para velocidades. Rango 0-255.
#define VELOCIDAD_MAX 255
#define VELOCIDAD_MEDIA 175
#define VELOCIDAD_BAJA 100
void setup() {
  // Inicializamos los pines del motor
  pinMode(MOTOR_DIR_1, OUTPUT);
  pinMode(MOTOR_DIR_2, OUTPUT);
  // Iniciamos con el motor parado
  pararMotor();
  // Iniciamos Monitor Serial y mostramos menu por primera vez
  Serial.begin(9600);
  mostrarMenu();
}
void loop() {
  char input = '0';
```

Décimo Cuarta Etapa: Estudio de efectos por ruido térmico en el brazo por cuanto el cable por donde pasa la corriente conduce aproximadamente entre 150 a 200 amperes, el mismo quedaría confinado dentro del brazo, el cual conforma una Jaula de Faraday conectada a tierra (GND), por cuanto existe cercanía con las plaquetas electrónicas del control del brazo.

Décimo Quinta Etapa: Con respecto al brazo en si, se buscó componer un arreglo lo más liviano y robusto posible. En cuanto a los elementos disponibles, solo se contaba con un perfil prismático de aluminio, dicho arreglo al cual se le adosaron ruedas tipo carril de acero con rodamientos, dicho arreglo se descarto y se reemplazo por las correderas guiadas para asegurar un mínimo rozamiento dado a que en principio los motores de los que disponemos poseen poco torque evitando así el problema del descarrilamiento del brazo.

4. Trabajos Relacionados

Hemos encontrado trabajos similares con respecto al reciclado de materiales para aplicarlos a robótica para utilización con fines educativos, pero no con aplicaciones específicas en máquinas para soldadura con metales.

5. Trabajos Futuros

Con respecto a las posibilidades futuras: se proyecta incorporar nuevos movimientos combinados.

Ampliando el espectro operacional, otra posibilidad es la de continuar investigando con distintas tecnologías de soldadura como ser MIG/MAG, TIG.

Algunos de estos métodos de soldadura son más efectivos, limpios y confiables que el de la utilización de electrodo revestido. Otra futura línea de investigación es la del robot no estacionario controlado por wi-fi que pudiera operar en espacios estrechos, o en otras condiciones.

Si bien la presente propuesta propone la utilización de software libre existe, otra línea de investigación utilizando software propietario trabajando con el puerto paralelo, programando el lenguaje Visual Basic, desarrollando una plaqueta adquisidora de datos, utilizando por ejemplo un transistor integrado SN74LS244N, a los efectos de disponer de el hardware necesario para el control de movimiento de los motores de accionamiento.

El brazo puede estudiarse dándole mayor robustez para ser utilizado como plotter, máquina de corte tipo pantógrafo, fresadora agregándole movimiento en un tercer eje z,

como impresora 3D, e integrarse a sistemas CAD/CAM, lo cual será el próximo paso, como desafío.

6. Conclusión:

El trabajo presentado consiste en la construcción de un equipamiento tipo brazo robótico, construido a partir de materiales de computación y otros reciclados en desuso, con múltiples aplicaciones desde el punto de vista de la enseñanza e integración de las distintas Ingenierías y Licenciaturas, ya sea en el desarrollo del software, en el caso de incorporar nuevos complementos o accesorios al proceso de soldadura, por ejemplo si utilizo el sistema TIG tendríamos que agregar un alimentador de material de aporte, lo que implica diseñar un mecanismo adicional motorizado con su correspondiente software de control, lo que daría la posibilidad de la integración a la Ingeniería Mecánica en el diseño del dispositivo, a la Ingeniería Electromecánica en el sistema de motorización, a la Ingeniería electrónica replanteando la utilización del controlador y driver utilizados, o diseñar plaquetas específicas para las prestaciones requeridas, racionalizando el costo de los componentes.

También integrar a la Ingeniería Industrial en el estudio de la incorporación de nuevas tecnologías aplicadas a trabajos asistidos por computadoras (CAM).

En el caso de otras ventajas como la de aislar al operador, de los agentes nocivos de la soldadura, es importante integrar a la licenciatura en Higiene y Seguridad en el trabajo, a los efectos de investigar nuevas instalaciones que de todos modos requieren aislaciones especiales, e integrar a la Licenciatura en Gestión Ambiental investigando el impacto ambiental que producen las nuevas tecnologías.

El movimiento que desarrollará el robot será el necesario para representar la operación de soldadura tipo eléctrica en ámbitos de laboratorios.

El robot dispondrá en el extremo de su brazo operativo, una platina esquemática representativa de las posibilidades para el montaje de un dispositivo tipo tocha. El

sistema operativo instalado en la computadora de control será de software libre de código abierto distros Cúb Linux.

El prototipo se define como modelo tipo maqueta, con la robustez que se requiere, solo para la demostración de sus capacidades de movimiento.

Otras características:

El robot-sistema, no sustituye la supervisión humana en el proceso de configuración y operación.

El robot-sistema requiere la previa configuración por parte de un operador capacitado, para que desarrolle su operación. Los movimientos y distancias máximas alcanzadas por el brazo robótico se limitan a las dimensiones del mismo, no superando un máximo de desplazamiento lineal de 100 mm. El modelo tipo maqueta no posee la robustez que requiere la operación real, solo demuestra la secuencia y capacidades de movimiento. El modelo tipo maqueta no posee capacidades de operación en condiciones diferentes a las del laboratorio de la Universidad (UdeMM). Para desarrollar otras prestaciones en ambientes complejos sería en este caso una propuesta futura.

Se comprueba que, debido a la naturaleza de la operación de soldadura, se limita la reutilización de partes plásticas de mecanismos provenientes del reciclado de impresoras.

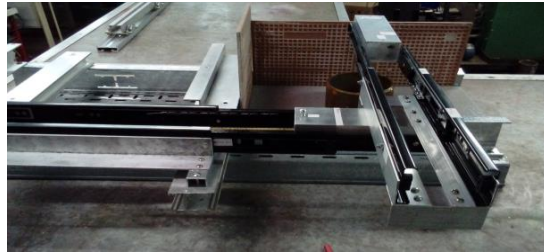


Figura 9

La Figura 9 Muestra el resultado y avance del proyecto a la fecha (octubre de 2018).

Referencias

- [1]. Arduino Notebook: A Beginner's Reference
Written and compiled by Brian Evans
Manual de Programación Arduino
Traducido y adaptado por José Manuel Ruiz Gutiérrez
- [2]. Visual Basic 3.0
Autor: Manuel Achával
Editorial: Métodos S.A., ISBN: 950-9831-86-7
- [3]. Soldadura Aplicaciones y Práctica
Autor: Henry Horwitz, P.E.
Editorial: Alfaomega, ISBN: 968-6062-73-4
- [4]. Cómo Elaborar y asesorar una investigación de Tesis
Primera Edición
Autor: Carlos Muñoz Razo
Editorial: Prentice Hall, ISBN: 970-17-0139-9
- [5]. Proyectos de Máquinas Tomo 1
Autor: Pablo Tedeschi
Editorial: Editorial Universitaria de Buenos Aires., ISBN: -*-
- [6]. Proyectos de Máquinas Tomo 2
Autor: Pablo Tedeschi
Editorial: Editorial Universitaria de Buenos Aires., ISBN: -*-
- [7]. Autocad V.14 Manual de actualización
Autor: José A. Tajadura, Javier López
Editorial: Mc Graw Hill, ISBN: 84-481-1286-5

CareÜ: Sistema de Gestión y Control de Dietas

Bianchetti, Nicolás-Codes, Juan-Lucатели, Julián-Sanoguera, Florencia-Viñuela, Joaquín

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

Resumen

En este artículo se presenta el proyecto final de carrera de Ingeniería en Sistemas de Información, una solución ante la problemática encontrada en la sociedad respecto a la alimentación, según el gobierno nacional se registra que 6 de cada 10 adultos padecen exceso de peso, en cuanto a niños y niñas de edad escolar, el 30% presenta problemas de sobrepeso y el 6% obesidad. Sólo el 2% de la población Argentina cumple con las recomendaciones de las guías alimentarias.[1].

La implementación del Sistema de Gestión y Control de dietas pretende abordar la problemática mencionada, a través de una plataforma web, capaz de generar y controlar los planes alimentarios tomando las recomendaciones de los especialistas, según las diferentes restricciones (enfermedades, tipos de actividades, tipos de alimentos predilectos, etc.) que puedan presentar los usuarios. El Sistema busca ser una herramienta de ayuda tanto para el ciudadano como para el profesional de la nutrición.

Abstract

This article presents the final project of Engineering in Information Systems, a solution to the problems found in society with regard to feeding, 6 out of 10 adults are overweight, as for in school-age children, 30% have overweight problems and 6% have obesity.

Only 2% of the Argentine population complies with the recommendations of the dietary guidelines.

The System of Management and Control of diets allows to approach the mentioned problem, through a web platform, able to generate and control the alimentary plans taking the recommendations of the specialists, according to the different restrictions that the users can present. The System aims to be a tool to help both the citizen and the nutrition professional.

Palabras Clave

Gestión de consumo alimentario, Auto-gestión de dieta del paciente, Plan alimentario, Restricciones alimentarias, Perfil de necesidades energéticas.

Introducción

CareÜ [kɛəju/] surge ante la necesidad de disponer un sistema que realice el control y la gestión de dietas según los distintos tipos de regímenes y limitaciones alimentarias, ya que los sistemas existentes de similares características no contemplan todas las necesidades tanto de los ciudadanos que deseen seguir una dieta como de los profesionales de la nutrición.

Según los índices obtenido por el Ministerio de Salud, más del 50% de la población en Argentina tiene exceso de peso[17]. Esto aumenta el riesgo de tener más de 200 problemas que afectan la calidad de vida.

La desnutrición y la mala alimentación no son un detalle menor. Una persona puede estar debajo de su peso saludable por cuestiones genéticas, hormonales, por enfermedades y demás.

Estos problemas de salud crónica, los cuales no aparecen en un día ni se solucionan en una semana, deben ser considerados y tratados. La alimentación saludable y la actividad física son medidas efectivas para prevenir y controlar estas problemáticas.

El principal inconveniente que tiene la gente al comenzar un plan alimentario es que la predisposición a cumplirlo y la buena acción se queda en el propósito y no perdura en el tiempo por diversas razones.

Respecto de los profesionales de la alimentación se presentan diversas dificultades al momento de generar dietas a sus pacientes y aún más cuando deben tener en cuenta las particularidades de cada uno; tales como las distintas actividades que realizan, enfermedades que padecen,

alimentos que quieren excluir o incluir en ellas, entre otras.

CareÜ se distingue por su precisión en los cálculos necesarios para realizar las dietas, como IMC (índice de masa corporal) y conteo de calorías, por estar orientado al público en general y no sólo estar destinadas a un grupo etario en particular, la mayoría de los sistemas existentes con las mismas similitudes sólo se enfocan en personas de 18 a 60 años aproximadamente.

Se destaca también por tener en cuenta los casos especiales que puede presentar el paciente, ya sea porque padece alguna enfermedad que le impida seguir un plan alimentario con todo tipo de alimento (como celíacos o diabéticos) o por ideología de vida (vegetarianismo).

El sistema es capaz de generar un proceso de control, gestión y automatización de dietas a través de dos roles principales: **El paciente y el nutricionista**. El sistema posibilita la agilización y optimización de las tareas de un profesional al asignar una dieta, que el paciente pueda ingresar sus datos y obtener un plan de alimentación genérico y automático según sus necesidades, facilitando la información nutricional sobre los platos a consumir. También se pretende que tanto el Paciente como el Nutricionista puedan acceder a reportes de consumos para comparar resultados, observar estadísticas y sacar conclusiones.

Desarrollo

CareÜ es un sistema de control y gestión de dietas que permite a sus usuarios realizar un seguimiento de sus actividades nutricionales brindando información en tiempo real acerca de cuáles son los alimentos que el sistema sugiere y cuales son los que el paciente consume, los valores nutricionales, actividades físicas que planifica el paciente al momento de cargar su ficha médica y las que efectivamente hace durante el transcurso de la dieta.

Además, CareÜ suministra información acerca de dietas personalizadas dependiendo de ciertos factores provenientes del perfil de necesidades energéticas del paciente.

Cuando el usuario interesado en realizar una dieta, de ahora en más paciente, ingresa al sistema y registra sus datos personales, se le anexa una ficha médica que contiene una descripción exhaustiva sobre su estado de salud y detalle de sus actividades diarias. Esto le permite al sistema construir y proveer un perfil de necesidades energéticas automáticamente a fin de satisfacer las necesidades nutricionales del paciente de forma que se priorice su bienestar. También tiene la opción de realizar un seguimiento particular, es decir, con un nutricionista o de forma individual.

Respecto del nutricionista, puede gestionar de forma eficiente el control y seguimiento de sus pacientes; pudiendo modificar, en caso de ser necesario, los datos personales y la ficha médica con sus respectivos factores determinantes, obteniendo un perfil de necesidades del cual pueda modificar los valores que crea conveniente, ya que se considera que el profesional posee el criterio suficiente para realizar esa tarea. También tiene la posibilidad de crear manualmente un plan alimentario específico para el paciente en cuestión.

El sistema cuenta con un sitio web que brinda información sobre los servicios y funcionalidades disponibles.

La idea de la plataforma web surge debido a la facilidad de adaptación y acceso a través de distintos medios electrónicos.

El sistema se divide en varios módulos, donde cada uno trabaja las funcionalidades más importantes. En la figura 1 se puede ver los Casos de Uso principales, que destacan las funcionalidades primordiales del sistema.

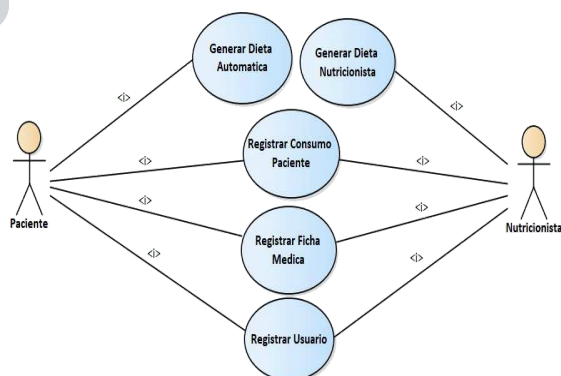


Figura N°1: Modelo de Casos de Uso (CU Principales)

A continuación detallamos los módulos con los que trabaja el Sistema.

→ Módulo Nutricionista:

- Administrar sus datos y llevar un banco de dietas que asignó a sus pacientes
- Generar un perfil de necesidades para un paciente, realizar modificaciones en caso de necesitarlas y solicitar un set de posibles platos.
- Generar su propia plantilla de dieta para determinado paciente con platos que elija y para cada día colocar un plato sugerido por si el paciente desea modificarlo.
- Ingresar a una sección de consulta de datos de seguimiento de un paciente de una dieta específica para una fecha determinada.

→ Módulo Paciente:

- Registrar sus datos personales, sus factores de salud y actividades semanales.
- Generar un un perfil de necesidades genérico a partir de sus datos (perfil que no podrá modificar sin un nutricionista).
- Generar sugerencias sobre su índice de masa corporal y dicho paciente podrá especificar peso deseado al que pretende llegar.
- Acceder a una carpeta con el contenido nutricional de ciertos alimentos /platos (unificando cada 100 gr)

- Registrar su consumo diario y generar índices de sugerencias sobre el mismo.
- Seleccionar un nutricionista para realizar el seguimiento de su dieta

→ Módulo Administrador:

- Acceder a un módulo para administrar entidades pre configurables a partir de un rol administrador.
Este sitio permite gestionar las entidades comunes que utilizarán todos los usuarios del sistema como así también todos los estados relacionados a las clases.
Provee una forma fácil de parametrizar el sistema, permite también la creación y carga de nuevos roles; además de poder cambiar los permisos de los roles existentes.

El sistema además cuenta con un módulo específico de reportes, es decir, informes en tiempo real según el usuario sea nutricionista o paciente. Los mismos se detallan a continuación:

→ Reportes para el nutricionista:

- Reporte porcentaje de pacientes dentro de un rango de IMC, por rangos de edad, sexo, localidad, y/o provincia.
- Reporte porcentaje de población con cierta Enfermedad, por rangos de edad, sexo, localidad, y/o provincia.
- Reporte porcentaje de dietas terminadas a tiempo y dietas interrumpidas antes de fecha de fin.
- Reporte de porcentaje dietas finalizadas con éxito.
- Reporte de porcentaje de pacientes que realizan actividades según rangos de edad, sexo, localidad, y/o provincia.

→ Reportes para el paciente:

- Reporte de histórico de dietas finalizadas con fecha de inicio y fecha de fin.
- Reporte de platos más consumidos en las dietas generadas.
- Reporte de platos más seleccionados en las dietas generadas.

- Reporte de información nutricional por plato.

Es muy importante que la aplicación sea dotada con niveles de seguridad, para que no sea accedida ni utilizada por individuos no deseados.

Por ello el sistema realiza validación de datos, autenticación y autorización de los usuarios, además, como ya hemos mencionado, utiliza una jerarquía de roles de forma que distintos usuarios tengan distintos permisos y así restringir las funcionalidades de cada uno.

Por dicha razón, es que el cliente dispone de un usuario y de una contraseña, garantizando la seguridad en el traspaso de la información desde y hacia nuestro sistema en cada uno de sus módulos.

Todos estos aspectos los podemos ver reflejados en la figura 2, que detalla la arquitectura de nuestro sistema.

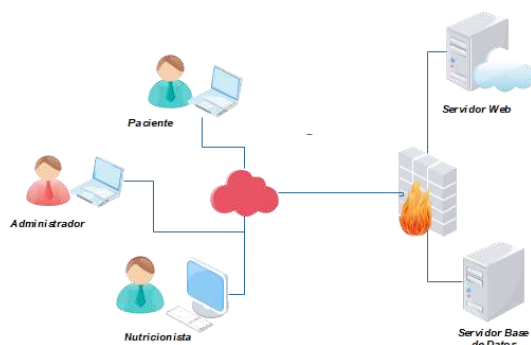


Figura N°2: Arquitectura del Sistema

Elementos de Trabajo y metodología

Debido a la naturaleza del proyecto, hay requisitos que no van a variar a lo largo del desarrollo y es por eso que se hace uso de una metodología tradicional ya que observamos que los requisitos en dicha metodología se caracterizan principalmente por tender a ser estáticos a largo plazo con lo cual el posible impacto de los mismos, no supone grandes inconvenientes.

También porque nos permite llevar un control sobre la planificación completa realizada, logrando percibir posibles atrasos

y tener un seguimiento de las tareas con sus influencias entre ellas. En dicha metodología pasamos por todas sus etapas de ciclo de vida como lo muestra la siguiente figura (Ver Figura 3)



Figura N°3: Ciclo de Vida (Metodología Tradicional) [12]

Las tecnologías principales utilizadas para el desarrollo de la aplicación son:

- GeneXus[2] como ambiente de desarrollo integrado, generador de código Java a bajo nivel.
- PostgreSQL[3] como sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos y open source.
- Bootstrap[4] como framework de Javascript y CSS que colabora con los estilos de las pantallas (embebido en Genexus).
- HTML5[5] como ambiente para el desarrollo de frontend (embebido en Genexus).
- Trello[6], es un gestor de proyectos ágiles que permite hacer un seguimiento completo de todo el ciclo de desarrollo del mismo, está alojado en la nube y se puede trabajar de forma colaborativa.
- Google Drive[7], como repositorio de documentos en la nube.
- Project[8] como herramienta para elaborar diagramas de Gantt.
- WhatsApp[9] como herramienta de comunicación interna del equipo.

- Paquete Office[10] para poder realizar la documentación pertinente al sistema.
- Windows 10[11] como sistema operativo sobre el cual se desarrolla el proyecto y sobre el cual se va a colocar en producción.

.En las siguientes figuras se ilustran algunas pantallas del sistema. (Ver figura 4 y 5)



Figura N°4: Pantalla de Ingreso al Sistema

Discusión

Para que el sistema sea exitoso debe ser fácil de usar y ser utilizado de forma correcta por los usuarios, dado que los resultados dependen de su accionar, siendo ellos mismos responsables de generar y controlar las dietas.

El sistema al contar con un grado alto de parametrización se puede adaptar a las especificaciones que cualquier profesional o institución pueda requerir, así como también a cualquier persona que haga uso del mismo con fines de cuidado personal.

Desde nuestro punto de vista, creemos que con CareÜ, la gestión y control de dietas deja de ser una problemática compleja tanto para los nutricionistas como para los pacientes y usuarios que deseen seguir un plan alimentario efectivo sin el control permanente de un profesional.

Se considera que con capacitación adecuada, los usuarios pueden comprender y hacer uso del sistema de forma adecuada obteniendo muy buenos resultados. Estamos convencidos que a través de éste proyecto los usuarios lograrán una mejor y controlada alimentación.

Trabajos relacionados

Se han relevado al comienzo de este desarrollo 4 aplicaciones que intentan solucionar la problemática que presentamos, pero ninguna tenía todas las funcionalidades requeridas o las percibimos mal implementadas. Estas aplicaciones son: Nutrium[13]: La principal falencia que le encontramos a este sistema es que no realiza una generación de dieta para el paciente, por lo que lo relacionado a seguir una monitorización donde se compare lo que el paciente debería consumir con lo que efectivamente hizo es muy difícil.

Monitor nutricional [14]: Esta aplicación tampoco tiene la funcionalidad de generar una dieta para el paciente, y además tampoco se registran calorías quemadas por el usuario, por lo que nuevamente se dificulta llevar a cabo un seguimiento estricto de la dieta.

Manzana roja[15]: Esta aplicación no puede llevar un conteo de las calorías consumidas, además, no hay conexión con un nutricionista, está pensada para pacientes que lleven su dieta ellos mismos. Creemos que es una falencia ya que proporciona dietas genéricas y no toma en cuenta casos especiales, como por ejemplo la dieta de un deportista de alto rendimiento.

Lifesum[16]: Esta aplicación tampoco cuenta con supervisión de un nutricionista, por lo cual sufre de las mismas debilidades que “Manzana Roja” respecto a dietas especializadas.

Conclusión

Creemos que los resultados de este proyecto han sido altamente satisfactorios, ya que se respetaron los tiempos, actividades y metodología aplicadas.

Se logró obtener un sistema funcional que brinda un soporte fundamental para el éxito de cualquier plan alimentario que se genere y se quiera llevar a cabo, ya sea generado por un nutricionista o asignado automáticamente para uso exclusivo de los usuarios en particular, sin descuidar los aspectos esenciales para el cuidado de la salud y reglas sobre una buena alimentación.

Con el uso de las tecnologías elegidas para el desarrollo podemos brindar rápidas

soluciones a los distintos inconvenientes que se presenten ya que permite que el sistema logre adaptarse a una organización, y no que ésta tenga que adaptarse exclusivamente al sistema.

Agradecimientos

Quienes componemos CareÜ queremos agradecer especialmente a la cátedra de Proyecto Final de la UTN FRM por el apoyo brindado durante toda la realización del proyecto y por habernos impulsado y motivado a la redacción de este artículo.

También agradecer a familia y amigos por la ayuda y contención brindada durante toda la realización del proyecto.

Nombre Completo	Habilitacion	Paciente Dni	Traer ultima Ficha	Historial de fichas:	Nueva dieta:
Martin Gerez	Inactivo	3763443			
Jazmin López	Activo	39239548			
Maia Basanesse	Activo	39533429			
Valentino Juarez	Inactivo	36417528			

Figura 5: Pantalla de Búsqueda de Paciente.

Referencias.

- [1] Índices de sobrepeso y obesidad <https://www.argentina.gob.ar/alimentacion-saludable/obesidad>.
- [2] Genexus: <https://www.genexus.com> y <https://es.wikipedia.org/wiki/GeneXus>
- [3] PostgreSQL: <https://www.postgresql.org/>
- [4] Bootstrap: <https://getbootstrap.com/> y [https://es.wikipedia.org/wiki/Bootstrap_\(framework\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Bootstrap_(framework))
- [5] HTML5: <https://es.wikipedia.org/wiki/HTML5>
- [6] Trello: <https://trello.com/>
- [7] Google Drive: <https://drive.google.com>
- [8] Project: <https://products.office.com/es/project>
- [9] WhatsApp: <https://www.whatsapp.com/>
- [10] Paquete Office: <https://products.office.com>
- [11] Windows 10: <https://www.microsoft.com/es-ar/windows/get-windows-10>
- [12] Ciclo de vida Metodología Tradicional, https://www.ecured.cu/Metodolog%C3%ADas_Tradicionales
- [13] Nutrium: <https://nutrium.io/es>
- [14] Monitor nutricional: <https://www.monitornutricional.com/>
- [15] Manzana roja: <https://www.manzanaraja.eu/>
- [16] Lifesum: <https://lifesum.com/>
- [17] Cantidad de argentinos con sobrepeso: http://www.msal.gov.ar/images/stories/bes/graficos/0000000544cnt-2015_09_04_encuesta_nacional_factores_riesgo.pdf

REDciclemos Sistema de Gestión de Residuos y Promoción del Reciclado

Barahona, Katherina Estefania

Casas, Malena

Chirino Crupi, Llanca Dihue

Maidana, Emilce

Niscola, Ariel

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

Abstract

The concern with the accumulation of waste has led to the concept of the three R's (Reduce, Reuse and Recycle) seeking to reduce the consumption of materials through a change of habits, the reuse of materials which have been used but are not waste yet and the recycling of those which have already been turned into waste.

The application offers a unique, open and costless interface to manage, simplify and strengthen in many ways the recycling of materials and reuse of goods carried out by the community.

Among the functionalities offered, it is contemplated the visualization of the geographical location of points for recycling of different materials, the publication of materials, contact information regarding the people involved in the reuse of these and informative content about related topics.

Through the platform, users become an active member of recycling without the need to join related institutions. This network not only benefits private users, but also promotes knowledge and dissemination of the activities carried out by specialized institutions in the field of recycling.

Entities dedicated to this matter are made known, therefore getting them free diffusion.

Resumen

El sistema de gestión de residuos y promoción del reciclado forma parte de uno de los proyectos finales de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información. El mismo surge como respuesta a un problema detectado en la actualidad: La preocupación ante la acumulación de los residuos ha llevado al concepto de las tres R (reducir, reutilizar y reciclar), buscando la disminución del consumo de materiales a través de un cambio de hábitos, la reutilización de los materiales que han sido usados y todavía no son residuos y el reciclado finalmente de lo que se ha transformado en residuo.

La aplicación ofrece una interfaz única, libre y gratuita para gestionar, simplificar y fortalecer las formas de reciclado de materiales y reutilización de bienes llevadas a cabo por la comunidad.

Entre las funcionalidades que ofrece se contempla la visualización de la ubicación geográfica de los

puntos de acopio para reciclado de diferentes materiales, la publicación de materiales y contacto de las personas involucradas para la reutilización de los mismos y contenido informativo de temas relacionados. A través de la plataforma, los usuarios pasan a convertirse en un miembro activo del reciclado sin la necesidad de unirse a instituciones afines. Esta red no sólo beneficia a usuarios particulares, sino que también fomenta el conocimiento y la divulgación de las actividades que realizan las instituciones especializadas en el tema. Se dan a conocer entidades dedicadas, logrando una difusión gratuita de las mismas.

Palabras Clave

Cuidado del medioambiente, vinculación entre usuarios, buenas prácticas de reciclado, comunidad consciente, puntos verdes, reducir, reutilizar y reciclar.

Introducción

Existen otros elementos que afectan mucho el desarrollo del reciclado en la Argentina. Por un lado, en muchos casos, las materias primas vírgenes tienen costos competitivos frente a las recuperadas y se convierten en la opción preferida. Por ello, el precio que obtiene el recuperador, eslabón inicial de la valorización de reciclables, no suele representar un incentivo económico. Por otra parte, las escasas campañas de educación en la materia, la falta de información sobre las metodologías de reciclado disponibles en cada zona, la ausencia de incentivos que premien adoptar nuevas conductas, son todas realidades que no generan una participación activa de la ciudadanía.

Dentro de este análisis general, si focalizamos en Mendoza vemos que desde el 2007 se encuentra inscripta en diferentes

programas nacionales destinados al GIRSU (Gestión Integral de Residuos Urbanos) con pocos o nulos resultados. Siendo el área metropolitana de la provincia la que más residuos produce, el último relevamiento al respecto de los residuos sólidos urbanos es del 2012 con los datos de la Tabla 1.

En la actualidad en Mendoza solo cuentan con programas de separación de residuos los municipios de Godoy Cruz, Las Heras, Capital y Maipú, todos cubriendo solo una

Departamento	Pob. 2012	PPC (Kg/hab/día)	Cob de Recolección (%)	Pob. Urb Servida	Generación de RSU (Tn/día)			RSU a disponer (Ton/día)
					RS D	R P B	Otros	
Capital	115.041	1,312	100%	115.041	91	23	38	152
Godoy Cruz	191.903	1,242	100%	191.903	144	36	61	241
Las Heras	203.666	1,169	98%	199.592	143	36	60	239
Luján de Cuyo	119.888	1,233	96%	115.092	88	22	36	146
Maipú	172.332	1,193	95%	163.715	120	30	50	200
Lavalle	36.738	1,131	85%	31.227	22	5	9	36
Totales	1.123.371			1.100.373	814	204	340	1358

PPC: producción de residuos per cápita - RSD: residuos sólidos domiciliarios - RPB: residuos de poda y barrido - OTROS: residuos voluminosos, escombros, industriales no peligrosos

Tabla 1- Generación de residuos sólidos urbanos en el Gran Mendoza [1]

pequeña parte de los residuos generados por sus ciudadanos.

En paralelo la realidad del reciclado por fuera de las instituciones, según datos del primer relevamiento de Recuperadores Urbanos del Área Metropolitana de Mendoza, realizado en el 2017, revela la existencia de 1244 recuperadores urbanos con un ingreso promedio de \$2300 [2]. Los mismos dependen exclusivamente de su organización individual y de las chacaritas como compradores del material que estas luego re-venden. Este proceso es mucho

más trabajoso por la falta de conciencia de los ciudadanos comunes que, en general, no separan sus residuos.

necesarios para poder exigir y respetar nuevas metodologías de tratamiento de los RSU.

Por todo esto se decidió desarrollar la aplicación REDciclemos por medio de la cual se pretende facilitar el proceso de reciclado tanto para los ciudadanos como para los recuperadores y generar conciencia social al respecto.

REDCiclemos es una aplicación Web, dirigida a aquellas personas interesadas en el cuidado del medioambiente, el reciclaje, la sostenibilidad y la Economía Circular, que procura facilitar la canalización de residuos uniendo personas que tienen material reutilizable con recuperadores dispuestos a retirar este material ya sea para uso propio o para comercializarlo. Así como también, a través la búsqueda de puntos verdes donde se puede depositar los distintos tipos de residuos para su posterior tratamiento.

Además, se busca concientizar, incentivar la minimización del consumo y la reutilización de materiales, y generar una visión del ambiente desde la perspectiva del desarrollo sostenible y, para ello, se implementó una sección especialmente dedicada a eso, que apunta al cambio de hábitos y la educación ambiental.

Modelo de Dominio y Diagrama de casos de Uso.

En la siguiente Figura I se muestra una porción del diagrama de clases, donde se observan las clases más relevantes del sistema. (Ver Figura I)

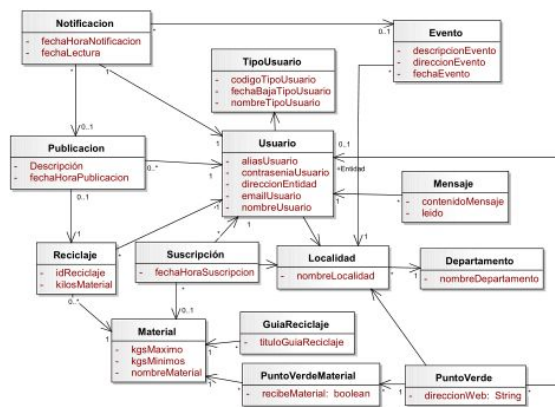


Figura I: Modelo de dominio.

Las funcionalidades más importantes se pueden ver en el siguiente diagrama de casos de Uso (Ver Figura II):



Figura II: Diagrama de Casos de Uso, funciones principales.

El sistema se divide en diferentes módulos, donde cada uno trabaja las funcionalidades más importantes de la aplicación, estos son:

1. **Módulo de Usuarios:** tiene como propósito la creación, modificación o eliminación de los distintos tipos de usuario que hacen uso del sistema, además de la configuración de acceso a las diferentes funciones por cada tipo de usuario.
2. **Módulo de Geolocalización:** el propósito es localizar los puntos verdes de cada organización o municipio a través de un mapa, y visualizar en el mismo las organizaciones donde recogen o reciclan los diferentes tipos de materiales. Cuando el usuario ingresa al sistema, puede visualizar un mapa con los puntos verdes disponibles, en el cual se puede filtrar por tipos de material, obteniendo así información de interés sobre el punto verde.
3. **Módulo de Vinculación entre Usuarios:** consiste en establecer la comunicación, a través de mensajes, entre las personas que tienen materiales para reciclar y las entidades o personas que realizan el tratamiento o recolectan los materiales.
4. **Módulo de Publicación de Residuos:** los usuarios podrán declarar los residuos que desean reciclar distinguiéndolos por tipo de material. En base a la publicación los usuarios interesados podrán encontrar los elementos

que necesitan y contactarse entre las partes a través del módulo Vinculación entre Usuarios.

5. Módulo de Notificaciones: este módulo permite que el usuario pueda visualizar las notificaciones de las publicaciones de materiales y eventos que configuró.

6. Módulo de Información: tiene como objetivo mostrar información sobre eventos y noticias de impacto ambiental y a través de una guía de reciclaje se brindarán consejos de buenas prácticas de reciclar.

7. Módulo de solicitud de reportes: este módulo permite visualizar los distintos tipos de estadísticas, generados por los usuarios a través de diferentes filtros. Entre los reportes que se pueden obtener, se encuentran:

- **Estadísticas personales:** se obtiene un reporte con datos y gráficos para el usuario de la aplicación, de los kilos de material reciclados, publicados y dados de baja total y distribuida mensualmente. Siendo posible filtrar por material y por periodo (año, mes de inicio y de fin).
- **Estadísticas del uso de la aplicación:** el usuario podrá obtener un reporte del uso de todos los usuarios con datos y gráficos de los kilos publicados y recuperados, según los filtros seleccionados. Siendo posible filtrar por material, localidad y tiempo (año, fecha de inicio y de fin).
- **Estadísticas del uso de la aplicación para administradores:** se visualiza la cantidad de publicaciones respondidas y no respondidas por los usuarios, de acuerdo a los filtros seleccionados. Éstos pueden ser por periodo de tiempo, localidad, departamento o material.

8. Módulo de Configuración: los administradores configuran los parámetros y variables necesarias para el funcionamiento del sistema.

En la propuesta de proyecto se identificaron los siguientes 3 tipos de usuarios del Sistema, con la posibilidad de ampliar la

cantidad en un futuro si esto fuera necesario. Los usuarios definidos son:

- **Ciudadano:** estos usuarios en la vida real son personas físicas. Son responsables de alimentar y acceder a la información que ofrece el sistema a través de las distintas funcionalidades disponibles para los mismos.
- **Entidad:** estos usuarios en la vida real son organizaciones. Además de poder realizar las mismas tareas que los usuarios Ciudadano, pueden especificar datos respecto de su organización tales como los materiales con los que trabaja, horarios de atención y precios de los materiales.
- **Administrador:** los usuarios con este perfil ejecutan tareas de administración y seguridad del sistema.

La metodología de desarrollo elegida para esta aplicación web es la metodología tradicional para llevar un control sobre la planificación completa realizada, logrando notar cuando se está atrasando y tener un seguimiento de las tareas con sus influencias entre ellas. En dicha metodología pasamos por todas sus etapas de ciclo de vida como lo muestra la siguiente figura (Ver Figura 1). [3]



Figura 1: Etapas de Metodología tradicional.

Las tecnologías principales utilizadas para el desarrollo de la aplicación son: MEAN Stack [4], que es un conjunto de subsistemas de software para el desarrollo de aplicaciones, y páginas web dinámicas,

que están basadas, cada una de estas en el popular lenguaje de programación JavaScript. Está compuesta por:

- MongoDB, Es un gestor de datos NoSQL distribuido de tipo documental que almacena documentos en formato JSON. [5]
- Express, es un framework que está escrito en JavaScript para Node.js. Tiene como objetivo facilitar la creación de aplicaciones web. [6]
- Angular 5, es un completo framework que nos brinda todo tipo de funcionalidades avanzadas, extendiendo de HTML. Su objetivo es aumentar las aplicaciones basadas en navegador con capacidad de Modelo Vista Controlador (MVC), en un esfuerzo para hacer que el desarrollo y las pruebas sean más sencillas. [7]
- Node.js, como lenguaje principal del Sistema, en la parte de back-end. [8]

Además se utilizaron como complemento de las tecnologías antes mencionadas:

- Bootstrap, es un framework de Javascript y CSS que colabora con los estilos de las vistas (pantallas). [9]
- RoboMongo nos permite conectarnos al servidor de base de datos de forma sencilla. [10]
- ATOM, es un editor de código fuente, lo utilizaremos como IDE. Además nos permite que nuestro proyecto se sincronice automáticamente con el repositorio de Git. [11]

Para la gestión y documentación del proyecto se utilizó:

- Project, software para elaborar diagramas de Gantt. [12]
- Google Drive, como repositorio de documentos en la nube. [13]
- Git, gestor de configuración para versionar el código. Se utiliza como repositorio central GitHub. [14]

La aplicación está hecha para poder acceder desde cualquier navegador y desde cualquier sistema operativo. A nivel móvil, el sistema está desarrollado de forma responsive, lo que hace que se pueda

adaptar a los diferentes dispositivos manteniendo una agradable vista para el usuario.

Trabajos Relacionados

En la primera etapa de investigación, se relevaron aplicaciones que posean las funcionalidades que deseábamos tener en nuestro sistema, pero encontramos que cada una contenía solo algunas de ellas por separado. Por ejemplo la aplicación “Dónde Reciclo Uy” [15], tiene como objetivo facilitar a los ciudadanos de Uruguay un único acceso a todos los lugares, contenedores, dispositivos y programas puestos en marcha para recibir residuos o materiales y envases reciclables, además de informar sobre cómo deben ser tratados los residuos.

La aplicación “ReciclApp” [16] permite usar, optimizar y mejorar el proceso de reciclado en Chile, uniendo personas que tienen materiales reutilizable, con recicladores dispuestos a retirar este material y comercializar libremente.

Por otro lado la aplicación “iRecycle” [17] brinda más de un millón de ideas distintas de maneras de reutilizar más 300 materiales. Además indica en qué lugares de donde vivimos, podemos encontrar materiales que pueden ser utilizados para reciclar y ofrece información adicional sobre el cuidado del planeta.

Los problemas, en las diferentes aplicaciones, se abordan de forma parcial, brindando soluciones que facilita a los ciudadanos locales formar parte de la comunidad de reciclado. En dicha investigación se encontraron algunos sistemas que no eran posibles de utilizar en nuestro país, ya que solicitan ser habitante del país de origen para poder cargar el mapa y visualizar los puntos verdes cercanos al usuario.

Conclusión y Trabajos Futuros

El sistema necesita de la participación activa de las entidades en la actualización de precios y de modificación o incorporación de puntos verdes; y la participación de los ciudadanos en su correcta forma de entregar los materiales. Además requiere la confianza mutua entre quienes interactúan en el intercambio de materiales para su reutilización. Por lo tanto sin la constancia de los usuarios y un acompañamiento de las normativas que pueda brindar el estado ante las diferentes faltas hoy en día cometidas, la aplicación no llegará a cumplir los objetivos con el cual fue desarrollado.

El sistema está pensado de manera escalable y flexible para que pueda adaptarse a diferentes zonas de aplicación, para que el mapa pueda localizar además de entidades y puntos verdes, algún dato de interés relacionado.

Para las entidades que formen parte del sistema, se ofrece un beneficio muy grande ya que se amplía el alcance, haciendo conocer su ubicación a nuevos ciudadanos y generando una mayor circulación de materiales reciclados dentro de sus empresas u organizaciones.

Desde nuestro punto de vista, consideramos que brindamos una gran motivación para la participación de los ciudadanos, desde la unificación de las diferentes funcionalidades y fácil acceso. Además de ofrecer a través de nuestro espacio informativo, la importancia de realizar buenas prácticas y consejos de aplicación para transmitir conciencia ambiental, obteniendo como consecuencia, resultados muy positivos.

El proyecto será implementado a través de la web para uso libre y gratuito, teniendo un alcance limitado por las publicidades de los mismos ciudadanos y principales entidades.

Pero existe el interés y posibilidad ser llevado a implementación desde los diferentes municipios para lograr ampliar la difusión a todos los ciudadanos y así en un futuro, una unificación a nivel Nacional.

Agradecimientos

Los integrantes de este equipo agradecemos especialmente a la Facultad Regional Mendoza, a la cátedra de Proyecto Final de la misma y amigos que aportaron con su incondicional apoyo y conocimientos.

Referencias

- [1] Informe del Departamento de Protección Ambiental de la provincia de Mendoza, <http://www.dpa.mendoza.gov.ar/residuos-solidos-urbanos/girsu/>
- [2] Randis, Macarena; Linardelli, María Celeste; Bobillo, José; Paredes, Viviana; Panelli, Marcia, (2017), "Primer relevamiento de recuperadores urbanos del Área Metropolitana de Mendoza", Monografía Mendoza, <http://bdigital.uncu.edu.ar/9433>.
- [3] Metodología Tradicional, https://www.ecured.cu/Metodolog%C3%ADas_Tradicionales.
- [4] MEAN Stack, <http://mean.io/>.
- [5] Mongo DB, www.mongodb.com/Atlas.
- [6] Express, <https://expressjs.com/es/>.
- [7] Angular 5, <https://angular.io>.
- [8] Node.js, <https://nodejs.org/es/>.
- [9] Bootstrap, <https://getbootstrap.com>.
- [10] Robo Mongo, <https://robomongo.org>
- [11] ATOM, <https://atom.io>.
- [12] Project, https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Project
- [13] Google Drive, <https://www.google.com/drive>.
- [14] Git Hub, <https://github.com/>.
- [15] Dónde Reciclo Uy, <https://www.dondereciclo.com.uy>
- [16] Reciclapp, <http://reciclapp.cl/>
- [17] iRecycle, <http://www.energiverde.com/reciclaje/irecycle-gran-aplicacion-movil-para-cuidar-nuestro-planeta>

Plataforma Web/Mobile para la gestión y administración de un laboratorio remoto para practicas del campo de Ingeniería de la Universidad de la Marina Mercante

Avellaneda, Pablo
Silvani, Matias

Tomietto, Damián Nazareno

Universidad de la Mariana Mercante, Ingeniería en Sistemas de Información

Abstract

Esta plataforma surge como continuación a un proyecto de investigación de la Universidad de la Marina Mercante que tiene como objetivo la posibilidad de realizar experiencias de laboratorios de física de forma remota a través de una aplicación Web. Es un proyecto interdisciplinario entre las facultades de Ingeniería en Sistemas y de Ingeniería Electrónica, en el cual el equipo de electrónica tiene la tarea de la construcción de la maquinaria que será la encargada de ejecutar el ejercicio y el equipo de Ingeniería en Sistemas se encargará de desarrollar la plataforma de web gestión y administración de los experimentos. La experiencia del alumno va a ser completa ya que el mismo podrá interactuar en vivo con el experimento cambiando parámetros de entrada y obteniendo resultados precisos en el momento, todo esto acompañado por video en vivo de alta calidad.

Abstract

This platform, which arises as an extension for a research project of the Universidad de la Marina Mercante, aims at giving students the possibility of undergoing physics laboratory experiences remotely through a Web application. It is an interdisciplinary research project between the faculties of Computer Science Engineering and Electronic Engineering, in which the electronic team has the task of building the machinery that will be responsible for executing the exercises and the Computer Science Engineering team will be in charge of developing the management and administration web platform needed for the assessment of the experiments. As a result, students will undergo an inclusive experience since they will be able to interact with the experiment in real time by changing input parameters and obtaining accurate instant results; besides they will have access to high quality live video of the lab experience.

Palabras Clave

Laboratorios remotos, Prácticas en Ingeniería, Aplicación Web, Aplicación Móvil, Mobile,

Innovación Educativa, Nuevas tecnologías en educación, TIC.

Introducción

El desarrollo de esta plataforma surge de la necesidad de implementar un proyecto de investigación llevado a cabo por alumnos egresados de años anteriores de la Universidad de la Marina Mercante los cuales teorizaron en base a la necesidad de lograr que la universidad permita realizar las prácticas de física a sus alumnos de forma remota buscando optimizar recursos y lograr que cada alumno tenga una experiencia individual con el experimento. De este proyecto de investigación se desprenden dos aristas: la primera es la creación de un equipo mecánico que pueda ejecutar el experimento, el cual estará a cargo del equipo de Ingeniería Electrónica, y el otro el diseño e implementación de una plataforma de administración de laboratorios remotos.

Basados en el avance de los dispositivos móviles y el acceso a tecnologías web se puede encarar este proyecto que será de importancia en las prácticas de laboratorio para los estudiantes de ingeniería.

En la era On Demand¹ estamos a la altura de proponer prácticas de laboratorio a distancia al alcance de todos mediante el uso de la tecnología disponible. Consideramos que es un buen momento de acercar prácticas, las cuales están pensadas para ser presenciales al mundo tecnológico para poder llevarlo al alcance de todos. Una

¹ Bajo demanda

de las ventajas importantes que podemos lograr es poder extender el horario en que la persona puede realizar el experimento, aprovechando mejor el equipamiento.

En la construcción de la plataforma se utilizaron tecnologías conocidas y estables, priorizando el software de libre distribución y uso para que este proyecto pueda ser continuado por alumnos de la universidad para poder así seguir sumando funcionalidades a la plataforma.

1. Alcance del producto

El objetivo principal del proyecto que se está realizando es un sistema informático para la gestión de laboratorios remotos universitarios donde se podrán realizar experimentos sobre equipos físicos reales a través de aplicaciones Web, así como también tener posibilidad de gestionar algunas herramientas desde una aplicación Mobile.

Actualmente la universidad cuenta con un laboratorio para la asignatura Física en donde realizan algunas actividades prácticas para poder entender de una forma más didáctica, algunos movimientos rectilíneos uniformes que se ven a lo largo de la asignatura.

Estos trabajos prácticos que se realizan en el laboratorio requieren que los alumnos se organicen junto con los profesores para tomar diferentes turnos y hacer las prácticas presenciales, en donde mediante una herramienta física pueden hacer ejercicios de “Caída Libre” y “Plano Inclinado”.

Ambos ejercicios representan lo siguiente:

- **Caída Libre:** Se lanza x cantidad de pelotas con el movimiento en caída libre. Luego se toman diferentes datos de este ejercicio que pueden ser: tiempo en caída, peso de la pelota, velocidad en un intervalo determinado de la caída, velocidad final, etc.
- **Plano Inclinado:** Se lanza x cantidad de pelotas mediante un plano inclinado a un ángulo determinado. Mediante este

ejercicio se toman diferentes datos como, por ejemplo: tiempo en caída, peso de la pelota, velocidad final con la que impacta la pelota, etc.

Hoy en día todas estas prácticas se hacen en forma presencial en el laboratorio y los datos que se toman de dichas prácticas son manuales. Exceptuando algunos datos que los determinan con un hardware eléctrico específico, como por ejemplo la medición de una velocidad, el resto de los valores son registrados manualmente los cuales luego son recolectados por los alumnos. Estos datos a posteriori les servirán para realizar trabajos con el docente.

Con el proyecto propuesto en funcionamiento, ya no sería necesario que los alumnos tengan que ir a la cursada para obtener los resultados manualmente como están obligados a hacerlo hoy en día. Directamente, desde sus casas, van a tener la posibilidad de conectarse remotamente mediante un aplicativo Web/Mobile con el hardware que estaría ubicado en la facultad. Desde un punto remoto van a poder iniciar el dispositivo de hardware físico, realizar la práctica y luego los resultados de las prácticas van a poder ser consultados desde la aplicación web y/o ser enviados directamente a una dirección de mail.

Todos estos procesos tienen como objetivo:

- Reducción de largas esperas de los alumnos en la facultad para realizar las prácticas.
- Mayor flexibilidad.
- Mejor exactitud en los datos obtenidos.
- Performance.
- Innovación en la educación de la UdeMM.

A la hora de analizar las funcionalidades de la aplicación ha y que posicionarse desde el punto de vista de los distintos actores que van a participar, aunque el foco principal lo tiene el alumno no se tiene que descuidar para nada a los otros participantes necesarios como ser: administrador de la

plataforma, administrador de la institución, jefe de laboratorio, desarrollador de laboratorio, profesor y alumno.

Vamos a presentar a cada uno de los actores para luego pasar al listado de sus deseables. Los deseables son aquellas funcionalidades que el actor espera de la aplicación.

- **Administrador de la plataforma:** Es el rol máximo dentro del sistema, es el que tiene visibilidad de todo. Es el encargado de dar de alta instituciones. Se ocupa también del correcto funcionamiento de la plataforma.
- **Administrador de la institución:** Es el rol máximo dentro de la institución, que en nuestro caso será la universidad; es el encargado de designar los roles vitales dentro de la institución como ser jefe de laboratorio y desarrollador de laboratorio.
- **Desarrollador de laboratorio:** Este rol tiene como principal objetivo dar de alta los experimentos que se desarrollen en la institución, siendo de vital importancia la definición de la información que intercambian la plataforma y el experimento.
- **Jefe de laboratorio:** Es el encargado, una vez que el experimento esta funcionando y probado, de administrar los experimentos, pudiendo asignar disponibilidad y condiciones a los mismos.
- **Profesor:** Es el docente encargado de solicitar la práctica a los alumnos, es al que le llegan los resultados de los experimentos realizados por los alumnos.
- **Alumno:** Es el usuario del experimento, es el actor principal y destinatario de esta plataforma.

Luego de presentados los actores principales es necesario enfocarnos en relevar las necesidades particulares de cada uno y poder confeccionar una lista de deseables que el sistema tiene que cumplir para satisfacerlos. Estos deseables son los que guían al proyecto para poder determinar

las funcionalidades del sistema y de esa manera satisfacer las necesidades de cada uno para lograr una plataforma no sólo usable sino deseable.

Vamos a describir los deseables desde el punto de vista de cada actor.

Administrador de plataforma

- Dar de alta las instituciones y asociarlas un responsable a la misma que administrará su zona en la plataforma.
- Realizar estadísticas de uso y cumplimiento.
- Recibir alertas de fallas en el funcionamiento de la plataforma.

Administrador de la institución

- Hacer un CRUD² de los profesores, jefes de laboratorio y los alumnos que están relacionados con la plataforma.
- Asignar los responsables de cada rol dentro de la institución.
- Realizar estadísticas de uso y cumplimiento.
- Recibir alertas de fallas en el funcionamiento de los experimentos asociados a la institución.

Desarrollador de laboratorio

- Dar de alta el experimento dentro de la aplicación con alcance dentro de la institución / laboratorio.
- Indicarle a la plataforma que datos debe pedir, de que tipo, validaciones, y que datos recibirá sin tener que actualizar la aplicación.

Jefe de laboratorio

- Hacer un CRUD de los equipos de laboratorio y poder configurarlos dentro de la plataforma.
- Recibir alertas cuando existan problemas en algún equipo del laboratorio.

² CRUD: Create Read Update Delete (Crear, leer, actualizar y borrar)

- Contar con todas las mediciones realizadas con los equipos en los cuales es responsable.
- Definir fechas y horas en las cuales el laboratorio está disponible para su uso y cuando no lo estará.
- Deshabilitar en cualquier momento alguno de los laboratorios como así también habilitarlos. Y en cada caso que se les avise a los alumnos que tenían reservas de turnos comprometidas para que puedan ser reprogramadas.
- Ver estadísticas de uso.
- Ver el calendario de reservas.
- Visualizar fácilmente que acciones puede realizar una vez que hace Log In y una descripción detallada informando para que sirven cada una de esas acciones.
- Cancelar el turno para hacer el experimento o reprogramarlo.
- Luego de perdido un turno recibir un aviso desde la aplicación para volver a reprogramarlo.
- Entrar a la aplicación desde cualquier dispositivo y desde cualquier ubicación.
- Entrar a la aplicación sin tener que recordar otro usuario ni password, poder iniciar sesión validado con las cuentas de Gmail, Facebook o la misma cuenta de la universidad.

Profesor

- Habilitar a los alumnos que tipo de experimentos pueden realizar y dentro de que rango de fechas.
- Saber que alumnos faltan realizar el experimento o no realizaron el experimento dentro del actual cuatrimestre.
- Ver qué alumnos, cuándo y qué datos obtuvieron en cada tipo de experimento.
- Verificar que los datos que los alumnos dicen tener son efectivamente datos generados por la plataforma para ese alumno y no para otro.
- Ver estadísticas de uso y cumplimiento de la zona.
- Contar con un sitio donde los alumnos puedan dar un feedback sobre la aplicación. Proponer mejoras/ideas.
- Penalización ante la cancelación de un turno por parte del alumno. Si no se informa con anticipación se penalizarán a los usuarios.
- Volver a tomar los datos de algún experimento que alguna vez realicé.
- Recibir los resultados del experimento realizado vía email.
- Recibir email recordando el turno e incluso que se agende en el calendario de Google del alumno si tuviera cuenta de dicha plataforma.
- Contar con un foro donde se intercambien consultas con otros alumnos.

Alumno

- Visualizar/leer un tutorial de cómo realizar la actividad. Un paso a paso de como ejecutar el experimento.
- Seleccionar un turno en base a la disponibilidad del experimento.
- Recibir un recordatorio un tiempo antes de la fecha/hora de reservado el experimento.

2 Implementación

2.1 Arquitectura

La aplicación fue pensada y centrada en la arquitectura, muy orientada al usuario y teniendo en cuenta, en caso de que otros alumnos lo deseen, otros ciclos de desarrollo.

La elección de las herramientas está basada en que sean de fácil acceso, código libre, que impulsen a las buenas prácticas en el desarrollo y que no queden obsoletas en poco tiempo.

Conceptualmente la aplicación implementa un prototipo de 3 capas:

- Una capa de presentación o FrontEnd encargado de la presentación al usuario de la información, las opciones, el video y los resultados de los experimentos.

- Una capa de negocio o BackEnd encargado de manejar las reglas de negocio, la seguridad, la integración con el experimento y el vínculo con la base de datos.
- Una capa de persistencia de datos donde se combinan las ventajas de un modelo orientado a objetos y la persistencia en si misma de un modelo relacional.

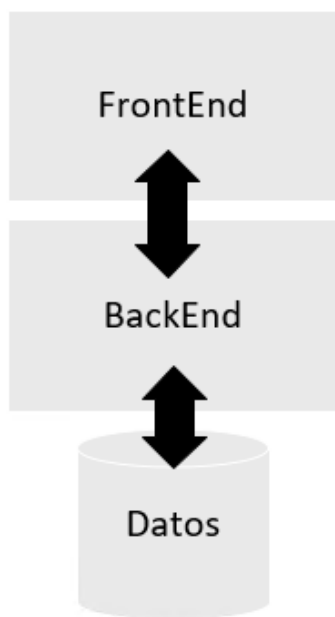


Figura 1 - Arquitectura de la aplicación

El FrontEnd esta a su vez dividido horizontalmente por funcionalidad, donde encontramos los módulos de usuarios, de manejo del experimento, módulo de seguridad, y de la visualización de cámara entre otros. Pero también se lo segmenta verticalmente ya que es un gran MVC³, con una capa que intercambia información con el BackEnd, una capa que implementa las primeras reglas de validación y otra más que muestra y grafica la salida al usuario.

Para el FrontEnd se eligió usar herramientas muy modernas que puedan acompañar las exigencias de una presentación de calidad. Así que se optó por Angular⁴ 6 que implementa TypeScript⁵ y

³ Modelo Vista Controlador

⁴ <https://angular.io/>

Html5 con Bootstrap⁶ 4. De esta manera se logra una aplicación responsiva, es decir que pueda ser mostrada tanto en una computadora, Tablet o Smartphone a través de una interfaz lo bastante elaborada para hacerla atractiva al usuario y a la vez compatible con la mayoría de los navegadores modernos.

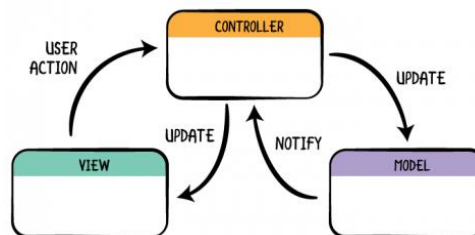


Figura 2 - MVC

Para la elección del desarrollo del BackEnd se eligieron herramientas que fueran fuertemente atractivas y flexibles al momento de su uso, además de presentar un desafío interesante a la hora de integrarlas.

Para el BackEnd se eligió usar Java 1.8 como lenguaje de programación. Sprint Boot, Sprint Security, Spring MVC y Rest como framework generales. Spring Jpa como motor ORM⁷. LiquiBase⁸ para la gestión de las versiones en la estructura de la base de datos y Elasticsearch para aumentar la experiencia del usuario en las búsquedas de información dentro de la aplicación.

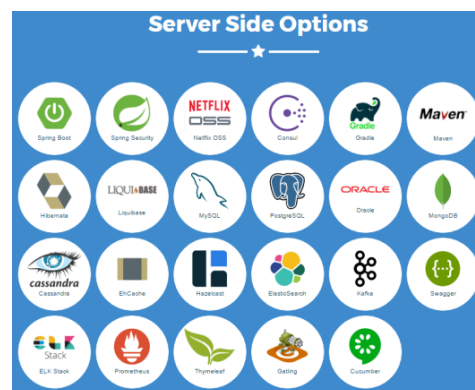


Figura 3 – Tecnologías del lado del server

⁵ <https://www.typescriptlang.org/>

⁶ <http://getbootstrap.com/>

⁷ Object-Relational mapping

⁸ <https://www.liquibase.org/>

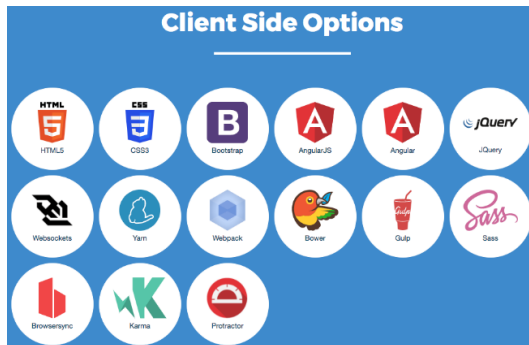


Figura 4 – Tecnologías del lado del cliente

En la capa de persistencia se utiliza por un lado un ORM, una capa de software que mapea los objetos del negocio con una base de datos relacional y así obtener lo mejor de los dos mundos, por un lado, la implementación de buenas prácticas en el diseño, el uso de un lenguaje simple y robusto de consulta y en la portabilidad como así también se persigue la estabilidad de los datos.

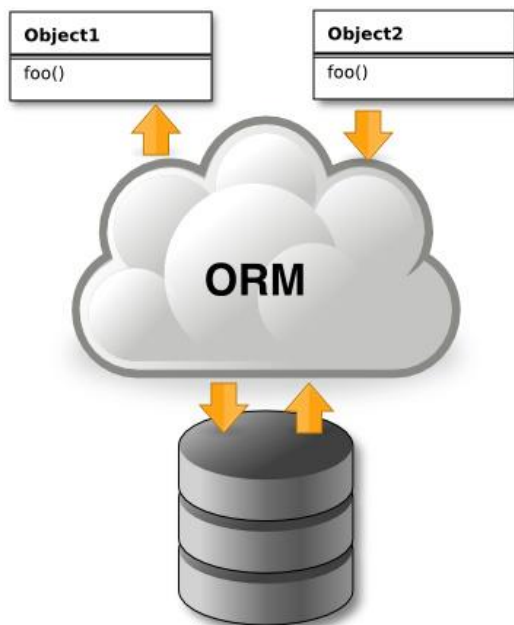


Figura 5 - Capa de persistencia de datos

2.2 Infraestructura

Como dijimos originalmente la solución completa contempla el experimento físico y la plataforma Web, el experimento va a

estar localizado dentro de la universidad mientras que la plataforma Web va a estar alojada en la nube.

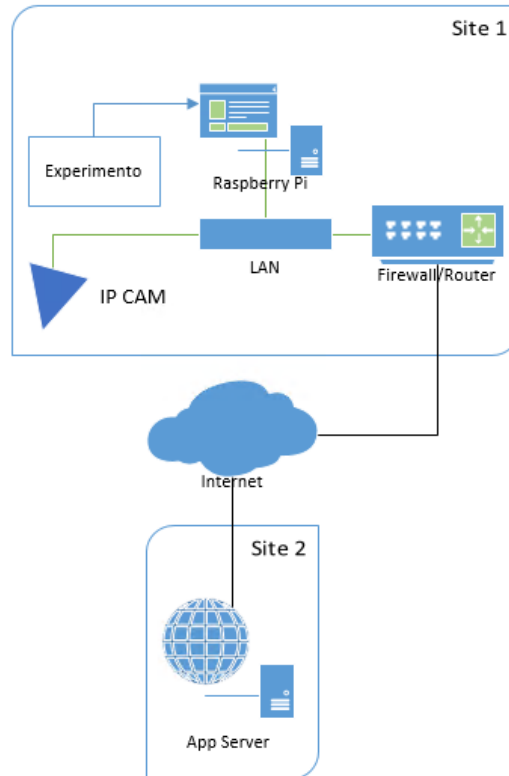


Figura 6 - Infraestructura de la aplicación

Como podemos apreciar en el gráfico en principio tenemos que poner énfasis en la interconexión del experimento y la plataforma, para ello se tiene como premisa fundamental manejar la infraestructura de forma simple y segura para que permita de una forma fácil poder crecer sin necesidad de grandes puestas en marcha y configuraciones complicadas que sean imposibles de implementar.

En principio se hará una descripción del equipamiento utilizado en los dos sitios que se describen en el gráfico para que se pueda comprender que función básica cumplen.

Sitio 1: Red del experimento

En este sitio podemos encontrar tres equipamientos: un Raspberry Pi, una cámara IP y un Firewall/Router.

El Raspberry Pi será el encargado de gestionar el experimento interactuando con la plataforma a través del protocolo de comunicación que será encapsulado vía REST sobre TCP/IP.

La cámara IP en este caso es una cámara marca Dahua modelo IPC-HFW1020S compatible con ONVIF será la encargada de transmitir el experimento en vivo.

El router es un Mikrotik modelo RB750UPr2 el cual será en encargado de gestionar la conexión a internet y crear el vínculo VPN hacia el sitio 2.

Sitio 2: Hosting de la plataforma

En este sitio se procederá a implementar un servidor virtual con las siguientes características mínimas: Procesador con 2 núcleos, 2 GB RAM, 40Gb de Disco, 1 Placa de red con 1 IP publica fija. En este servidor se alojará la aplicación, la base de datos y los componentes necesarios para el correcto funcionamiento de la plataforma.

Para resolver el problema de la seguridad en la interconexión de los sitios se procederá a realizar una conexión VPN entre ellos, en el sitio 2 se instalará un openVPN⁹ server el cual recibirá sólo las conexiones que estén autorizadas mientras en el router Mikrotik del sitio 1 será el encargado de iniciar la conexión VPN. Luego de establecida esta conexión, la comunicación entre la plataforma y los dispositivos será transparente para la aplicación sin necesidad de generar ningún tipo de validación adicional que podría generar lentitud en la ejecución del experimento.

El servidor virtual en el cual estará alojada la aplicación esta basado en un CentOS¹⁰ 7 64bits el cual tendrá instaladas las siguientes aplicaciones:

- Java: Se instala en este server el Java Runtime Enviroment que es un conjunto de utilidades que permite la ejecución de programas construidos en Java.

⁹ <https://openvpn.net/>

¹⁰ <https://www.centos.org/>

- PostgreSQL¹¹: Es el motor de base de datos que se utiliza para almacenar la información generada por la aplicación. La versión utilizada es la 10.
- LinkingVision¹²: Es la plataforma utilizada para poder hacer streaming de video. Elegimos esta plataforma porque tiene la capacidad de utilizar un player de video en HTML5 el cual es compatible con los navegadores e incluso con los dispositivos móviles. Tiene una baja latencia y una excelente calidad de video. Soporta protocolo ONVIF¹³ de video lo que permite poder utilizar cualquier cámara de video que cumpla con ese Standard.
- KeyCloak¹⁴: es una aplicación de código abierto que se encarga de manejar las identidades y el acceso a aplicaciones basando su funcionalidad integrando autenticación con otras plataformas como ser Facebook, Gmail, GitHub, Active Directory y twitter entre otras. Se busca con esta aplicación facilitar el registro y el inicio de sesión de los usuarios.
- NGINX¹⁵: Es un servidor web/proxy inverso ligero de alto rendimiento y un proxy para protocolos de correo electrónico. Es software libre y de código abierto, licenciado bajo la Licencia BSD simplificada.

Con la integración de estas aplicaciones existentes y de código abierto podemos lograr facilidad y menor tiempo de implementación pudiendo enfocarnos en los temas principales de la aplicación.

La aplicación estará publicada en la URL www.RemoteLab.com.ar y contará con el certificado SSL correspondiente para cumplir con las mejores prácticas de aplicaciones Web y Mobile.

¹¹ <https://www.postgresql.org/>

¹² <https://www.linkingvision.com/>

¹³ <https://www.onvif.org/>

¹⁴ <https://www.keycloak.org/>

¹⁵ <https://nginx.org/en/>

3. Conclusión y discusión abierta

Este proyecto claramente permite poner al alcance de los alumnos una experiencia real de laboratorios de física que permitan enriquecer su aprendizaje abordando las nuevas tecnologías.

El potencial más fuerte que tiene este proyecto es poder llevar el alcance a otro nivel, un nivel de integración con otras entidades, educativas o con fines relacionados a la ciencia, que deseen poner a disposición sus equipos de laboratorio para experimentos y que estudiantes de todo el mundo puedan acceder a estas experiencias.

El objetivo secundario que surgió fue la creación de un **protocolo estándar** que permita formar una red colaborativa que continúe sumando experimentos que hagan crecer a la plataforma que tiene como objetivo principal un fin pedagógico.

Por otra parte, al tratarse de una plataforma abierta se sientan las bases para que otros alumnos de la UdeMM o externos, puedan seguir agregando e integrando

funcionalidades a la plataforma y así seguir creciendo en nuevas formas de aprendizaje.

4. Referencias

[1] Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U., & López, J. M. (s.f.). Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas.

Obtenido de http://www.ehu.eus/ikastorratza/3_alea/laboratorios.pdf

[2] Musa, R. Z. (2010). Laboratorios Remotos: Análisis, características y su desarrollo como alternativa a la práctica en la Facultad de Ingeniería.

[3] Rojas, W. Y., & Fagua, A. L. (2013). Laboratorios remotos y virtuales: una herramienta para el desarrollo de prácticas en Ingeniería.

[5] La investigación en la educación a distancia en los nuevos entornos de comunicación Telemáticos. SOCIOTAM. (XVIII, 2008). Universidad Autónoma de Tamaulipas México. <http://www.redalyc.org/pdf/654/65411193002.pdf>

LINGÜINI APP: Sistema integral de atención

al cliente en restaurant.

Resumen

El proyecto aborda la problemática del tiempo de espera que una persona sufre al momento de concurrir a un restaurante y la falta de organización por parte de los empleados en algunos casos. La solución desarrollada consiste en un sitio web a través del cual el cliente puede registrarse para realizar reservas y pedidos en forma online, de esta forma se optimiza el flujo de tareas en el restaurante y se permite al cliente ahorrar tiempo valioso al realizar parte del proceso en forma anticipada.

Abstract

This project addresses the issue of waiting times suffered by a person when attending a restaurant and the lack of organization on the part of employees in some cases. The developed solution consists on a web site through which clients can sign up to make reservations and orders online, thus optimizing the restaurant's workflow and allowing clients to save valuable time by performing part of the process in advance.

Palabras clave

Tiempos, restaurant, cliente, reservas, pedidos, optimizar.

Introducción

Lingüini app surge de la necesidad de mejorar la organización al momento de atender al público en un restaurante y así poder reducir tiempos de espera del cliente para su mayor satisfacción.

En un restaurante, actualmente, hay muchos tiempos de espera en la atención de un empleado, ya sea en el momento de llegada del cliente al local, en la espera de que alguna mesa se desocupe, al pedir los productos dados por la carta, en la preparación del pedido y en la facturación.

Sobre la base de las dificultades descriptas anteriormente, se propone incluir un sistema que le permita al cliente el acceso a una página web para poder realizar reservas en el local, reduciendo así el tiempo que debe esperar hasta que se desocupe una mesa. El

sistema, también permite que el usuario pueda realizar pedidos anticipadamente y lograr así una mejora en la organización de atención al cliente por parte de los mozos y eficiencia en la cocina para la elaboración de productos.

Elementos de trabajo y metodología

Lingüini App es una aplicación web móvil que tiene como intención renovar la experiencia de los clientes de los restaurantes. Para ello, el usuario deberá registrarse en el sitio, y posteriormente el sistema le brindará a éste la posibilidad de acceder a las principales funcionalidades de un restaurante, tales como: realizar reservas, conocer la carta del restaurant, realizar pedidos anticipados en su reserva y realizar pedidos una vez que esté dentro del restaurant. Para ello, como se puede observar en la Figura 1, la aplicación ofrece la posibilidad de hacer el registro de ingreso de un cliente (*check-in*) al restaurant mediante el uso de códigos QR.

Para aquellos clientes que no hayan realizado reserva, la aplicación proporciona la funcionalidad de listas de espera, para que los mismos sean inscriptos por personal del local (en caso de no usar la aplicación) o bien inscribiéndose ellos mismos en la lista. El sistema contempla recompensas configurables de acuerdo con los tiempos de espera de los clientes en la lista, así como la notificación automática para que ingresen al local a medida que se desocupen las mesas.

Para el uso del sistema se requiere que el local del restaurant cuente con conexión Wi-Fi, escáneres de QR en los sectores de recepción de clientes y cocina, y dispositivos móviles que provean la interfaz del sistema

tanto a clientes del restaurante, como a los mozos.

Para el interesado que no realizó reserva y acuda al restaurante cuando éste se encuentre sin disponibilidad de mesas, el sistema ofrece una funcionalidad de lista de espera que

Los gerentes que quieran información estadística del sistema podrán hacerlo vía web con una notebook o con un dispositivo móvil.

Tipos de usuario

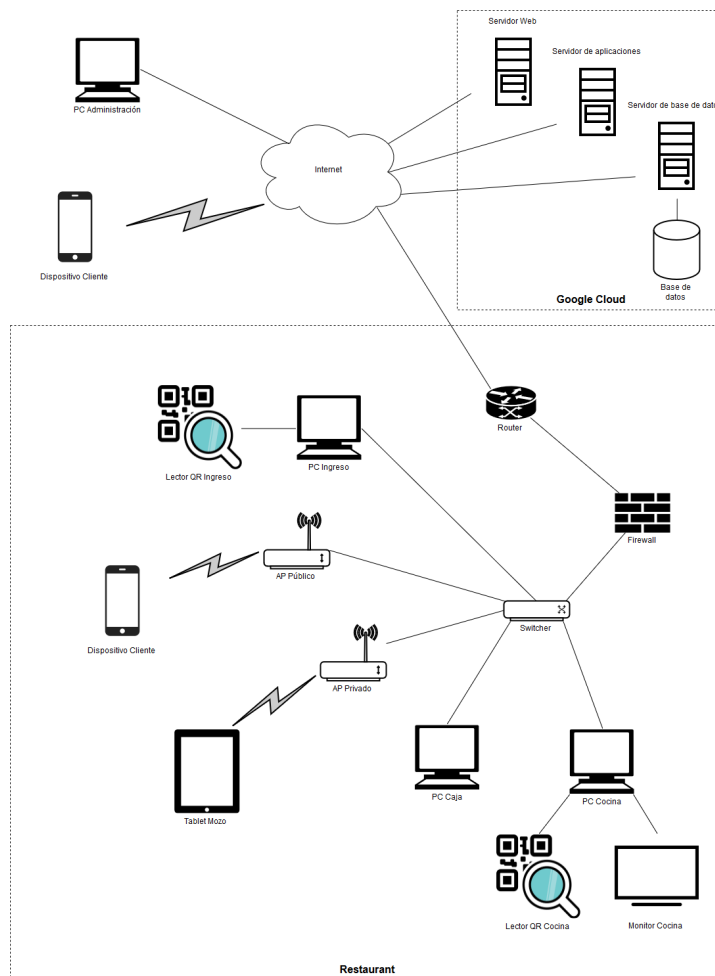


Figura 1: Modelo de despliegue del sistema

registra los datos del cliente, su hora de ingreso a la lista y opcionalmente podrá integrarse con beneficios de acuerdo con el tiempo que tenga que esperar para ingresar al local.

En el restaurante, cada mozo deberá contar con una tablet (para que pueda gestionar los pedidos de los clientes). En el sector de cocina se necesitan: un monitor para la visualización de pedidos y escáneres de QR para actualizar los estados de los pedidos a medida que estos son preparados.

El sistema provee funciones diferentes para tres tipos de usuarios:

1. Usuarios externos: son los clientes del restaurante que usarán la aplicación.
2. Administrativos y gerentes del restaurante.
3. Mozos y encargados de atención del local del restaurante.

De acuerdo con los tres tipos de usuario mencionados anteriormente, se pueden

a) Organización de mesas: El sistema muestra por pantalla la organización

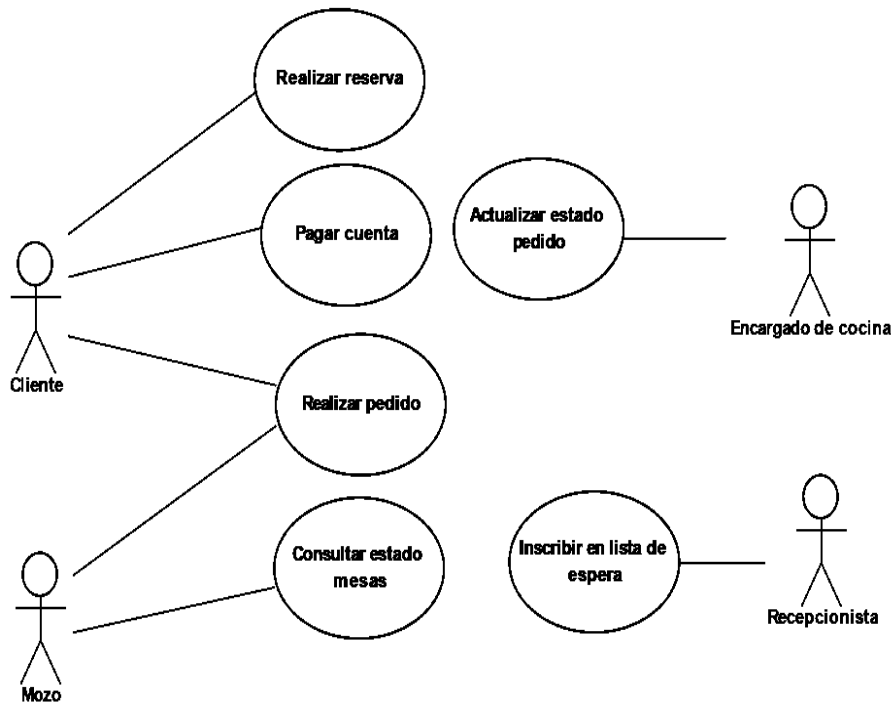


Figura 2: Diagrama de los casos de usos más importantes del sistema.

observar las funcionalidades, como se muestran en la Figura 2 y se detallan a continuación:

- Para usuario externo:
 - a) Realizar reservas: El usuario tiene acceso al sistema a través de una página web donde se le muestra las mesas disponibles para un cierto día y horario establecido anteriormente.
 - b) Realizar pedido: El usuario puede elegir opcionalmente si realizar el pedido al momento de hacer una reserva. Se le muestra una carta digital con los productos que el restaurante ofrece, junto con las promociones.
 - c) Billetera virtual: Al realizar un pedido, se ofrece la posibilidad de pagar a través de una billetera virtual.
- Para usuarios internos (mozos, cajeros, cocineros):
 - a) Organización de mesas: El sistema muestra por pantalla la organización de las mesas junto con la información útil de cada una de ellas, ya sea, pedidos, clientes, cantidad de consumidores por mesas, estado de mesas.
 - b) Notificaciones: El sistema notifica a cada mozo cuándo debe hacer entrega de un pedido, permitiendo una mejor eficiencia en el proceso.
 - c) Monitores en la cocina para la visualización de pedidos a realizar.
 - d) Actualización de estados de pedidos: la misma se realiza de forma automatizada en el sector de cocina cuando el cocinero escanea el código QR incluido en la comanda que fue previamente impresa por el sistema cuando se generó el pedido.
 - e) Gestión de caja: El sistema permite llevar un registro de la caja a lo largo del día de forma organizada.
- Para gerentes:

- a) Reportes y estadísticas: El sistema ofrece la posibilidad de obtener una serie de reportes que soporta el sistema que permiten visualizar el rendimiento de las áreas críticas del restaurant en las que el sistema interviene, como son: ventas, visitas, reservas, pedidos en línea, y promociones más utilizadas por los clientes.
- b) Organización del personal: El gerente puede modificar o agregar datos del personal que trabaja en cada local.
- c) Organización de insumos (hardware)

Tecnologías:

- Python 3: lenguaje de programación utilizado para desarrollar el back-end.
- Angular 6: framework utilizado para desarrollar el front-end.
- Clarity Design System: librería visual que proporciona componentes visuales para utilizar en las vistas del front-end.
- GraphQL: tecnología para generar la API que accede a los datos de manera eficiente y segura.
- Apollo: cliente de tecnología GraphQL para Angular, que permite realizar llamadas y mutaciones a la API GraphQL desde el front-end.
- Visual Studio Code: Ambiente de desarrollo para el front-end.
- Pycharm: Ambiente de desarrollo para back-end.
- GNU Linux (KDE Neon): Sistema operativo en el cual se desarrolló el proyecto.
- Microsoft Office 365: Herramientas de oficina en línea para la documentación del proyecto.
- GitLab: Gestor de configuración para versionar el código del proyecto.
- WhatsApp y Discord: Utilizados para comunicación interna del grupo.

- Taiga: Plataforma web que facilita la organización de sprints para proyectos de desarrollo ágil.

El sistema desarrollado debe ser usado de forma correcta por los usuarios internos o por el gerente, realizando la actualización diaria de datos. En el caso de que esto no se realice, pueden surgir problemas de ineficiencia del sistema y será difícil de usar por usuarios externos al tener información incorrecta al público, generando así problemas de organización.

En un principio se espera que el sistema sea adaptado para un restaurante específico que cuente con varias sucursales. En un futuro se espera poder desarrollar el sistema para cualquier restaurante, adaptándolo a cualquier situación que se presente.

Para poder hacer un buen uso del sistema por parte del restaurante, es necesario realizar las capacitaciones necesarias al personal, y la compra de todos los artefactos tecnológicos solicitados.

Metodología:

La metodología empleada, tal como observamos en la Figura 3, es tradicional, cuando se realiza la captura de requisitos y análisis, y ágil, cuando realizamos actividades de desarrollo, implementación y pruebas.

Se confeccionó una lista de requisitos candidatos con base en la observación y prueba de un abanico de sistemas que poseen funciones similares a las de nuestro proyecto. Además, se realizaron entrevistas con encargados de restaurantes para obtener el conocimiento del negocio a través de un contacto real.

Con base en la lista de requisitos candidatos y el procesamiento de las encuestas realizadas con los encargados, se elaboró la lista de requerimientos funcionales y no funcionales que cubre nuestro proyecto.

Luego, se detallaron las funciones a realizar y se definió el alcance del proyecto.

Finalmente, como transición a la metodología ágil, se escribieron historias de usuarios a partir de los requisitos funcionales y no funcionales capturados previamente, que establecieron la guía básica para la etapa de desarrollo.

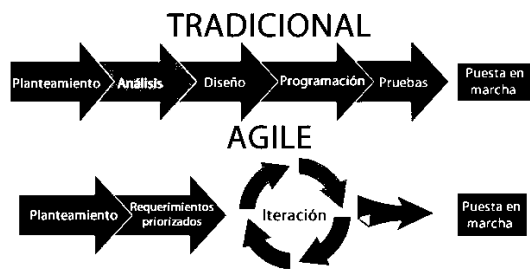


Figura 3: Metodología tradicional vs. metodología ágil.

Una vez en la etapa de desarrollo, reemplazamos el flujo de trabajo tradicional por una metodología mayormente ágil. Las historias de usuario fueron divididas en tareas más chicas, para que puedan ser desarrolladas por varios integrantes del equipo sin inconvenientes.

Conclusión

Creemos que al utilizar Lingüini App a la hora de atender al público se organiza de forma eficiente la atención, permitiendo así la satisfacción del cliente. Además, nuestra

aplicación permite ofrecer servicios al usuario externo, que tienen como objetivo maximizar su satisfacción, a través de la autogestión de horarios de reserva, pedidos y la utilización de billetera virtual para facilitar los pagos.

Los resultados obtenidos a final del proyecto fueron satisfactorios, respetamos las metodologías utilizadas, descubriendo una nueva forma de trabajar, creando un sistema para simplificar las actividades dentro de un restaurante, y minimizando también los tiempos de espera del cliente, brindándole, además, diversos servicios para el mismo.

Referencias

- [1] - Python 3 - lenguaje de programación utilizado para desarrollar el back-end. - <https://www.python.org>
- [2] - Angular 6 - framework utilizado para desarrollar el front-end. - <https://angular.io/>
- [3] - GraphQL - tecnología para generar la API que accede a los datos de manera eficiente y segura. - <https://graphql.org>
- [4] - Apollo - cliente de tecnología GraphQL para Angular, que permite realizar llamadas y mutaciones a la API GraphQL desde el front-end. <https://www.apollo.com>
- [5] - PyCharm - Ambiente de desarrollo para back-end. - <https://www.jetbrains.com/pycharm>
- [6] - Visual Studio Code - Ambiente de desarrollo para el front-end. - <https://code.visualstudio.com/>
- [7] - MiOffice - Herramientas de oficina en línea para la documentación del proyecto. - <https://www.office.com/>
- [8] - GitLab - Gestor de configuración para versionar el código del proyecto. - <https://gitlab.com>
- [9] - Taiga - Plataforma web que facilita la organización de sprints para proyectos de desarrollo ágil. - <https://taiga.io>
- [10] - Lingüini App - Sistema desarrollado. - <https://linguiniapp.com/>

SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE PROYECTOS FINANCIADOS POR EL MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (MINCTIP)

Döning, Yanina Andrea

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Resumen

La Agencia Santafesina del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la provincia de Santa Fe, es una institución pública que se dedica particularmente a fomentar la investigación, formación científica y tecnológica, innovación productiva y la apropiación social mediante el financiamiento de proyectos. En el siguiente paper se propone explicar la gestión de proyectos para desarrollar un sistema que competa el proceso completo de financiamiento de un proyecto, desde que inicia mediante la carga online, hasta que es financiado y posteriormente controlado, evitando inconsistencias en los datos de los proyectos presentados, mejoras en la calidad de la información, disminución de errores y una mayor eficiencia en la gestión pública de los proyectos. Posteriormente, el sistema podría adaptarse a demás instituciones de financiamiento de proyectos tales como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (COFECYT) y demás Ministerios provinciales que se dediquen a la temática.

El proyecto explicado a continuación se enmarca en el Proyecto Final de la Carrera Ingeniería en Informática y corresponde al eje temático Gobierno Electrónico y Sistemas de Gestión en la Administración Pública.

Palabras Clave

MinCTIP – AsaCTeI – I+D – Financiamiento – Admisibilidad – Evaluación - Rendición de cuentas.

Introducción

Hoy en día, nuestro país se encuentra con la necesidad de adaptarse a nuevas tecnologías, emprender, fortalecer, desarrollar e innovar para competir con países que tienen un constante desarrollo y mejorar sus condiciones sociales, económicas y culturales. Argentina busca cumplir con estos objetivos contemplando la innovación productiva asociada a la ciencia y tecnología a partir del

financiamiento de proyectos I+D (Investigación y Desarrollo). Es por esto, que nuestro país cuenta con instituciones, tales como la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Agencia Santafesina perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva en la provincia de Santa Fe, y demás instituciones que se dedican a realizar el tipo de financiamiento descrito anteriormente.

A continuación, se pone especial énfasis en la Agencia Santafesina (ASaCTeI) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la provincia de Santa Fe (MinCTIP) ya que el proyecto está orientado a la misma, pero podría ser adaptado a demás instituciones del tipo.

Ésta institución es una herramienta clave para la promoción de la ciencia, tecnología e innovación dentro de la provincia de Santa Fe.

Cuenta actualmente con líneas de financiamiento orientadas al sistema productivo y al sistema de ciencia y tecnología. La primera se encarga de promover la vinculación entre el sistema productivo y el sistema científico-tecnológico para innovar, generar nuevos emprendimientos tecnológicos y obtener una modernización de infraestructura y equipamiento de las empresas. Las convocatorias referidas a empresas que actualmente están en vigencia son denominadas “Innovación Productiva” e “Investigación Aplicada a Pymes”. La segunda apunta a promover la investigación y el desarrollo. Actualmente se encuentran vigentes las convocatorias denominadas

“Investigación Orientada”, “Mejora de Servicios Tecnológicos”, “Comunicación de la Ciencia” e “Institutos de Educación Superior”.

A lo largo de los años, el presupuesto destinado a dichas convocatorias ha ido creciendo, al igual que la cantidad de proyectos financiados. Según datos estadísticos, en el año 2009 se financiaron un total de 85 proyectos con un monto total de \$1.805.500. Con el paso de los años se visualizó un incremento tal que en el año 2014 se financiaron un total de 100 proyectos por un monto total de \$36.495.800. En el año 2017, la cantidad de proyectos financiados fue de 200 por un monto total de \$91.078.400.

En relación a cada una de las convocatorias, ASaCTeI lleva adelante el siguiente proceso de negocios:

1. Carga online de proyectos.
2. Admisibilidad de proyectos.
3. Evaluación de proyectos.
4. Rendiciones de cuentas (RRCC).

A pesar de que el proceso de negocio se encuentre claramente definido, se debe destacar que es un proceso complejo y sumamente importante para las partes involucradas (Administración Pública y beneficiarios). Esto implica que el proceso de gestión de proyectos deba ser gestionado con el mayor profesionalismo, seguridad y diligencia posible.

Sin embargo, hoy en día ASaCTeI trabaja cada etapa del proceso sin tener en cuenta dichas cuestiones ya que utiliza Microsoft Office (planillas Excel y formularios Word) para la gestión del proyecto. Los postulantes deben completar formularios en Word, para luego enviarlos impresos en papel y de manera digital (a través de un CD) a MinCTIP antes de una fecha de cierre predefinida en la convocatoria. Una vez finalizada la convocatoria se transcribe cada proyecto a un sistema para la consulta de datos y se prosigue con el resto de las etapas, que actualmente también se gestionan en planillas Microsoft Word y Excel. La transcripción de los proyectos lleva a importantes problemas como

pérdida de datos, falta de validaciones necesarias que se pautan en las bases y condiciones de cada convocatoria, errores de transcripción de datos, descentralización de información, incompatibilidad de archivos. Para la institución, la información es un recurso valioso y a partir de ciertos errores pueden surgir graves problemas, como por ejemplo, el pago de proyectos que no debían financiarse debido a errores de mecanografía en el monto solicitado, cálculos de puntaje de evaluación o falta de documentación que no haya sido visualizada en el proceso de admisibilidad. Por este motivo, se torna imprescindible contar con herramientas de soporte a la gestión, que permitan dar un seguimiento a todas las actividades, que garanticen la seguridad e integridad de la información y permitan dar celeridad y confiabilidad a los procedimientos establecidos. Se entiende por tanto, que el desarrollo e implementación de una herramienta informática se torna absolutamente necesario.

En el siguiente documento, se propone explicar el desarrollo de un sistema que lleve adelante la gestión del financiamiento de proyectos, buscando solucionar y facilitar el trabajo y lograr una mayor eficiencia en la gestión pública.

A continuación, se detallará la organización del documento, la cual se corresponde con la metodología en cascada a utilizar para lograr una implementación del sistema satisfactoria para uso del usuario final:

1. Análisis de negocio y definición de requerimientos.
2. Diseño del sistema.
3. Implementación de módulos.
4. Pruebas y validación.
5. Documentación.

Análisis de negocio y definición de requerimientos.

Para la obtención y definición de requerimientos, se recolecta información sobre la estructura, organización, metodología y forma de trabajo del Ministerio, visualizando cada una de las

CONAISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

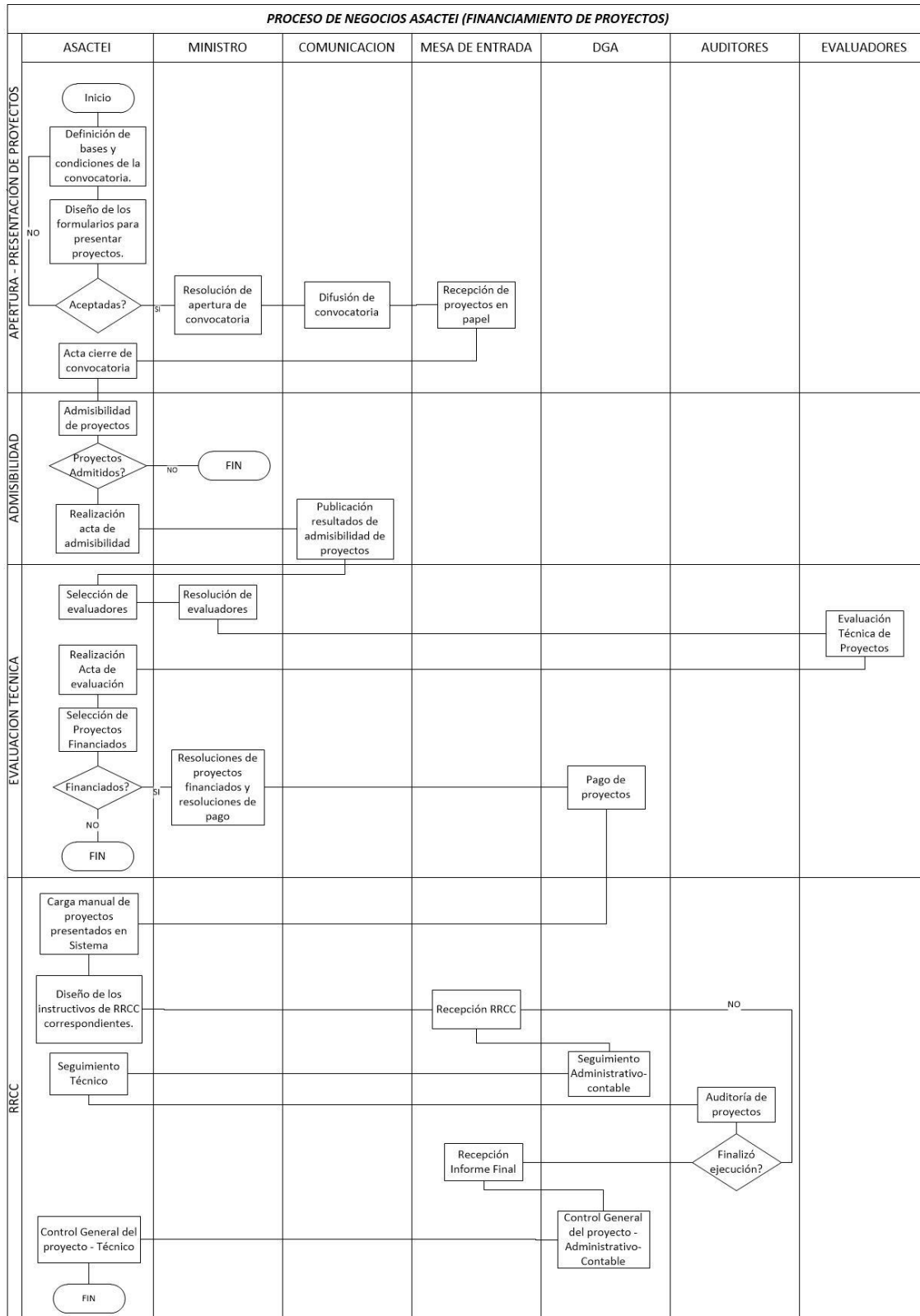


Figura 1: Diagrama de flujo del Proceso de Negocios de ASacTel (MinCTIP)

etapas de gestión de las convocatorias. En la figura 1, se muestra el diagrama de flujo que detalla el proceso de negocios actual de la gestión de financiamiento de proyectos.

A partir de esta información, se definen cuatro módulos a implementar que se detallan a continuación:

- **Carga Online:** Carga de propuesta de proyectos. Se deben completar formularios cumpliendo con bases y condiciones proporcionadas por la ASaCTeI. Corresponde a la sección “Apertura – Presentación de proyectos” de la figura 1.
- **Admisibilidad:** Control de requisitos y condiciones de documentación presentada. Corresponde a la sección “Admisibilidad” de la figura 1.
- **Evaluación:** Valoración de los proyectos. Se trata de establecer el orden de mérito de los mismos, de modo tal de utilizar estos criterios para la selección de los proyectos que recibirán los ANRs. Corresponde a la sección “Evaluación técnica” de la figura 1.
- **Rendición de Cuentas (RRCC):** Supervisión de los proyectos financiados, mediante el control y seguimiento de los informes técnicos y documentación respaldatoria presentada por el beneficiario durante la ejecución del proyecto. La finalidad de este proceso es el de corroborar que se cumplan los objetivos del proyecto teniendo presente el plan de trabajo definido durante la carga. Este módulo es el más importante ya que permite llevar un control satisfactorio hacia los fondos entregados por la provincia. Corresponde a la sección “RRCC” de la figura 1.

Como resultado de lo investigado, se especificaron los objetivos del proyecto, alcance y diagramas de casos de uso relacionados a cada módulo, los cuales son necesarios para obtener los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

El objetivo general se corresponde a la implementación de un sistema que ayude a

la gestión de proyectos realizada por el MinCTIP.

El alcance se relaciona con el objetivo ya que por el momento se propone el desarrollo de un sistema que facilite y mejore eficientemente la gestión de proyectos. En futuro podría agregarse consulta de datos y obtención de estadísticas.

En la figura 2, se presentarán los diagramas de casos de uso definidos. A partir de los casos de usos especificados se definieron los siguientes requerimientos funcionales y no funcionales:

Requerimientos funcionales:

- RF01 – Diferenciación de roles.
- RF02 – Generar validaciones teniendo presente las bases e instructivos definidos en la convocatoria.
- RF03 – Para la entrega final del proyecto y RRCC deben cumplirse todas las validaciones. Durante la modificación se mostrarán como alertas pero se permitirá continuar la carga.
- RF04 – Usuarios internos deben autenticarse con datos de Intranet.
- RF05 – Activación de cuenta de usuario mediante correo electrónico o por el sistema interno en caso de ser UVT.
- RF06 – Se generan automáticamente las planillas de evaluación y admisibilidad, actas y formulario del proyecto según la información brindada al sistema.
- RF07 – Los evaluadores son seleccionados y cargados por el personal de ASaCTeI.

Requerimientos no funcionales:

- RNF01 – El sistema debe ser capaz de operar adecuadamente varios usuarios en forma concurrente.
- RNF02 – El sistema debe desarrollarse aplicando seguridad de datos establecidas por la STG.
- RNF03 – El sistema será implementado como aplicación web. Se desarrollará un sistema interno y otro externo.
- RNF04 – En aplicación interna se establecerán permisos para que puedan acceder sólo personal de ASaCTeI.

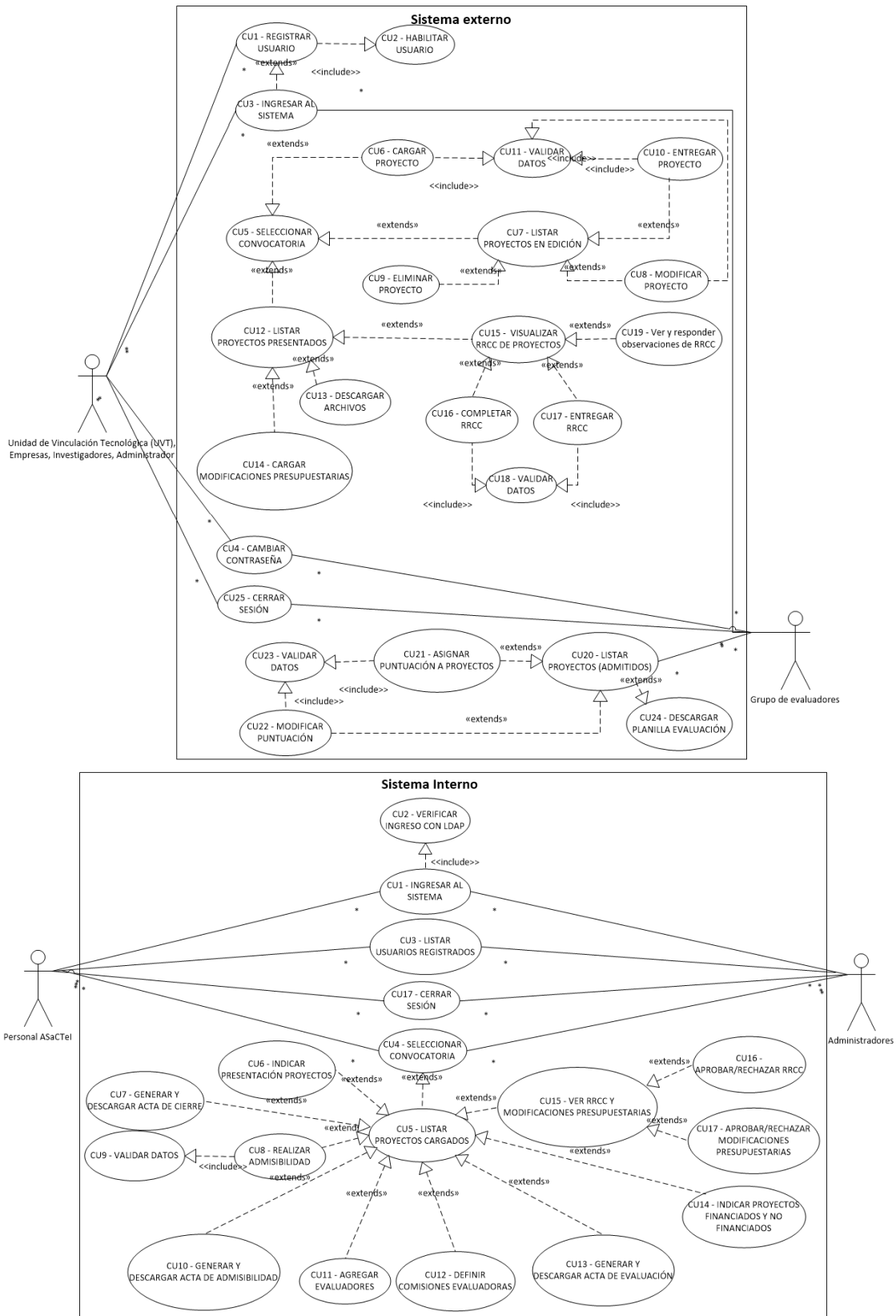


Figura 2: Diagrama de Casos de Uso – Aplicación Externa y Aplicación Interna.

Diseño del sistema

Para la realización del diseño y arquitectura del sistema, se investigó la forma de trabajo que utiliza la Secretaría para Tecnologías de la Gestión (STG) ya que para el desarrollo del sistema debe cumplir requerimientos y normativas establecidos por la STG.

STG trabaja con una infraestructura particular para el despliegue de aplicaciones en los servidores de desarrollo, testing y producción debido a que separa las aplicaciones y base de datos según redes internas y externas. La infraestructura de red que opera la provincia de Santa Fe está sectorizada en zonas, de forma de exponer sólo los servicios públicos y proteger el acceso a los servicios internos y a la red interna de datos.

En la figura 3, se muestra la división por zonas y los canales de comunicación permitidos entre cada una de ellas.

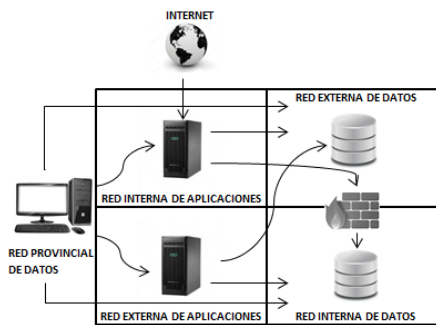


Figura 3: Infraestructura de Red.

En el proyecto, se emplea tanto la red externa como la red interna de base de datos y aplicaciones. Es por esto que se diseñó y desarrolló un sistema web interno y otro externo.

Entonces, por un lado contamos con una red interna de aplicaciones, las aplicaciones que se despliegan dentro de ésta red serán utilizadas por personal particular de algún organismo perteneciente a la provincia de Santa Fe. En este caso, se implementarán los módulos de admisibilidad y RRCC de proyectos. El dominio correspondiente a las aplicaciones internas se identifica como app. Este presenta un sistema de autenticación denominado Servicio Central de Autenticación (CAS), el cual consiste en

la autenticación a partir de datos de Intranet. Por otra parte, se desarrollarán módulos que se ubican en la red externa de aplicaciones, es decir, Internet (todos los ciudadanos acceden a éstas aplicaciones ya que están abiertas al público). En este caso, se implementarán los módulos de carga online de proyectos, proceso de evaluación y RRCC. El dominio correspondiente a las aplicaciones externas se identifica como www. El sistema de autenticación se realiza a través de un formulario en el cual se solicitan los datos al usuario.

A la hora de desplegar la aplicación a los servidores tanto de testing como producción, para garantizar una mayor velocidad de respuesta y una alta disponibilidad de los servicios, se realiza un balanceo de carga que permite distribuir el procesamiento de las peticiones entre un conjunto de servidores que posee la provincia.

Respecto a la base de datos, se define su estructura para lograr el almacenamiento completo de la información de los proyectos. Se define una tabla principal que se denominará trámite. Ésta se relaciona a tablas que representan cada convocatoria y a tablas de RRCC, admisibilidad, evaluación. Las tablas de cada convocatoria poseen todos los datos correspondientes a la carga online de proyectos las cuales se relacionan con personas, beneficiarios, otras instituciones, equipo de trabajo, plan de trabajo. A continuación se muestra un diagrama de clases indicando relaciones entre las mismas.

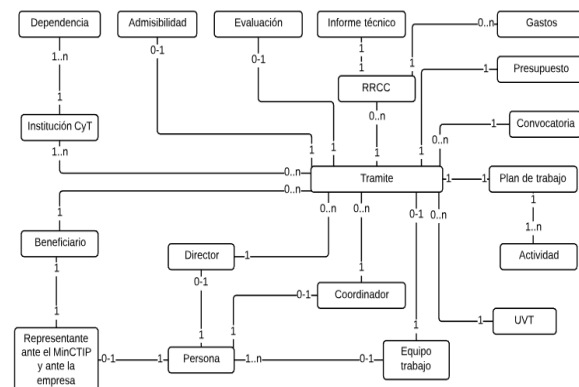


Figura 4: Infraestructura de Red.

Luego, se diseña la interfaz de usuario para todos los módulos propuestos. Para esto, se recurre a plantillas, elementos gráficos y visuales estándares (archivos css, js, imágenes, iconos, entre otros.) establecidos por la STG que se corresponden a pautas y recursos de diseño para el desarrollo de trámites pertenecientes a la provincia. Las figuras 5 y 6 se corresponden a interfaz de usuarios principal de la aplicación externa e interna.



Figura 5: Aplicación interna. Gestión general del proyecto. Se divide en pestañas: información general, presentación, admisibilidad, evaluación técnica, financiamiento, ejecución.



Figura 6: Aplicación externa. Visualización proyectos en edición y presentados. Operaciones: alta, baja, modificación, entrega proyecto, modificaciones presupuestarias, RRCC.

Implementación de módulos

Para el desarrollo se utiliza el patrón MVC, que consiste en separar en distintas capas los componentes encargados de manejar la vista, el modelo y el controlador.

Las herramientas a utilizar son las requeridas por la STG para lograr el funcionamiento correcto del sistema. Para el controlador se utiliza el Framework Symfony Versión 3.4. Para la vista se utiliza el motor de plantillas Twig. Para trabajar la base de datos se utiliza Doctrine. En la figura 7, se muestra como circula el flujo de información del sistema.

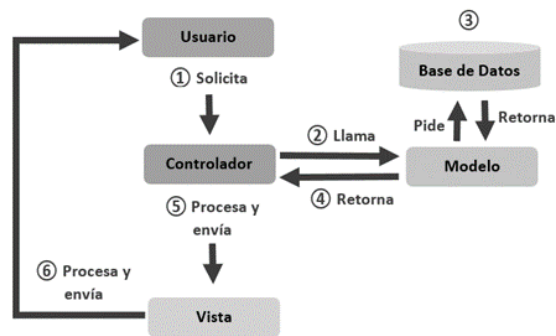


Figura 7: Modelo Vista – Controlador (MVC).

Pruebas y validación

El proceso de testing, se lleva a cabo a partir de la confección de un plan de pruebas para evaluar cada aplicación, verificando que se cumplan todos los requerimientos pautados.

Resumen de pruebas realizadas:

- Pruebas de componentes y unidad: Pruebas realizadas sobre cada función o clase definida en el código visualizando si se cumple correctamente el objetivo de la función. Por ejemplo, función ListadoConvocatoriasAction corrobora que todos los listados de las diferentes pestañas se visualicen correctamente.
- Pruebas de integridad: Pruebas desarrolladas en el sistema en su totalidad, es decir, integrando cada módulo. Por ejemplo, visualizar si los datos introducidos durante la carga de proyectos de la aplicación externa, se visualizan fehacientemente en la

información general de proyectos de la aplicación interna.

- Pruebas de aceptación de usuario: Pruebas realizadas por los stakeholders (usuarios finales) para corroborar si se cumplieron los objetivos propuestos y necesidades solicitadas.
- Pruebas de seguridad: Pruebas para verificar que se cumplen los requisitos establecidos por la STG. Fundamentalmente se corrobora la inyección de datos, codificación de contraseñas y utilización de herramientas exigidas. Estas pruebas son realizadas por el área de aplicaciones de la STG.

Si el sistema cumple con los requerimientos pautados y funciona correctamente en el entorno de Testing, se realiza un ticket a la STG solicitando el despliegue de la aplicación al Entorno de Producción.

Documentación

Consiste en el Manual de Usuario y Manual del Programador.

En cada pantalla del sistema se visualiza un botón denominado "Ayuda". En el mismo se podrá descargar un archivo PDF que contendrá ayuda respecto a la pantalla de la cual se descargue.

Trabajos Relacionados

En 2012, cuando ASaCTeI no contaba con sistemas para el manejo de datos, surgió la necesidad de obtener estadísticas de los proyectos presentados, financiados, montos otorgados, localidades financiadas.

Para solucionar esto se desarrolló un sistema de alta, baja, modificación y consulta de datos referidos a proyectos presentados. Sin embargo, con el uso del mismo, se presentaban inconvenientes comentados en la introducción.

Conclusión y Trabajos Futuros

El trabajo desarrollado cumplió con la iniciativa y finalidad planteada debido a que el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la provincia de Santa Fe está trabajando para comenzar a

utilizar el sistema en las convocatorias presentadas el siguiente año.

Surgió como primera iniciativa de reemplazo y seguridad en la carga y manejo de datos, por lo cual, comenzará a utilizarse para conocer posibles mejoras y lograr una herramienta eficaz para la gestión y el seguimiento de proyectos tanto para los beneficiarios de empresas, instituciones de CyT, evaluadores y Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT) como para el personal de ASaCTeI que son los principales usuarios del sistema.

Como futuro se plantea la mejora de la aplicación sumando un sistema de consulta de datos, con filtros definidos para lograr buscar datos de forma eficiente. También, se buscará desarrollar una herramienta para obtener estadísticas necesarias para el Ministerio. Otra mejora se corresponde a la normalización de la base de datos ya que actualmente se cuenta con una única convocatoria implementada pero en futuro cercano se observa la posibilidad de agregar las restantes.

Agradecimientos

Facultad de Ingeniería e Ciencias Hídricas – UNL.
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCTIP).

Lucila Romero – Directora del Proyecto Final.

Martín D'Angelo – Codirector Proyecto Final.

Referencias

[1] Aguilar Idáñez Marí José, Ander-Egg Ezequiel. Como elaborar un proyecto. Guía para elaborar proyectos sociales y culturales 13a Edición. Lumen/Hvmanitas, Buenos Aires, Argentina.

[2] Bases y condiciones del instrumento de Innovación Productiva. Recuperado de <https://www.santafe.gov.ar/index.php>.

[3] Project Management Institute. (2008). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) 4ta edición. Project Management Institute Global Standard.

[4] Somerville, Ian. (2005). Ingeniería del software 7ma Edición. Madrid, España Editorial Pearson Edition Wesley.

Datos de Contacto:

Yanina Andrea Döning. Universidad Nacional del Litoral, 3000, yani.doning@gmail.com.

Pooka: Sistema de rescate, recuperación y adopción de mascotas

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza

Abstract

In this article, and as Final Project for the Degree of Information Systems Engineering, we present a solution for tackling the problem of the great number of homeless pets in need of a home and care. Many of these pets suffer from injuries, illnesses and malnutrition, among other health problems. The Pooka system offers an integral solution that allows the registration of street pets along with their health condition. Users can offer themselves for transportation of registered pets to a veterinary center, or for temporary foster care. Additionally, it allows animal protection entities to offer the registered pets for adoption and to receive donations via electronic payments intended to cover either medical costs of individual pets or of the organization in general. It also allows users to make posts concerning lost pets and to get in touch with each other in order to return a pet they found.

Resumen

En este artículo se presenta como proyecto final de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información una solución para abordar el problema de la gran cantidad de mascotas en situación de calle que necesita cuidado y encontrar una familia. Muchas de estas mascotas son lastimadas, sufren enfermedades, desnutrición, entre otros problemas de salud. El sistema Pooka ofrece una solución integral que permite registrar mascotas en la calle con su estado de salud. Los usuarios pueden ofrecerse para trasladar a un centro veterinario a las mascotas registradas, o para darles tránsito. Además, permite a entidades protectoras de animales ofrecer las mascotas registradas en adopción y recibir donaciones mediante pagos electrónicos a los efectos de cubrir los costos médicos específicos de la mascota o de la organización en general. También se permite a los usuarios realizar publicaciones sobre mascotas extraviadas o ponerse en contacto entre sí para devolver una mascota perdida.

Palabras Clave

Rescate de mascotas, Donaciones, Adopción de animales, Sistema veterinario, Tránsito. Recuperación de mascotas extraviadas, Historia Veterinaria.

Introducción

Las mascotas que viven en la calle se encuentran expuestas a todo tipo de maltratos. Muchas personas están dispuestas a ayudarlas en sus tratamientos, o dándoles un hogar, pero no saben como hacerlo, ya que la información al respecto se encuentra muy distribuida.

Por lo tanto, creemos que nuestro sistema ayuda a solucionar todos estos problemas, a través de la capacitación adecuada a los usuarios.

El sistema tiene un enfoque social, buscando la conexión de aquellas mascotas que necesiten ayuda con las personas interesadas en donar dinero, dar tránsito, y adoptarlos.

Pooka está orientado al rescate de mascotas en situación de calle.

Objetivos

El sistema tiene como objetivo reducir la población animal en las calles, de forma ética y humanitaria, sin aplicar la eutanasia, ni la implementación de perreras municipales.

Se busca centralizar la información acerca del proceso de adopción de mascotas; facilitar el traslado de mascotas heridas hacia alguna clínica veterinaria; facilitar la donación de dinero para tratamientos; dar seguimiento sobre el estado de recuperación de la mascota; conseguir tránsito para las mascotas con mayor rapidez; unificar las búsquedas de mascotas perdidas y encontradas.

Para esto se registra a los Refugios de Animales, y las Veterinarias que deseen adherir al sistema, y así colaborar en la atención sanitaria de los animales rescatados. También las personas que

deseen ofrecer hogares de tránsito para las mascotas en vía de recuperación, o quieran colaborar con el traslado de mascotas heridas a un centro veterinario se pueden registrar en el sistema.

Por medio de la donación se ayuda a solventar los gastos de la asistencia sanitaria de las mascotas rescatadas, permitiendo el seguimiento del animal al cual se desea realizar la donación. También se puede ver el estado de cualquier mascota publicada.

El sistema tiene la opción de registrar animales encontrados/perdidos para así ayudar a su difusión y posterior reencuentro con sus dueños.

Funcionalidades

En la Figura 2: Representación del funcionamiento de Pooka se puede ver como esta compuesta la arquitectura del sistema. A continuación se describen las principales funciones del sistema para cada tipo de usuario:

➤ Para el usuario:

- Registrar mascota enferma o lesionada: El usuario puede ingresar en el sistema una mascota que requiera atención sanitaria cargando mínimamente su estado de salud y ubicación.
- Visualizar mascotas: El usuario puede visualizar una lista de mascotas heridas o mascotas que son ofrecidas para adopción por los refugios de animales. También se puede aplicar filtros para visualizar las mascotas por distintos parámetros como zona geográfica, tipo de mascota, color, sexo, etc. Ver Figura 1: Lista de mascotas heridas
- Ofrecerse como voluntario para realizar traslado: Se puede realizar una solicitud de traslado de una

mascota herida. Luego puede visualizar sus mascotas pendientes de traslado.

- Ofrecerse como voluntario para tránsito: Mediante una solicitud de tránsito el usuario puede dar refugio transitoriamente a las mascotas que lo necesiten.
- Adoptar una mascota: El usuario puede solicitar adoptar una mascota solicitándolo a uno de los refugios registrados en el sistema.
- Realizar donaciones: Se puede realizar donaciones mediante pagos electrónicos para cubrir los costos específicos de una mascota registrada en el sistema, o también donaciones generales a los refugios de mascotas.

➤ Para el refugio:

- Gestionar Solicitudes de adopción: Las protectoras pueden visualizar las solicitudes realizadas por los usuarios para adoptar a sus mascotas o darles tránsito por un periodo de tiempo pudiendo aceptar o rechazar dichas solicitudes según los criterios de cada refugio.
- Publicar mascota para adopción: Las mascotas gestionadas por protectoras pueden ser publicadas para que los usuarios soliciten la adopción de las mismas.
- Habilitar donaciones: Los refugios que quieran recibir donaciones mediante pagos electrónicos de los usuarios pueden habilitar dicha funcionalidad ingresando los datos bancarios necesarios.
- Habilitar donaciones para mascota en tratamiento: las mascotas heridas o enfermas que hayan sido trasladadas a un centro veterinario y estén se vinculen a una protectora pueden recibir donaciones hasta alcanzar la recaudación que cubre los costos del tratamiento, dichas

donaciones serán acreditadas a la protectora.

- Ofrecer presupuesto para tratamiento: Las protectoras pueden publicar el valor del tratamiento requerido para las mascotas heridas
- Visualizar estadísticas: Las protectoras pueden ver gráficos con información procesada acerca de las adopciones y datos de rescate.
- Generar reporte: Se puede obtener reportes multifiltro de mascotas en adopción, mascotas en tránsito, mascotas heridas y mascotas adoptadas.

➤ Para la veterinaria:

- Visualizar mascotas: La veterinaria puede visualizar una lista de mascotas heridas vinculadas a ella con el valor de su tratamiento y detallando si dicho valor fue validado o no.
- Validar presupuesto para tratamiento: Las veterinarias pueden validar el valor de los tratamientos requeridos por las mascotas heridas registradas en el sistema por los usuarios.



Figura 1: Lista de mascotas heridas

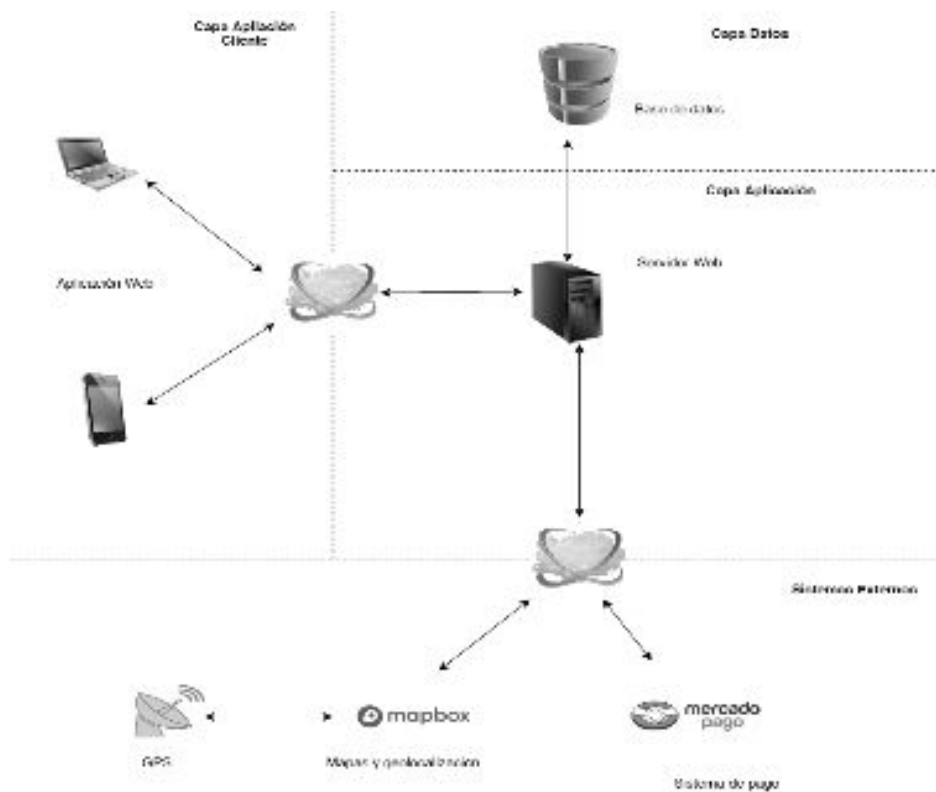


Figura 2: Representación del funcionamiento de Pooka

Tecnologías de Trabajo

Las tecnologías principales utilizadas para el desarrollo del sistema son:

- Python [1], como lenguaje de programación en la parte del backend. Ver Figura 3: Extracto de código de la llamada al servicio REST: “Registrar Usuario”
- Django [2], como framework de desarrollo con python para el backend.
- Django REST framework [3], como framework para el desarrollo de la api restful.
- ReactJs [4], como framework de javascript para el desarrollo del frontend.
- Bootstrap [5], como framework de javascript y CSS para colaborar con los estilos en el diseño de las vistas.
- PostgreSQL [6], es el motor de bases de datos relacional.
- SublimeText [7], como ambiente de desarrollo para el backend.
- Visual Studio Code [8], como ambiente de desarrollo para el frontend.
- PgAdmin3 [9], como herramienta de administración de bases de datos PostgreSQL.
- Paquete Office [10], para elaborar la documentación del sistema.
- Google Drive [11], como repositorio para la documentación en la nube.
- Microsoft Project [12], como herramienta de planificación del proyecto.
- Trello [13], como herramienta para la organización de tareas.
- Telegram [14], para comunicación interna del equipo.
- Bitbucket [15], servicio de hosting de repositorios remotos para control de versiones con Git.

```
from rest_framework import viewsets, permissions, generics
from rest_framework.response import Response

from knox.models import AuthToken

from .serializers import (CreateUserSerializer,
                          UserSerializer, LoginUserSerializer)

class RegistrationAPI(generics.GenericAPIView):
    serializer_class = CreateUserSerializer

    def post(self, request, *args, **kwargs):
        serializer = self.get_serializer(data=request.data)
        serializer.is_valid(raise_exception=True)
        user = serializer.save()
        return Response({
            'user': UserSerializer(user, context=self.get_serializer_context()).data,
            'token': AuthToken.objects.create(user)
        })
```

Figura 3: Extracto de código de la llamada al servicio REST: "Registrar Usuario"

Metodología

La metodología de desarrollo elegida para este sistema es Scrum.

La metodología ágil envuelve un enfoque para la toma de decisiones en los proyectos de software, que se refiere a métodos de ingeniería del software basados en el desarrollo iterativo e incremental, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad del proyecto

Cada iteración del ciclo de vida incluye: planificación, análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y documentación. Teniendo gran importancia el concepto de "Finalizado" (Done), ya que el objetivo de cada iteración es incrementar el valor por medio de "software que funciona" (sin errores). Los métodos ágiles enfatizan las comunicaciones cara a cara en vez de la documentación.

Se decidió utilizar esta metodología porque su estructura permite enfrentar mejor los cambios en los requisitos que podrían presentarse debido a la investigación de la tecnología a utilizar.

Dentro de esta metodología se utilizó Scrum[16], que es un marco en el que se

pueden emplear diversos procesos y técnicas. El papel de scrum es aumentar significativamente la productividad y reducir el tiempo relativo de desarrollo a través del solapamiento de sus diferentes fases, en lugar de realizar una tras otra en un ciclo secuencial.

Como se muestra en la figura 4, hay 3 roles principales en Scrum:

1. **Product Owner:** Representa la voz del consumidor final (puede ser interno o externo). Se asegura de que el equipo Scrum trabaja de forma adecuada desde la perspectiva del negocio.
2. **Scrum Master:** su trabajo primario es eliminar los obstáculos que impiden que el equipo alcance el objetivo del sprint. No es el líder del equipo (porque ellos se auto-organizan), sino que actúa como una protección entre el equipo y cualquier influencia que le distraiga y se asegura de que el proceso Scrum se utiliza como es debido.
3. **Equipo Scrum:** El equipo tiene la responsabilidad de entregar incrementos del producto al final de cada Sprint.

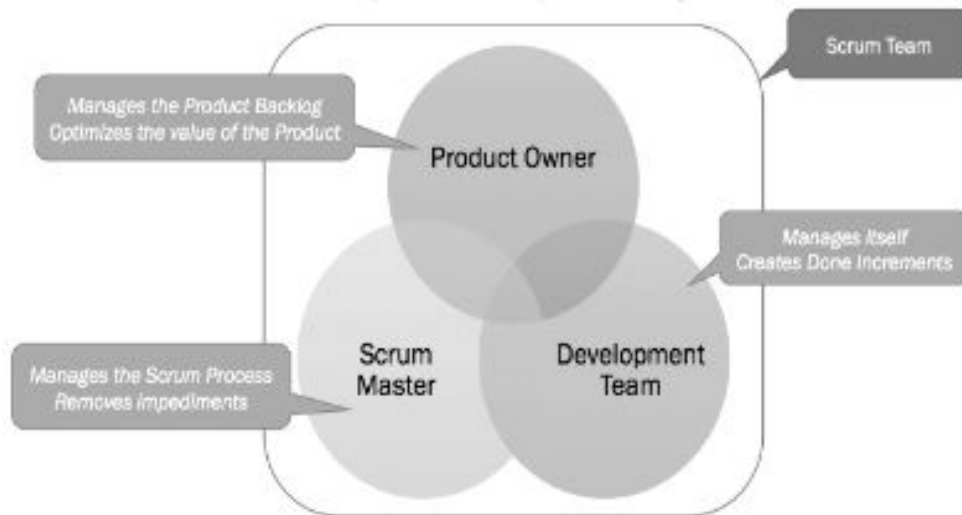


Figura 4: Roles en Scrum

Desarrollo

Los principales desafíos en cuanto al desarrollo del proyecto se presentaron entorno a la consistencia de los datos y la integración de las componentes del servidor con el frontend. Si bien se gestionó ambos en el mismo repositorio, son completamente independientes y es necesario ejecutar un servidor para cada uno. La integración entre frontend y backend se llevó a cabo mediante una API RESTful dejando de lado la arquitectura modelo, vista, template que propone el framework. Otra dificultad que se presentó en relación a la consistencia de datos fue respecto a la integración con mercadopago para registrar las transacciones de las donaciones realizadas por los usuarios a las protectoras. Para esto fue necesario incluir servicios en la API de nuestro sistema, con lo cual se pudo mantener un registro local de los datos de pago realizando la comunicación entre nuestro sistema y los servicios de mercado pago desde el lado del servidor. Además, cuando el pago es realizado para cubrir un tratamiento para una mascota se debe realizar por cada transacción de pago una validación para determinar cuándo finalizar el proceso de recaudación para ese tratamiento deshabilitando las donaciones para el

mismo. Esto último se resolvió mediante un algoritmo de validación que es ejecutado al invocar el endpoint del callback al terminar el proceso de checkout de mercadopago.

Conclusión y Trabajos Futuros

Los resultados obtenidos al final del proyecto fueron satisfactorios. Respetando la metodología aplicada, logramos construir un sistema que ayuda a las mascotas más vulnerables, unificando la búsqueda de mascotas perdidas y encontradas y permitiéndole a la protectora de animales gestionar sus mascotas con mayor facilidad y recibir donaciones mediante pagos electrónicos.

En un futuro cercano esperamos poder trabajar en conjunto con municipios y organizaciones gubernamentales, con el fin de crear un registro único de mascotas, mediante el uso de microchips.

Agradecimientos

Los integrantes de este grupo agradecemos a la cátedra de Proyecto Final (UTN – FRM) Mag. Lic. Alejandro Vázquez, Lic. en Sistemas de Información Gustavo Manino, Ingeniero Raúl Moralejo e Ingeniero Diego Villa por habernos brindado su apoyo y comprensión a todas las dudas que nos fueron surgiendo a lo largo de la realización de este proyecto.

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Referencias

- [1] - Python - <https://www.python.org>
- [2] - Django - <https://www.djangoproject.com>
- [3] - Django REST framework - <https://www.djangoproject.com>
- [4] - ReactJS - <https://reactjs.org>
- [5] - Bootstrap - getbootstrap.com
- [6] - Postgresql - <https://www.postgresql.org>
- [7] - Sublime Text - <https://www.sublimetext.com>
- [8] - Visual Studio Code - <https://code.visualstudio.com>
- [9] - PgAdmin3 - <https://www.pgadmin.org>
- [10] - Paquete Office - <https://www.office.com>
- [11] - Google Drive - <https://www.google.com/drive>
- [12] - Microsoft Project - <https://www.microsoft.com>
- [13] - Trello - <https://trello.com>
- [14] - Telegram - <https://telegram.org/>
- [15] - Bitbucket - <https://bitbucket.org/>
- [16] - Scrum - <https://www.scrum.org>

Datos de Contacto

Maribel Martinez, Jacinto Suarez 245, Las Heras,
Mendoza. martinezmaribel1994@gmail.com

Denis Strappa, Salta 937, Godoy Cruz, Mendoza.
strappadenis@gmail.com

Hector Mazzucotelli, Martinez de Rosas 7188,
Guaymallén, Mendoza.
hectormazzucotelli@gmail.com

Desarrollo de sistema experto para asesoramiento de emprendimientos de industrias creativas

*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

Manzella, Leonardo
Martin

Tobal, Nicole

Taft, Yari Ivan

Oliveri, Guido

Vergara, Martin
Hernan

Abstract

Es una realidad que los emprendedores no suelen poseer los conocimientos necesarios para crear su propio plan de negocio, ya que las instituciones educativas no preparan a los profesionales para emprender. Eso genera mucha frustración y fracasos a la hora de emprender. Es por ello, que surge la necesidad de contar con consultores expertos del rubro en el que se está emprendiendo, para poder suplir esa falta de conocimiento. Dichos consultores se han visto obligados a especializarse más y más en cierto nicho de emprendimientos, para poder entender mejor al emprendedor y a los distintos modelos de negocio disponibles para el rubro de emprendimientos con los que está tratando. No obstante, hay industrias las cuales carecen de muchos expertos disponibles, como es el caso de las industrias creativas. Es por ello, que los pocos que abastecen el mercado deben lograr la máxima eficiencia en materia de tiempo, para poder atender a la mayor cantidad de emprendedores posibles. A raíz de dicha necesidad, es que se desarrolló en el presente proyecto, un sistema que permite ayudar a elaborar los distintos planes que necesite el emprendedor siendo asistido y dotándolo de las herramientas necesarias para la correcta puesta en marcha y posterior administración del emprendimiento. Entre las herramientas que se proporcionan, se pueden destacar, un módulo de recordatorios para agendar las reuniones con el experto. Una bitácora para registrar acciones realizadas. Un módulo de proyecciones económicas-financieras y un sistema experto en formato de chat que brinda asesoría, de forma personalizada en las etapas iniciales del emprendimiento, las cuales son las más repetitivas y demandantes en cuestión de tiempo.

Palabras Clave

Sistema experto, planes, asistente, emprendimientos creativos, inteligencia artificial

Introducción

La realidad de muchos emprendedores del rubro de industrias creativas, es que no son instruidos académicamente para poder salir a un mercado que cada vez se vuelve más competitivo [0]. Es por ello, que con frecuencia elevada, se incurre en el fracaso al emprender y en la falta de acción por el miedo a poder fracasar.

El instituto GEM¹ realizó un estudio donde se revela que el 34,8% de los Argentinos desea emprender, sin embargo no lo hacen por miedo al fracaso, es coherente, cuando se constata que, según cifras oficiales del ministerio de producción², al año se fundan 70.000 empresas, de las cuales únicamente 2.000 sobreviven el primer año de actividad.

Dicha problemática, ha posibilitado la proliferación de los servicios de consultoría para emprendedores, y dichos servicios de consultoría se han refinado para encargarse de emprendimientos de un tipo de industria específica, por ejemplo la industria creativa. Como contraparte, dichos consultores no abundan en el mercado, por lo que es de vital importancia, que puedan realizar una correcta administración del tiempo, tratando

¹<https://www.infobae.com/opinion/2017/07/17/el-miedo-al-fracaso-del-emprendimiento-y-algunas-propuestas-para-encarlo/>

²<https://www.cronista.com/pyme/negocios/Dia-del-emprendedor-el-99-de-las-empresas-argentinas-son-pymes-20171117-0001.html>

de automatizar las tareas repetitivas y rutinarias, y dicho objetivo es el que se persigue en el presente proyecto.

La primer parte del proceso de consultoría consiste, en una serie de preguntas y respuestas de rutina que el emprendedor debe responder, para que él mismo pueda generar sus planes y estrategias. Se detectó que dicha tarea, es perfectamente automatizable, con el uso de inteligencia artificial, más específicamente, con un sistema experto, que pueda adaptarse a las necesidades individuales de cada emprendedor. Dicho sistema experto, permite al consultor despreocuparse por el tiempo consumido en la etapa inicial del emprendimiento. De ese modo, él mismo puede enfocar sus energías y tiempo en cuestiones menos automatizables y que requieran necesariamente la intervención humana.

El proyecto no busca reemplazar al experto, sino ayudarlo en la difícil tarea de tener que dar servicio a múltiples clientes simultáneamente. Actualmente, en el mercado no hay ninguna solución, ni avance científico, en aras de resolver el problema específico anteriormente detallado.

El presente trabajo se organizará detallando a continuación, el desarrollo del proyecto, luego se explica el estado del arte, para posteriormente realizar las pertinentes conclusiones y los correspondientes agradecimientos.

Desarrollo

Se ha generado un sistema experto que abarca cada situación posible de cada emprendedor, y que se mantenga en constante crecimiento mediante aprendizaje offline supervisado³.

³ Se denomina así al modo de entrenar a una inteligencia artificial. Que sea offline significa que el entrenamiento no lo consigue en red, sino que es entrenada a partir del equipo desarrollador. Supervisada significa que habrá un humano evaluando el comportamiento de la misma para guiar su aprendizaje.

Lo mencionado anteriormente se logra agregando reglas a la base de conocimiento, y cubriendo el espectro de preguntas posibles que se van a realizar al emprendedor durante el uso de la plataforma. Dicho sistema experto ofrece sugerencias de cómo realizar el modelo de negocios y los distintos eventos que puedan surgir, dadas las condiciones particulares de cada cliente. Haciendo hincapié en las reglas, se cuenta con reglas orientadas al plan de comunicación, comercial o de ventas, empresarial y de administración, marketing y mercado, sustento de concepto, legal e impositivo, entre otros. En la figura 1 se puede observar una interacción con el módulo de sugerencias.



Fig 1. Ejemplo de sugerencias del sistema experto en formato de ChatBot.

Nota: Para los ejemplos se utiliza un emprendedor de diseño que es un nómada digital, siendo su

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería Informática - Sistema de Información

objetivo trabajar y viajar al mismo tiempo, en una modalidad independiente.

Adicionalmente, se diseñó una pantalla que permite escribir las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del emprendedor que se presentan, adicionando los posibles riesgos identificados por el sistema experto. Es importante que en una primera impresión de lo que se está viendo el usuario reconozca mediante un color de qué característica se está hablando.

Para que la información quede registrada a medida que el emprendedor avanza en su proyecto, se ha realizado un módulo de bitácora, el cual permite corregir errores en el modelo de negocio y retroalimenta así al sistema experto para poder mejorar su precisión.

Para el apartado de proyecciones económicas se desarrolló un apartado que permite ingresar variables de índole económica a la aplicación para que la misma realice proyecciones económicas. Es importante destacar que como mínimo se necesitan tres meses de historia de ingresos y gastos para poder hacer una estimación de las ventas junto con el correspondiente gráfico evolutivo.

Si la persona no tuviese esa cantidad de meses de historia, se le pedirá que ingrese su capital inicial para el negocio y la cantidad de años a estimar para que se muestren con la mayor precisión posible los indicadores económicos calculables con dichos datos, junto con una descripción de la importancia para el negocio.

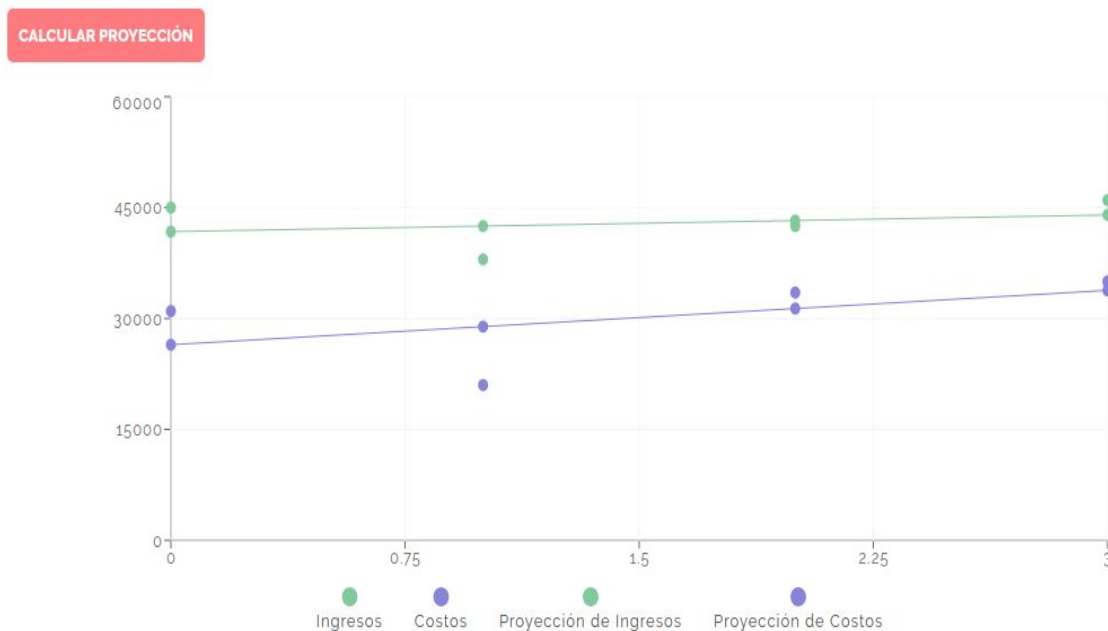


Fig 2. Pantalla de gráficos con las proyecciones. Nótese que el algoritmo de predicción toma en cuenta las variaciones y malos momentos. Obteniendo mejor precisión con mayor cantidad de datos

Bitácora

Lista de Tareas



Fig 3. Pantalla de bitácora. Con algunas tareas a modo de ilustración

Para no olvidar las acciones a realizar, se ha incluido una sección de recordatorios, la cuál es configurable por parte del experto, teniendo en cuenta las características particulares del emprendedor. Ya que el mismo debe estar al tanto de las distintas actividades necesarias para el correcto funcionamiento del negocio, y en caso que se requieran realizar cambios, que los mismos sean realizados en tiempo y forma según lo estipulado.

Reuniones

+ Agregar Reunión

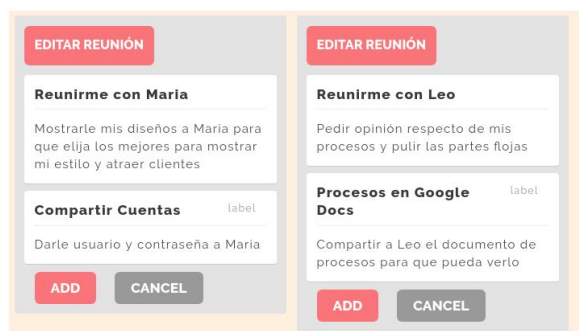


Fig 4. Pantalla de reuniones y recordatorios.

El valor diferencial del sistema desarrollado reside en el acceso por parte de los emprendedores a un sistema experto, el cual está constantemente aprendiendo y

adquiriendo experiencia en base a casos con similares condiciones a las expuestas en el caso del cliente.

La metodología de implementación de proyecto elegida es Big Bang, ya que no se dispone de otro sistema que soporte a los emprendedores. Se remueve el sistema no informatizado actual por el que se propone en el presente documento.

Adicionalmente, la metodología de desarrollo del proyecto es RUP, debido a que los requerimientos estaban bien definidos desde un principio.

Por la naturaleza del desafío, se adoptó un enfoque innovador y revolucionario al incorporar el reconocimiento de habilidades de negocio, blandas y psicológicas por parte de un algoritmo computarizado.

Para lograr dicho hito, se han modelado una serie de redes semánticas simbólicas⁴ que almacenan el conocimiento adquirido codificado sobre las cuales se aplica una estrategia de inferencia mediante encadenamiento hacia adelante y hacia atrás para recorrer estas redes⁵.

Por último se resuelven las consultas del usuario por unificación contra predicados lógicos⁶. Para que el usuario pueda acceder fácilmente al conocimiento almacenado en el sistema, se requiere el uso de interfaces conversacionales del estilo chatbot; todo el sistema se construye sobre interfaces conversacionales

Dicho tipos de sistemas expertos necesitan ser altamente dinámicos, es por ello que se ha decidido utilizar tecnologías reactivas contemporáneas tales como el lenguaje de programación Javascript, con frameworks

⁴ Es una forma de representación del conocimiento lingüístico en la que los conceptos y sus interrelaciones se representan mediante un grafo.

⁵ Una cadena que realiza una búsqueda o camino desde el problema a la solución se llama una cadena hacia adelante. Una cadena que transita hacia atrás desde una hipótesis hasta los hechos que soportan tal hipótesis se llama una cadena hacia atrás.

⁶ La unificación es el proceso de computar las sustituciones apropiadas que permitan determinar si dos expresiones lógicas, ya sean predicados o patrones, coinciden.

como Node JS, Meteor y React. Se ha hecho uso de Javascript tanto en la lógica como en la interfaz visual y en la base de datos de tipo NoSQL (MongoDB) para minimizar la demoras generadas entre las herramientas y lograr una experiencia de usuario fluida.

Como último punto a mencionar, es de destacar que se ha puesto especial énfasis en lograr una interfaz sencilla de utilizar, con el propósito de lograr una experiencia entretenida y a la vez productivo para lograr el proceso de intercambio de información entre ambas partes.

Trabajos Relacionados

En la actualidad, no hay ningún producto que resuelva exactamente el mismo problema, pero si se disponen de trabajos que han servido de inspiración para la elaboración del presente proyecto.

Se ha hecho uso de técnicas propias de la ingeniería del conocimiento, las cuales fueron propuestas en la publicación "*The fifth generation*" [1].

Adicionalmente, se ha utilizado un lenguaje de programación especializado para la tarea de elaborar sistemas expertos, el cual es Prolog, y dicho lenguaje fue publicado bajo el trabajo "*La naissance de Prolog*" [2].

Se ha tenido en cuenta, además, ciertas técnicas utilizadas en inteligencia artificial que hacen referencia al paper "*Mastering the Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search*" de Google DeepMind [3].

Teniendo en cuenta que los emprendedores tienen múltiples objetivos y los mismos deben ser planificados para ser logrados y controlados, se ha hecho uso de la planificación propuesta en la teoría de decisión y algoritmos de aprendizaje de refuerzo del informe científico: "*Multi-Objective Decision Making*" [4] por el laboratorio de Inteligencia Artificial de Oxford.

Conclusión y Trabajos Futuros

En este proyecto pudimos entender que siguiendo objetivos y metodologías, es posible lograr reducir tiempos ociosos y ser más eficientes en lo que al proceso de estructuración organizacional respecta, para que los emprendedores entiendan su modelo de negocio y puedan explotar sus oportunidades al máximo, pudiendo así alcanzar su máximo potencial.

A su vez, identificar las oportunidades, fortalezas, oportunidades y debilidades del emprendedor es una tarea fundamental, en nuestra opinión, porque teniendo en cuenta esos aspectos, es posible establecer lineamientos que lleven a un camino con más probabilidades de éxito en el rubro de las industrias creativas.

Es también importante destacar, que se considera que este sistema experto reduce en gran medida el cuello de botella que representa sobre todo el inicio de un emprendimiento, en donde los primeros pasos son muy similares entre todas las empresas y el experto habitualmente debe explicar lo mismo múltiples veces. Dicho problema es el que se mitigó, junto con una facilitación en lo que a herramientas administrativas por partes de ambas partes respecta.

Sugerimos continuar el tema abordado, agregando reglas para adaptar dicho sistema experto a otros rubros de emprendimientos. Así como también se deja abierta la posibilidad de sumar más herramientas y técnicas para mejorar aún más la automatización y administración de clientes por parte de los expertos.

Por último, pudimos empatizar con los problemas de los emprendedores de industrias creativas y sus necesidades al crear un sistema que los acompañe en el proceso de emprender, ayudándolos a resolver los inconvenientes que padecen día a día.

Agradecimientos

Un gran agradecimiento por parte de todo el equipo al Lic. Diego Bresler, quien nos guió con sus conocimientos sobre las industrias creativas para que

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

podamos entender el negocio y las características posibles de los usuarios que van a usar nuestra plataforma.

Además, queremos agradecer a la Dra. Inés Casanovas, la Lic. Nora Rivero y la Lic. Valeria Ferrari Gal que nos acompañaron para realizar este proyecto final y que nos brindaron sus conocimientos para que podamos llegar al objetivo deseado en tiempo y forma.

Referencias

[0] Leticia Gasc, Alejandra Lizard “Emprender un futuro naranja” Libro electrónico. BID (Banco interamericano de desarrollo - 2018).

<https://cloud.mail.iadb.org/emprender-futuro-naranja>

[1] Feigenbaum, Edward; McCorduk, Pamela . “The Fifth Generation” Editorial: Signet (1983).

[2]Alain Colmerauer, Philippe Roussel. “La naissance de Prolog” Editorial: .Omniscryptum (1992)

[3]David Silver, Aja Huang. “Mastering the Game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search” Editorial: Macmillan Publishers. (2016).

[4]Diederik M. Roijers, Shimon Whiteson “Multi-Objective Decision Makin” Editorial: Morgan & Claypool Publishers (2017).

Datos de Contacto:

Manzella, Leonardo Martin - Universidad tecnológica nacional (UTN)

leonardo.manzella@gmail.com

Taft, Yari Ivan - Universidad tecnológica nacional (UTN)

yari.taft@gmail.com

Oliveri, Guido Luca - Universidad tecnológica nacional (UTN)

guidolucaoliveri@gmail.com

Tobal, Nicole - Universidad tecnológica nacional (UTN)

nickytobal@gmail.com

Vergara, Martín Hernán - Universidad tecnológica nacional (UTN)

martinmorsevergara@gmail.com

Exposiciones

Los trabajos de profesores investigadores y los mejores trabajos de estudiantes podían estar aprobados para ser expuestos con modalidad oral.

Se seleccionaron 33 trabajos de estudiantes para ser expuestos con modalidad oral. Los restantes trabajos de estudiantes debían exponerse mediante pósteres científicos. Se recibieron cerca de 120 pósteres.

En total, fueron realizadas 126 exposiciones orales, según detalle siguiente:

<i>Categoría</i>	<i>Total Exposiciones</i>
<i>Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información</i>	35
<i>Aspectos legales y profesionales</i>	3
<i>Bases de Datos</i>	6
<i>Educación en Ingeniería</i>	17
<i>Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos</i>	21
<i>Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática</i>	17
<i>Trabajos estudiantiles (seleccionados)</i>	27
Total general	126

A continuación, se presenta la programación de las exposiciones orales.

Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información

JUEVES 29 de noviembre de 11 a 13 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11 a 13	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	19	Stella Massa UNMDP	461	Robótica Aplicada a la Enseñanza de la Pediatría	Jorge Buabud, Mario Marcelo Figueroa de la Cruz, Francisco Alderete, José Alejandro Macedo, Alejandro Alicata, Gerardo Sebastián Pérez, Gabriel Camaño	UTN Facultad Regional Tucumán
				569	Juegos Serios como Herramienta De Interacción y Participación en el Aprendizaje: Propuesta "Proyecto 1810"	Christian Parkinson, Roxana Martinez	Universidad Abierta Interamericana
				42	Aplicación de tecnología blockchain como incentivo para la adopción y gestión de energías renovables en la Argentina.	Guillermo Andrés Chinni	Universidad del Salvador
				22	Diseño de una Interfaz Hombre - Máquina para un Sistema Disco Stirling	Daniel Juan José Monferrán, Daniel Alberto Zambrano, Gustavo Jimenez Placer, Gustavo Real	Universidad Nacional General Sarmiento
				74	Coprocesador FPGA para la Aceleración del Diagnóstico Precoz en Cáncer de Mama	Lucas Leiva, Jordina Torrents-Barrena, Martín Vázquez	Universidad FASTA, Universidad Rovira i Virgili (España), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 14:30 a 16:30 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
14:30 a 16:30	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	19	Virginia Ballarín UFASTA - UNMDP	229	Automatización de evaluación de madurez ósea a través de técnicas de aprendizaje profundo	Santiago Diez, Pablo Pistilli, Franco Ferrero, Clarissa Paro, Gino Emiliozzi Isaías, Juan Lucas Pajín, Matías Marani, Nicolas Scandolo, Tomas Corti	UTN Facultad Regional Rosario
				71	Predicción de la frecuencia fundamental de la voz con redes neuronales convolucionales	Mario Alejandro García, Lorena Rosset, Eduardo Atilio Destéfanis, Valeria Pereyra, José Cerrutti	UTN Facultad Regional Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba
				250	Transferencia de estilo entre audios mediante redes neuronales Comparativa de métodos de análisis/síntesis y procesamientos convolucionales	Gabriel Martin Barrera, Hernán Ordiales	Universidad de Palermo
				253	Sistema de Estimación de Peso en vehículos de carga	Gabriel Martin Barrera, Gabriel Ureta	Universidad de Palermo
				281	Sistema integral para el cuidado de ancianos en el hogar mediante la potencia de recepción de señales WiFi (RSSI)	Javier Carugno, Federico Andrés Orlando, Leandro Javier Cymberknop, Ricardo Luis Armentano Feijoo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				300	Análisis y Diseño de un Simulador basado en Autómatas Celulares para el Análisis de Tráfico Vehicular	Julio Monetti, Cristian Tissera, Oscar León	UTN Facultad Regional Mendoza, Universidad Nacional de San Luis

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 17 a 19 hs.

Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
17 a 19	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	19	Aldo Vecchietti UTN Santa Fe	114	Desafíos para Datos Educativos Abiertos en Argentina	María Fernanda Golobisky, Víctor Hugo Ruchinsky, Melina Vidoni	UTN Facultad Regional Santa Fe, Universidad Nacional de Formosa, INGAR CONICET-UTN,
				162	Beneficios del uso de Big Data en la Justicia. Análisis de su aplicación sobre el software INVESTIGA	Ariel Oscar Podesta, Sergio Viera, Sabrina Lamperti, Diego Caparra, Pedro Asis, Ana Di Iorio	Universidad FASTA, UTN Facultad Regional Delta
				155	Modelo de Decisión Multicriterio apoyado en herramientas SIG para definir Prioridades en la Gestión Sustentable del Recurso Hídrico Subterráneo en el Partido de Gral. Pueyrredon, Provincia de Buenos Aires, Argentina.	María Lourdes Lima, Barbara Corleto, Agustina Barilari, Paula Fresta, Victoria Asili, Daniel Albornoz, Natalia Veras, Ignacio Pertini	Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET
				136	Planificación de centros turísticos en Ciudad del Este bajo un enfoque multiobjetivo	Carlos Domingo Almeida Delgado	Universidad Nacional del Este (Paraguay)

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 9 a 11 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
09 a 11	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	44	Gustavo Meschino UFASTA - UNMDP	266	Mapas autoorganizados para el descubrimiento de patrones fisiológicos de ventilación pulmonar	Gustavo Javier Meschino, Gerardo Tusman, Lucía Isabel Passoni	Universidad FASTA, Universidad Nacional de Mar del Plata, Hospital Privado de Comunidad (MdP)
				401	Modelo de Redes Neuronales Convolucionales Profundas para la Clasificación de Lesiones en Ecografías Mamarias	Hugo German Chanampe	Universidad Nacional de La Rioja
				75	Método para la construcción de un Corpus periodístico mediante Expresiones Regulares	Osvaldo Sposito, Gastón Procopio, Julio Bossero	Universidad Nacional de La Matanza

VIERNES 30 de noviembre de 10 a 11 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
10 a 11	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	24	Juan Carlos Calloni UTN Córdoba	183	Aplicación de criterios para la evaluación de un repositorio institucional en implementación. El caso del RDU del CRUC -IUA	María Elena Ciolli, Judith Disderi	Universidad de la Defensa Nacional - IUA
				124	Verificación de actas y certificados usando una red blockchain	Miguel Montes	Universidad de la Defensa Nacional - IUA, Universidad Nacional de Córdoba
				335	Análisis y desarrollo de un proceso de implementación de un Sistema de Gestión en Cooperativas de Salud a partir de tecnología GNU-Health	Mariana del Fresno, Gonzalo Aranda, Manuela Rago, Cesar Tynik, José Fantasía, Mario Ferreyra, Martín Santiago, José María Massa	Universidad Nacional del Centro, GENEOS Cooperativa de Software Libre Ltda, CONICET, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 11:30 a 13:30 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11:30 a 13:30	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	44	Gustavo Meschino UFASTA - UNMDP	10	Simulación de un proceso computacional distribuido para la evaluación de costos computacionales	Mariela Azul Gonzalez, Marcelo Nicolás Guzmán, Pablo Montini, Lucía Isabel Passoni	Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET
				131	Sintonización Estática de ESSIM-DE(lr) para Acelerar y Mejorar la Predicción de Incendios Forestales	María Laura Tardivo, Paola Caymes-Scutari, Germán Bianchini, Miguel Méndez-Garabetti	Universidad Nacional de Río Cuarto, UTN Facultad Regional Mendoza, CONICET
				193	Propuesta de Metodología de Generación Automática de Perímetros de Área Quemada usando Imágenes Satelitales MODIS para su Aplicación en un Sistema de Predicción de Incendios.	Agustín Zúñiga, José Aranciba, Miguel Méndez-Garabetti, Germán Bianchini, Paola Caymes-Scutari, María Laura Tardivo	UTN Facultad Regional Mendoza, CONICET, Universidad Nacional de Río Cuarto
				248	Diseño Automático de un Clasificador para Filtrado de Ruido en Imágenes Binarias utilizando Análisis del Discriminante Lineal	Agustina Bouchet, Susana Cristina Guevara Cruz, Emilio José Robalino Trujillo, Marcel Brun, Virginia Ballarin	Universidad Nacional de Mar del Plata
				404	Análisis de temporalidad de imágenes con técnicas de detección, tracking y proyección de posición de un objeto.	Leonardo Martín Bustamante, Marcos Maciel, Daniela López De Luise	Universidad Abierta Interamericana, C12S Labs

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 15 a 17 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
15 a 17	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	44	Ana Nardin UCAECE - UFASTA	224	Diseño de un algoritmo para la detección eficaz de ciclos de activación en la aplicación de monitoreo de carga por métodos no invasivos (NILM)	Diego Alejandro Cocconi, Rebeca Yuan, Micaela Mulassano, Nicolás Ferrero, Matías Beltramone, Andrea Biasco	UTN Facultad Regional San Francisco
				313	Aplicación del Algoritmo Vortex para Optimizar la Selección de Componentes en Filtros Bicuadráticos	Mónica Andrea Lovay, Gabriela Peretti, Eduardo Romero	UTN Facultad Regional Villa María, Universidad Nacional de Córdoba
				141	Predicción de disponibilidad de estacionamiento en la vía pública	Hugo Agustín Chirichigno, Santiago Vidal, J. Andres Diaz-Pace, Claudia Marcos	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, CONICET, CIC
				546	An Approach to Automatic Information Extraction in Social Aid Texts	Braian R. Varona, Claudio Aciti, María R. Dos Reis, Moisés E. Bueno	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, CONICET
				233	Análisis de resultados de búsquedas en la Web: un enfoque semántico	Mariano Minoli, Manuel Lucero, Milton Weinhold	UTN Facultad Regional Resistencia

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 16 a 17 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
16 a 17	Aplicaciones Informáticas y de Sistemas de Información	24	María Florencia Pollo-Cataneo - UTN-BA	29	Proceso de Selección de Arquitectura a fin de Implementar un Modelo Predictivo Inteligente	Cinthia Vegega, Pablo Pytel, Luciano Straccia, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				314	Modeling and simulation of generative process of Biological Complex Adapting Systems using Model Driven Engineering	José Oscar Angelini, Milagros Gutierrez, Javier Omar Romagnoli, Ernesto Carlos Martínez, Tomás Molas Giménez	Universidad Nacional de Entre Ríos, UTN Facultad Regional Santa Fe, Universidad Adventista del Plata, INGAR (CONICET- UTN)
				315	Búsqueda de patrones en un dominio representado en una base de datos de grafos dirigidos	María Alejandra Paz Menvielle, Cinthya Lorena Corso, Analía Guzmán, Martin Gustavo Casatti, Karina Ligorria	UTN Facultad Regional Córdoba
				393	Interaction with Intelligent Conversation Agents: A case study	Victor Brito Villar, Guillermo Rodriguez, Fábio Gomes Rocha	Universidade Tiradentes (Brasil), Universidad Nacional del Centro

Aspectos legales y profesionales

VIERNES 30 de noviembre de 15 a 16 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
15 a 16	Aspectos legales y profesionales	20	Sabrina Lamperti - UFASTA	239	Caracterización de los Millennials y el desafío del mercado laboral	Valeria Ortiz Quiroz, Ivana Patricia Sosa	UTN Facultad Regional Córdoba, Consultora Phifactor
				583	Que el bosque no tape los árboles: el uso de software en la investigación criminal	Martín Rodríguez, Bruno Constanzo, Sebastián Lasia, Ariel Podestá, Ana Di Iorio	Universidad FASTA, Ministerio Público de la Provincia de Buenos Aires, Municipio de General Pueyrredon.
				730	Análisis de herramientas para protección de datos personales	Enzo Notario, Luz Clara Bibiana, Beatriz Parra de Gallo	Universidad Católica de Salta

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Bases de Datos

JUEVES 29 de noviembre de 12 a 13 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
12 a 13	Bases de Datos	24	Soledad Ruiz Díaz UAA	290	Desarrollo de Aplicación para la Recolección de Tweets para Proyecto de Agenda Setting	Esteban Alejandro Schab, Cristhian Richard, Ramiro Rivera, Lautaro Ramos, Patricia Cristaldo Soledad, Anabella De Battista, Leticia Cagnina, Norma Edith Herrera ,	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay
				173	Clasificación de Modelos para Recuperación de Información	Valerio Frittelli, Mario José Diván	UTN Facultad Regional Córdoba
				105	Estableciendo las Bases para el Análisis de Datos en la Lotería Chaqueña	Patricia Andrea Loto, Melina Vidoni, Laura Cunico	Lotería Chaqueña

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 11:30 a 13:30 hs.

Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11:30 a 13:30	Bases de Datos	24	Fernando Genin - UNMDP	118	Modelo de detección de niebla en ruta mediante aplicación de modelos estadísticos y de minería de datos con herramienta de software libre	Carlos Eduardo Marcos, Fernanda Beatriz Martínez Micakoski, Luciana Perez Angueira, Jonathan Adrián Gomez, Angeles Perez Angueira Candela, Christian Molina, Lucas Blasco, Germán Benuzzi ,	UTN Facultad Regional Trenque Lauquen
				270	Minería de datos para la detección de factores de influencia en el test Apgar	Soledad Retamar, Anabella De Battista, Lautaro Ramos, Juan Pablo Nuñez, Francisco Savoy Laura	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay
				188	Aplicación de Algoritmos de Aprendizaje Automático al Análisis del Churn en Planes de Ahorro	Ariel Fernando Deroche, Diego Basso, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Educación en Ingeniería

JUEVES 29 de noviembre de 11 a 13 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11 a 13	Educación en Ingeniería	20	Elías Todorovich - UFASTA, UNICEN	98	Enseñanza de programación con el método aula invertida, una experiencia motivadora	Ana María del Prado, Luis Lara	Universidad Nacional de Catamarca
				234	Técnicas de Gamificación aplicadas a una experiencia práctica como factor de fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje de programación	Lucas Videla, Leonardo Blautzik, Federico Gasior, Julio Crispino, Veronica Aubin, Renata Guatelli, José Luis Cabrera, Carolina Sanchez, Daniel Giulianelli	Universidad Nacional de La Matanza

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 14:30 a 16:30 hs

Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
14:30 a 16:30	Educación en Ingeniería	20	Ariel Podestá UFASTA - UNMDP	28	Generación de Preguntas para Exámenes mediante la aplicación de Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo	Pablo Pytel, Cinthia Vegega, Luciano Panizza, Pablo Delucchi, Martha Orozco-González Luciano, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				100	Rendimiento de los Redictados de Elementos de Programación	Edgar Ariel Rivera, Claudio Ariel Vargas	Universidad Nacional de Salta
				143	Apoyando el Ejercicio de Metacognición en el Ámbito Universitario	Angela Belcastro, Rodolfo Bertone	Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Universidad Nacional de La Plata
				107	Uso de Instagram como Herramienta Didáctica para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje	Cinthia Vegega, Juan Cueli, Rocío Leguizamon, Ezequiel Diaz, Lucía Roldan, Rocío Chipian, Lucila Salmeron, Marcos Ortiz, Pablo Delucchi, Luciano Bernal, Martín Basile, Agustina Mattes, María Florencia Pollo-Cattaneo	UTN Facultad Regional Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 17 a 19 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
17 a 19	Educación en Ingeniería	20	Luis Buffoni UFASTA	214	Aportes para la innovación curricular - Materia electiva 'Interoperabilidad'	Erica Vanesa Caro, Bruno Díaz, Raúl Moralejo	UTN Facultad Regional Mendoza
				520	Estilos de Aprendizaje en Estudiantes de Ingeniería Informática	Marcela Paula González, Delia Esther Benchoff	Universidad Nacional de Mar del Plata
				589	Programa de Tutorías de Inicio de carrera: Experiencia del Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información	Alejandra María Odetti, Amalia Inés Haefeli, Roberto Miguel Muñoz	UTN Facultad Regional Córdoba
				271	Evaluación por competencias en Ingeniería. Desarrollando un estudio de caso.	Jorgelina Cecilia Nadal, Norma Yolanda Haudemand, Adriana Noelia Poco, Amelia Balbina Came López	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay
				324	Propuesta de acciones para la implementación del modelo Aprendizaje Centrado en el Estudiante en la Universidad	Cristina Rojas, Rosana Hadad Salomón, Rubén Fernando Araujo	UTN Facultad Regional Tucumán

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 9 a 11 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
09 a 11	Educación en Ingeniería	20	Gabriela Degiampietro UFASTA	189	Aplicación del método de coaching y su evaluación, en el seguimiento de los proyectos de la Cátedra Proyecto Fin de Carrera	Roberto Eribe, Jorge Eterovic, Mariano Bucher, Silvana Ardanaz, Juan Martin Hernández	Universidad Nacional de La Matanza
				491	Proyecto Final: Innovación en el Proceso de enseñanza aprendizaje aplicando Project Management Institute	Elizabeth Maria Alexandra Dufour, Emmanuel Fernando López, Gustavo Gabriel Maigua	UTN Facultad Regional Tucumán
				255	De los tradicionales juegos manuales a problemas de ingeniería para un primer año universitario	María Fernanda Golobisky, Marta Dominga Castellaro, María Julia Blas, Patricia Torresán	UTN Facultad Regional Santa Fe, INGAR UTN - CONICET
				116	Fortalecimiento de Competencias Genéricas con Uso de TIC	Néstor Hugo Blanco, , Nora Patricia Cuello, María Luz Albergucci, Paula Cecilia Penco	Universidad Nacional de Lomas de Zamora

VIERNES 30 de noviembre de 11:30 a 12:30 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11:30 a 12:30	Educación en Ingeniería	20	Ana Haydée Di Iorio UFASTA - UNMDP	294	Uso de tecnologías semánticas en e-Portfolios en contextos universitarios: un análisis del estado del arte	Camila Saucedo, Mariel Ale, Milagros Gutierrez, Lucila Romero	Universidad Nacional del Litoral. UTN Facultad Regional Santa Fé
				258	Vinculación 3.0: Una Solución Integrada para Disminuir las brechas Educativas Regionales	Julieta Gatica, Camila Olguin, José Pedro Montejano, Mariano Luzzi, Mario Berón, Analía Zaldúa, Ricardo Tertusio, German Montejano	Universidad Nacional de San Luis

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos

JUEVES 29 de noviembre de 11 a 13 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11 a 13	Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos	21	Paula Zanetti UDEMM	182	Adecuación de una Propuesta Metodológica de Enfoque "Híbrido" para la Gestión de Proyectos de Ciencia de Datos	PATRICIA RAQUEL CRISTALDO, ESTEBAN SCHAB, Cristhian Richard, Ramiro Rivera, Anabella De Battista Soledad, Norma Edith Herrera	UTN Facultad Regional Concepción del Uruguay
				517	Calidad de Datos como Valor Estratégico de la Información	Marta Cabrera Villafañe, Alejandra Espinosa, Sandra Rodríguez	Universidad Nacional de La Rioja
				262	Modelo de análisis semántico de contenido Web	FABIÁN EDGARDO FAVRET, MATIAS ROJAS, HERNAN PFEIFER	Universidad Gastón Dachary
				500	Gestão da Qualidade em Ecosystemas de Software: Um Mapeamento Sistemático da Literatura	Layse Santos Souza, Guillermo Rodriguez, Fábio Gomes Rocha	Universidade Tiradentes, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires- CONICET

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 14:30 a 16:30 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
14:30 a 16:30	Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos	21	Sergio Antonini UTN La Plata	120	Estimación del esfuerzo del proceso de implantación de software basada en el método de puntos de caso de uso	Pablo Daniel Vazquez, Marisa Panizzi, Rodolfo Bertone	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				148	Un método para la especificación, evaluación y medición de los productos de software y los servicios de tecnología basado en ISO 25000	Carlos Humberto Salgado, Elizabeth Jeinson, Cecilia Massano, Alberto Antonio Sanchez, Mario Peralta	Universidad Nacional de San Luis
				246	Una Herramienta para la Evaluación de Sistemas de Software: Aplicación a la Evaluación de Escáneres de Seguridad en Aplicaciones Web	Ayrton Marini, Enrique A. Miranda, Mario M. Beron, Miguel Bustos, Daniel Riesco, Pedro R. Henriques	Universidad Nacional de San Luis, Universidade do Minho - Braga - Minho - Portugal
				24	La Gestión de Conocimiento Aplicado a la Fase de Pruebas de la Ingeniería de Software - Revisión Sistemática	Mauricio Roza Rodriguez, Inés Casanovas	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				286	Detección de Clusters Ocultos en Grafos de Modelos de Ingeniería de Requisitos	Marcela Natividad Ridao, Jorge Horacio Doorn	Universidad Nacional del Oeste, Universidad Nacional de la Matanza, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 17 a 19 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
17 a 19	Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos	21	Patricia Cristaldo UTN Concepción del Uruguay	260	ARCGEN: Hacia un Algoritmo Genético de Layout Automático para Visualización de Modelos Conceptuales	Giuliano Marinelli, Germán Braun, Laura Cecchi, Pablo Fillottrani	Universidad Nacional del Comahue-CONICET, Universidad Nacional del Sur-CIC
				305	Propuesta de Validación de Modelos Conceptuales e Interfaces a Través de Modelos Abstractos	Juan Carlos Moreno, Marcelo Martín Marciszack, Mario Alberto Groppo	UTN Facultad Regional Córdoba
				576	Un Enfoque semi-automático para generar Diagramas de Casos de Uso aplicando Técnicas de Minería de Textos	Laureano Gonzalo López, María Guadalupe Gramajo, Milagros Gutierrez, Luciana Ballejos, Mariel Ale	UTN Facultad Regional Santa Fe

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 9 a 11 hs.

Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
09 a 11	Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos	21	Luis Olsina UNLaP	25	Un caso de estudio de patrones de Gobierno Electrónico para gestión de consultas de ciudadanos	Oscar Carlos Medina, Paula Agustina Cánepa, Mariano Oscar Gruppo, Mario Alberto Gruppo	UTN Facultad Regional Córdoba
				40	Propuesta metodológica para la simulación de sistemas mediante eventos discretos	Manuel Alfredo Lascano, Miguel Angel Patti	Universidad del Centro Educativo Latinoamericano, Rosario
				240	La serie SQuaRE como un aporte a los procesos licitatorios de Software en el Estado Argentino	Javier Daniel Saldarini, Claudio Carrizo, Silvana Armando, Julio Trasmontana, Carlos Salgado Alberto, Mario Peralta	UTN Facultad Regional San Francisco

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 11:30 a 13:30 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11:30 a 13:30	Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos	21	Marcelo Marciszack UTN Córdoba	344	F-IoT Core, Una herramienta para el desarrollo de Soluciones IoT Escalables y Flexibles	Sebastián Uriel Flores, Mario Berón, Pedro Rangel Henriques, Miguel Alfredo Bustos, Daniel Riesco	Universidad Nacional de San Luis, Universidade do Minho Braga, Portugal
				117	Diseñando una Revisión Sistemática de Literatura sobre Ontologías de Testing de Software	Luis Olsina, Guido Tebes, Denis Peppino, Juan Dameno, Pablo Becker	Universidad Nacional de La Pampa
				225	Optimización organizacional basada en la aplicación del ciclo de vida BPM completo para la mejora continua de los procesos de negocio	Juan Pablo Ferreyra, Diego Cocconi, Marisa Norma Perez, Claudia Verino	UTN Facultad Regional San Francisco

VIERNES 30 de noviembre de 15 a 17 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
15 a 17	Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Software y Gestión de proyectos	21	Miguel Mendez Garabetti UAA	729	Los Métodos Ágiles como Propuesta para el Desarrollo de Modelos de Investigación Operativa	Aldo Vecchiatti, Melina Vidoni, Laura Cunico	CONICET- UTN Facultad Regional Santa Fe
				170	Una Propuesta de Red Social para Dispositivo Tablet: Mejorando la Experiencia de los Adultos Mayores	CLAUDIA CARDOZO, ADRIANA MARTIN, VIVIANA SALDAÑO, GABRIELA GAETAN	Universidad Nacional de la Patagonia Austral
				502	Un Análisis inicial de APIs REST de Aplicaciones basadas en Microservicios	Gonzalo Del Corro, Guillermo Rodriguez, J. Andrés Díaz-Pace, Ariel Monteserin	Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires - CONICET

Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos – Seguridad informática

JUEVES 29 de noviembre de 11 a 12 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11 a 12	Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática	22	Ana Haydée Di Iorio UFASTA - UNMDP	6	Virtualización de funciones de red de una Telco en Argentina 2018	Carlos Peliza, Fernando Dufour, Ariel Serra, Gustavo Micieli, Daniel Biga	Universidad Nacional de La Matanza
				150	Sistema de Acceso y Autenticación en Redes Definidas Por Software	Andrés Leonardo Peñasco, Miguel Méndez Garabetti	Universidad Nacional de Cuyo, Universidad de Mendoza , UTN Facultad Regional Mendoza

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 14:30 a 16:30 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
14:30 a 16:30	Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática	22	Hernán Hinojal - UNMDP - UFASTA	66	Actividades de Seguridad en la cadena de valor del software	Juan Carlos Cuevas, Roberto Miguel Muñoz, Fabian Alejandro Gibellini, German Parisi, Milagros Zea Cardenas, Federico Bertola	UTN Facultad Regional Córdoba
				464	ATENOS: Un Programa para Mejorar la Seguridad en WSDL	Edgardo Bernardis, Agustín Ferrari, Mario Berón, Hernán Bernardis, Maria Varanda Pereira Miguel, Daniel Riesco	Universidad Nacional de San Luis - Instituto Politécnico de Bragança (Portugal)
				272	Red de Sensores Inalámbrica para la Detección, Alerta, Monitoreo y Provisión de Datos a Sistema de Predicción de Incendios Forestales	Rodrigo Atilio Elgueta, Miguel Méndez Garabetti, Germán Bianchini, Paola Caymes-Scutari	Universidad de Mendoza, Facultad de Ingeniería, UTN Facultad Regional Mendoza/ CONICET
				559	Método de Reducción de Incertidumbre Aplicado a la Predicción del Comportamiento de Incendios Forestales bajo una Implementación Heterogénea MPI/CUDA	Miguel Mendez Garabetti, Germán Bianchini, Paola Caymes Scutari, Maria Laura Tardivo	Universidad Atlántida Argentina - UTN Facultad regional Mendoza - CONICET

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 17 a 19 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
17 a 19	Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática	22	Fernando Ferrero UFASTA - UCAECE	92	Una propuesta para la selección de Protocolo de Comunicación seguro para Internet de las Cosas	Jorge Esteban Eterovic, Marcelo Cipriano, Santiago Nicolet	Universidad del Salvador
				179	Modelo Descentralizado de Comunicación Autónoma para Dominios de Internet de las Cosas.	Sergio Ariel Salinas, Nicolás Cianci, Pablo Daniel Godoy	Universidad Nacional de Cuyo
				485	Refinamiento de los Procesos de Recuperación de Sufragios y Generación de Votos Planos en OTP-Vote	Silvia Gabriela Bast, Pablo Marcelo García, Germán Antonio Montejano	Universidad Nacional de La Pampa - Universidad Nacional de San Luis
				278	Análisis de Nuevas Tecnologías para Brindar Comunicaciones Rurales a Costos Razonables	Antonio Ricardo Castro Lechtaler, Antonio Foti, Alejandro Arroyo Arzubi, Germán Kurt Grin, Fernanda Carmona	Universidad de Buenos Aires - Universidad de la Defensa Nacional - Universidad Nacional de Chilecito - Universidad Nacional de 3 de Febrero
				303	Detección de errores sintácticos bajo el algoritmo de Earley. Informe Final	Juan Carlos Vazquez, Leticia Edith Constable	UTN Facultad Regional Córdoba
				355	Generador de Código de Estructuras Jerárquicas de Procesos Emparentados en Ejecución Concurrente	Guillermo Ruben Cherencio, Juan Carlos Romero, Mario Gerardo Perello	UTN Facultad Regional Delta

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 9 a 10 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
09 a 10	Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática	22	Bruno Costanzo - UFASTA	144	Autómatas Celulares para la conversión criptográfica	josé Oscar Mugetti Mare	UTN Facultad Regional San Francisco

VIERNES 30 de noviembre de 15 a 17 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
15 a 17	Redes - Sistemas Operativos - Fundamentos Informáticos - Seguridad informática	22	Marcela Fernández - UTM Mendoza	163	Un Servidor de Sistema de Archivos para un Sistema de Virtualización Distribuido	Pablo Andrés Pessolani, Diego Padula	UTN Facultad Regional Santa Fe
				89	Computación en la Nube: Ventajas y Desventajas de la Aplicación y el Uso de Contenedores y Microservicios, Contextualizándolos en un Caso de Estudio	Mariana Falco, Ignacio Juan Núñez, Federico Nahuel Tanzi	Universidad Austral
				201	Redes Definidas por Software en un Entorno de Cloud Computing	Diego Encinas, Federico Montes de Oca, Brian Galarza, Martín Morales	Universidad Nacional Arturo Jauretche. UTN Facultad Regional La Plata.
				292	El modelo de Mobile Cloud Computing aplicado al desarrollo de un sistema de alertas	Diego Alejandro Medel, Gustavo Fernández, María Murazzo, Nelson Rodríguez	Universidad Nacional de San Juan

Trabajos estudiantiles (seleccionados para exposición oral)

JUEVES 29 de noviembre de 11 a 13 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11 a 13	Trabajos estudiantiles	23	Federico Escudero UAA	191	Impacto de las vulnerabilidades Meltdown y Spectre en las grandes empresas	Julieta Rocio Prado Walsh, Franco Damián Fresno, María Paula Baldivia, Matías Heidenreich, Juan Pinto	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				363	Seguridad en Internet de las Cosas	Ignacio Martin Angel, Matias Odriozola, Rodrigo Larrart, Rocío Leguizamón, Matias Proietti Lucas, Alexis Georgopulos	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				414	Impacto del uso de la telefonía móvil en la población	Hernán Ezequiel Rodríguez Cary, Abril Del Burgo, Nicolas Ariel Conde, Ezequiel Coen, Diego Gagliardi Uriel	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				687	UAICASE: Arquitectura diseñada para dar una solución ubicua colaborativa	Francisco Andres Flores Fanelli	Universidad Abierta Interamericana
				593	El porqué de las rúbricas para la evaluación y la autoevaluación	Tomás Schiter	Universidad Abierta Interamericana
				527	Sistema de Marcación de Imágenes TAC mediante el uso de Redes Neuronales Convolucionales	Gonzalo Hugo de Dios, Franco Ariel Abregú, Agustín Ezequiel Cipriano, Santiago Cogorno, Juan Reines	UTN Facultad Regional Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

JUEVES 29 de noviembre de 14:30 a 16:30 hs							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
14:30 a 16:30	Trabajos estudiantiles	23	Claudio Gea - UCAECE - UFASTA - UNMDP	353	Neutralidad de la Red	Alexis Ezequiel Herasimiuk, Juan Sebastián Tacza Ibarcena, Franco Ezequiel Caneda, Juan Francisco Ferchero, Lucas Croce Ramiro	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				415	FastWay - Sistema de Asistencia al Plan de Evacuación integrable a Sistema de Detección de Incendios Inteligente	Leonardo Gastón Andrade, Gabriel Rolón Benitez, Nicolás Monzón, Matías Nicolás Alonso, Martín Ramirez	Universidad Nacional de La Matanza

JUEVES 29 de noviembre de 17 a 19 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
17 a 19	Trabajos estudiantiles	23	Juan Carlos Calloni UTN Córdoba	597	Algoritmos genéticos para el análisis de clusters	Federico Nicolás Loebarth, Rodrigo Lentijo, Joaquín Branca	UTN Facultad Regional Resistencia
				639	Utilización de UP + Notación Z como Modelo de Proceso de Desarrollo aplicado a un Sistema Crítico	Gabriel Andrés Dehner, Gabriel José Candia, Edgardo Belloni	Universidad Gastón Dachary
				634	Identificación de Grupos de Usuarios en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica para la Detección de Pérdidas no Técnicas Mediante Data Science	Mariano Nicolas Yavorski, José Enrique Luis Flores	Universidad Gastón Dachary
				725	Predicción con Redes Neuronales Artificiales: Un caso de estudio en Caimancito, Jujuy, Argentina	Ubaldo Juan Manuel Aramayo, Sergio Luis Martínez, María del Pilar Gálvez Díaz	Universidad Nacional de Jujuy
				608	Synaptive Rehabilitation	Diego Rosenfeld	Universidad Nacional de La Matanza

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 9 a 11 hs.

Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
09 a 11	Trabajos estudiantiles	23	Marcela Paula Gonzalez - UCAECE - UNMDP	475	Propuesta de un Framework Basado en Software Libre para Facilitar el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en Asignaturas de Ciencias Exactas en Carreras de Grado	Ezequiel Leonardo Castaño	UTN Facultad Regional Rosario
				383	Sistema de enseñanza automatizada y personalizada de matemática	Ezequiel Borenstein, Samuel Fernández, Leandro García, Mariana Perez de Ambrogio, Agustín Silva	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				680	Mitigación de los efectos de la procrastinación en los estudiantes universitarios mediante la optimización de tiempos.	Luciano Ezequiel Babaglio	UTN Facultad Regional Rosario
				417	BANDS - Aplicación para la difusión de contenido de artistas independientes	Bianca Eugenia Sozzi, Mercedes Maria Muñoz Patiño, Martín Gonzalez, Martín Monzo, Franco Betetto	UTN Facultad Regional Mendoza
				555	Sistema de registro de senderistas y su ubicación mediante Google Nearby.	Carlos Gabriel Dibarbora, Mariano Zicavo, Diego Fiorillo, Matías Romero, Leonor Rodrigo	UTN Facultad Regional Buenos Aires
				613	Sistema de Gestión y Seguimiento de Alumnos en Transportes Escolares	Leandro Andres Spir, Emiliano Spezzirri, Leandro Narosky, Julián Rombolá, Marcos Pavelek	UTN Facultad Regional Buenos Aires

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

VIERNES 30 de noviembre de 11:30 a 13:30 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
11:30 a 13:30	Trabajos estudiantiles	23	Beatriz Gallo UCASAL	603	Impresora braille basada en software y hardware libre	Luis Alberto Estigarribia, Ignacio David Salariato, Marcelo Bellotti	Universidad de la Marina Mercante
				400	Diseño de un sistema de control de energía	Marcelo Cappelletti, Gabriela Yanina Suarez, Jorge Osio	Universidad Nacional Arturo Jauretche
				605	Architecture Virtual Reality tOOl - AVROO	Fernando Martín Ortiz, Agustín Emmanuel Bravo, Gustavo Adrián González, Nahuel José Roldán, Marcos Vittorio	Universidad Nacional de La Matanza
				609	Uso de IBM Watson en el Establecimiento de Rankings de Documentos para la Toma de Decisiones Estratégicas	Gustavo Fabián Alegre, Gabriel José Candia	Universidad Gastón Dachary
				706	Desarrollo de modelo híbrido para la interacción con GPC	Alejandro Berutti, María Azul Rossini	UTN Facultad Regional Santa Fe
				709	Difusión y transferencia educativa de herramientas TIC para estudiantes con disminución visual	Juan Manuel Saenz Kotyk, Karina Soledad Vargas	UTN Facultad Regional Resistencia

VIERNES 30 de noviembre de 15 a 16 hs.							
Horario	Simposio	Aula	Moderador	ID	Título	Autores	Instituciones
15 a 16	Trabajos estudiantiles	23	Antonio Morcela UCAECE	635	ARES GALAXY: Estudio de comportamiento y análisis forense	MATIAS NICOLAS AMOR	Universidad Católica de Salta
				664	Categorization of text-based forum posts using neural networks	Joaquín Sánchez, Joaquín Cardona Ruíz, Agustín Delmonti	UTN Facultad Regional Rosario

CONAIISI 2018

6to Congreso Nacional de Ingeniería
Informática - Sistema de Información

**Los esperamos para compartir el VII
CoNaIISI que se desarrollará en la
Universidad Nacional de la Matanza
el 8 y 9 de noviembre de 2019.**